Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"

Software Antiplagio

UNICHECK

INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el analisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo titulo es:

"DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE PECANO (Carya illinoensis Koch) VARIEDAD MAHAN CONDUCIDO BAJO SISTEMA DE FERTIRRIGACION EN LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA"

presentado por:

YONATAN JOEL CASAVILCA ROJAS
ALEXIS ALEJANDRO CHAVEZ GASTELU

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **AGRONOMIA** obteniéndose como resultado una coincidencia de **22.34%** otorgándosele el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

De acuerdo art N°8 del Reglamento para el uso del Sistema Antiplagio de la UNICA inc. "a y b", se aprueba el presente proyecto, por tener 22.30% de coincidencia y 77.70% de originalidad.

Ica, **4** de **Diciembre** de **2019**

CARLOS RICARDO CORDOVA SALAS
COORDINADOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE AGRONOMIA

HUGO ALBERTO VASQUEZ SALAS
ASESOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE AGRONOMIA

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE PECANO (Carya illinoensis Kock) VARIEDAD MAHAN CONDUCIDO BAJO SISTEMA DE FERTIRRIGACION EN LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA"

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRONOMO

PRESENTADO POR:

CHÁVEZ GASTELÚ ALEXIS ALEJANDRO

CASAVILCA ROJAS YONATAN JOEL

ICA – PERU

2019

INDICE

Introducción 1

CAPITULO I

MARCO TEORICO 2

1.1.- Antecedentes del problema de investigación

1.1.1.- Antecedentes a nivel internacional

1.1.2.- Antecedentes a nivel local

1.2.- Bases teóricas de la investigación 3

1.2.1.- Características de la especie en estudio carya illinoensis - pecano

1.2.2.- Clasificación taxonómica del pecano 4

1.2.3.- Origen 5

1.2.4.- Importancia económica de carya illinoensis 6

1.2.5.- Información nutricional del fruto 7

1.2.6.- Características agronómicas de la especie 8

1.3.- Marco conceptual 10

1.3.1.- Concepto de evapotranspiración

1.3.2.- Evapotranspiración 11

1.3.3.- Transpiración 12

1.3.4.- Factores que afectan la evapotranspiración 13

1.3.5.- Tipos de evapotranspiración 16

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 19

2.1.- Situación del problema

2.2.- Formulación del problema principal

2.2.1.- Problema general

2.2.2.- Problema especifico 20

2.3.- Delimitación del problema

2.3.1.- Delimitación especifica o geográfica

2.3.2.- Delimitación temporal

2.3.3.- Delimitación social

2.3.4.- Delimitación conceptual 21

2.4.- Justificación e importancia de la investigación 21

2.4.1.- Justificación

2.4.2.- importancia

2.5.- Objetivo de la investigación 22

2.5.1.- Objetivo general

2.5.2.- Objetivo especifico

2.6.- Hipótesis de la investigación 22

2.6.1.- Hipótesis general

2.6.2.- Hipótesis especifico

2.7.- Variable de la investigación 23

2.7.1.- Identificación de la variable

2.7.2.- Operación de las variables

CAPITULO III
ESTRATEGIA METODOLOGICA 24
3.1.- Tipo, nivel y diseño de la investigación
3.2.- Población y muestra 24
3.2.1.- Población de estudio
3.2.2.- Muestra de estudio 25
CAPITULO IV
TECNICAS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACON 25
4.1.- Técnicas de recolección de datos
4.2.- Instrumentos de recolección de datos 26
CAPITULO V
PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 26
5.1.- Presentación e interpretación de los resultados
5.1.1.- Sistema de fertirrigación
5.1.2.- Análisis de suelo 27
5.1.3.- Análisis de agua 28
5.1.4.- Fertilización 29
5.1.5.- Información meteorológica
5.1.6.- Evapotranspiración de cultivo de referencia (Eto) 31
5.2.- Discusión de resultados 53
5.2.1.- Sistema de fertirrigación
5.2.2.- Análisis físico mecánico y químico del suelo
5.2.3.- Análisis químico del agua de riego 54
5.2.4.- Factores climáticos
5.2.5.- Evapotranspiración del cultivo (Etc) de pecano conducido bajo sistema de fertirrigación 55
CAPITULO VI
COMPROBACION DE HIPOTESIS 55
6.1.- Contrastación de la hipótesis general
6.2.- Contrastación de la hipótesis específica
CAPITULO VII
CONCLUSIONES 56
CAPITULO VIII
RECOMENDACIONES 57
CAPITULO IX
BIBLIOGRAFIA 58
MATRIS DE CONSISTENCIA 59

RESUMEN

El presente trabajo de tesis “Determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano (Carya illinoensis Koch) variedad mahan conducido bajo sistema de fertirrigación en la zona alta del valle de Ica, trata sobre la metodología para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano, teniendo en cuenta las condiciones de clima, suelo, agua de riego y cultivo de la zona alta del valle de Ica, así como de las características del sistema de fertirrigación instalada.

Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO) se ha seguido la metodología de Penman-Monteith como único método recomendado por la F.A.O, así como para la determinación de los factores del cultivo (kc) de pecano.

En la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano para las condiciones de la zona alta del valle de Ica conducido bajo sistema de fertirrigación se ha tenido en cuenta el desarrollo del cultivo de pecano durante una campaña agrícola, siendo la evapotranspiración de 1,844.91 m^3/ha.

Palabras claves

- Evapotranspiración
- Cultivo de pecano
- Sistema de fertirrigación

SUMMRY

The present work of the thesis "Determination of evapotranspiration of the pecan crop (Carya illinoensis koch) mahan variety conducted under a fertirrigation system in the upper area of the Ica Valley, deals with the methodology for the determination of evapotranspiration of the pecan crop, taking into account the conditions of climate, soil, irrigation and cultivation water in the upper area of the Ica Valley, as well as the characteristics of the installed fertirrigation system.

For the determination of the evapotranspiration of the reference culture (ETO), the Pennman-Monteith methodology has been followed as the only method recommended by the F.A.O., as well as for the determination of the factors of the pecan culture (kc).

In determining the evapotranspiration of the pecan crop for the conditions of the upper zone of the Ica Valley conducted under the fertirrigation system, the development of the pecan crop during an agricultural campaign has been taken into account, with the evapotranspiration being 1,844.91 m3 / ha.

Keywords

- Evapotranspiration
- Pecan cultivation
- Fertigation syste

INTRODUCCION

Las condiciones de la zona del valle de Ica, hacen que en ella se produzcan diversidad de cultivos, tanto hortícolas como frutales, cuyos productos son bien aceptados en los mercados nacionales e internacionales por la buena calidad que se obtiene.

Uno de estos productos que últimamente está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la zona es el cultivo de pecano, por la buena calidad y producción que se obtiene y también por las ganancias que le permite obtener a los agricultores.

Pero en la zona del valle de Ica, el recurso hídrico es muy escaso y cada vez la situación se hace más difícil, por la poca disponibilidad de agua de avenida que no permiten una adecuada carga del acuífero del valle del rio Ica.

Es por estas condiciones que se hace necesario tomar todas las medidas necesarias que hagan posible un manejo adecuado del recurso hídrico, e incrementar su eficiencia de uso y obtener rendimientos y calidad de los cultivos especialmente del cultivo de pecano.

Mediante el presente trabajo de investigación se piensa poner a disposición de los agricultores de la zona alta del valle de Ica, una metodología que les permita determinar la evapotranspiración del cultivo de pecano e incrementar la eficiencia de uso del agua de riego.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes del problema de investigación

1.1.1. Antecedentes a nivel Internacional

GONZALES-CERVANTES Y CHAVEZ –RAMIREZ (2012) México, realizaron el estudio; **"Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego en nogal pecanero".** En donde, con el propósito de manejar eficientemente el agua de riego y aumentar el nivel tecnológico en el sector agrícola, buscaron incrementar la rentabilidad y sustentabilidad del nogal pecanero, mediante la determinación de la evapotranspiración para este cultivo. Para ello realizaron la comparación de tres métodos de análisis: Penman-Monteith, Doorembos-Pruit y Hargreaves-Samani, a partir del monitoreo de las variables meteorológicas con estaciones agroclimáticas automatizadas en red.

MEXAL Y HERRERA (2014) México, dan a conocer que el cambio climático (con incrementos en bióxido de carbono, incremento en la temperatura y reducciones en las precipitaciones pluviales) puede afectar seriamente la producción en las huertas de nuez pecanera. Afirma así mismo que, a medida que las temperaturas se calientan. La evapotranspiración (ET) aumenta por lo menos 2% (y hasta 8%) por cada incremento de 1^0 c en la temperatura promedio. Si no se alcanza un aumento de 2% en ET, el déficit de riego podría reducir el rendimiento de la producción de nuez pecanera. Una reducción de 2% en ET podría resultar en una pérdida de hasta 80 kg de nuez/ha (Samani et al. 2007).

1.1.2. Antecedentes a nivel local

JORDAN L. Y TIPISMANA C. (2017) En su trabajo de tesis titulado: Determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano (Carya illinoensis koch), variedad mahan en la zona baja del valle de Ica, encontraron los siguientes resultados:

CUADRO Nº 1

Resultado de trabajo de investigación de Jordan L. y Tipismana C. (2017)

Meses	Evapotranspiración del cultivo (Etc) mm/día
Setiembre	1.35
Octubre	2.03
Noviembre	2.47
Diciembre	2.21
Enero	3.07
Febrero	2.99
Marzo	2.34
Abril	2.05
Mayo	1.51
Junio	0.75
Julio	0.75
Agosto	0.86

1.2 Bases teóricas de la investigación

1.2.1. Características de la especie en estudio, Carya illinoensis. "Pecano"

El pecano, nogal pecanero o nuez americana, es una especie frutal perteneciente al grupo de las nueces; miembro de la familia

juglandaceae. Se caracteriza por ser una planta angiosperma dicotiledónea leñosa, de habito arbóreo de 30 a 45 m. de alto, caducifolio con hojas compuestas sésiles imparipinnadas, con foliolos opuestos de 5 a 10 cm de largo, donde cada hoja puede tener entre 9 y 17 foliolos de borde aserrado; la distribución de las hojas es alterna, presentando un color verde brillante en el haz y un verde más claro en el envés.

El pecano, es una fanerógama diclino-monoica con flores unisexuales, de amentos erectos de estambres las masculinas y péndulos de estigmas las femeninas, con dicogamia y polinización anemófila. Su fruto es una drupa, de 2.5 a 4.5 centímetros de longitud. La nuez es de forma oblonga, lisa, de cascara delgada y puntiaguda. Su periodo de desarrollo es largo y se extiende aproximadamente por siete meses. Su sistema radicular se caracteriza, por presentar una raíz pivotante en el primer y segundo año de crecimiento; a partir del tercer año en adelante, se hace semifibrosa y extiende su radio horizontalmente hasta abarcar un área semejante o mayor a la alcanzada por el follaje, pudiendo llegar a desarrollarse a una profundidad de 3.6 a 5.4 m. al momento de la madurez del árbol en condiciones naturales.

1.2.2. Clasificación taxonómica de la planta

Carya illinoensis presenta la siguiente clasificación:

Reino : Vegetal
División : Espermatofitas
Subdivisión: Angiospermas
Clase : Dicotiledóneas
Familia : Juglandaceae
Género : **Carya**
Especie : **Carya illinoensis, koch.**

Figura Nº 01

Planta de pecana en el estado de fructificación

1.2.3. Origen

Este árbol es nativo de las regiones del sur de Estados Unidos y norte de México. Se han encontrado restos fósiles en Texas y en el norte de México indicando su existencia antes que los nativos americanos vivieran ahí.

Los frutos eran usados por los indígenas hace 8 mil años en Texas. El indio americano construyo su vida y su existencia nómada alrededor de la nuez pecanera como modo de vida. Los arqueólogos han demostrado que la mayor concentración de campamentos de indios se encontraba en áreas próximas a los nogales pecaneros.

El mercado de la nuez pecanera empezó en los años de 1840, recolectando nueces criollas a las orillas de los ríos, siendo posteriormente llevadas a Europa para su venta.

El termino pecana, viene de la palabra aborigen americana “Pakan”, que quiere decir “nuez que es tan dura que se requiere una roca para partirla”. (Medina y Cano, 2002).

1.2.4. Importancia económica de Carya illinoensis

El cultivo de “pecano” Carya illinoensis, basa principalmente su importancia económica en la comercialización de sus frutos.

La producción mundial de nuez pecanera la encabezan Estados Unidos y México; que en conjunto aportan 93%; el primero participa con 55% y el segundo con 38% respectivamente, Sudáfrica, Australia y otros países contribuyen con el resto.

En Perú, es Ica donde están instaladas alrededor del 80% de los cultivos totales registrados a nivel nacional; siendo nuestros principales destinos: Estados Unidos, Asia (Hong Kong, China y Corea del sur) y Europa.

La variedad más sembrada es mahan, debido a las características del fruto, al ser una nuez alargada, de calibre grande y poseer menor rango de oxidación permite que se pueda preservar durante mayor tiempo; siendo estos atributos los que exige el mercado principalmente el asiático.

Figura Nº 02
Fruto de pecano (Carya illinoensis) variedad Mahan

1.2.5. Información nutricional del fruto

El fruto es una drupa seca de forma oblonga y elipsoidal que tiene de 3 – 5 cm de largo; está constituida por un epicarpio y mesocarpio carnosos (involucro), un endocarpio liso y delgado (cascara) y un embrión comestible (parte comestible). El involucro se abre a la madurez formando cuatro valvas longitudinales. Cuando el fruto alcanza la madurez fisiológica y se abre por las 4 suturas longitudinales comienza la cosecha.

El fruto del “pecano”, es altamente rico en nutrientes; de acuerdo con la base de datos de la composición de los alimentos del departamento para la agricultura de los Estados Unidos (US Department of Agriculture, Agricultural Research Serveci, 2016), en la composición proximal de las nueces pecaneras destaca el alto contenido de lípidos, seguido de carbohidratos, fibra alimentaria y proteínas.

CUADRO Nº 2

Contenido nutricional del fruto del pecano (Carya illinoensis)

Componentes	**Contenido por 100 gr**
Agua (%)	3.4
Calorías	687
Proteínas (g)	9.2
Grasa (gr)	72
Carbohidratos totales (g)	15
Fibra cruda (g)	2.3
Vitamina A	2.6
Vitamina C	4.4
Calcio (mg)	9.1
Fosfora (mg)	36
Hierro (mg)	24
Potasio (mg)	13

1.2.6. Características agronómicas de la especie

- **Suelos**

El pecano, **Carya illinoensis,** prefiere suelos livianos de textura media, pH 5.5 – 6.0, pero puede crecer en suelos algo más arcillosos y pH levemente más alto. Requiere suelos profundos, sin napas freáticas altas. No tolera suelos alcalinos o con alto contenido salino. Son sensibles a la presencia de carbonato de calcio. (Univerisity of Georgia, 2005).

- **Clima**

Con disponibilidad de agua en el suelo, puede desarrollarse igualmente bien en áreas con climas áridos o húmedos; sin embargo, debido a la alta presión de enfermedades en zonas muy húmedas es preferible cultivarlo en climas subtropicales.

Es bastante resistente a las bajas temperaturas, aunque los arboles jóvenes pueden morir completamente cuando el termómetro disminuye a -20^0C.

Debido a la salida tardía del reposo invernal, las heladas raramente son un problema, a pesar de que los brotes nuevos pueden morir con temperaturas de -2.2^0C. El requerimiento de unidades de calor puede ser una mayor limitación que la resistencia a bajas temperaturas, por los problemas que se producen en el llenado de la nuez, al no existir temperaturas adecuadas para la fotosíntesis durante el periodo crítico del crecimiento del fruto, fines del verano. Por ello requiere de veranos largos y calurosos, con noches tibias para tener un adecuado desarrollo y maduración del fruto. Algunas variedades requieren entre 180 y 220 días de desarrollo y maduración del fruto.

Los requerimientos del frio son escasos, alrededor de 500 horas bajo 7.2^{0}C, incluso sin frio, como en los casos de México e Israel. Algunos autores señalan que tiene un letargo corto y poco profundo, requiriendo entre 400 y 500 horas-frio (HF) en lugares de otoño e invierno suave; sin embargo si el otoño es frio, se desarrolla un letargo más profundo que eleva el requisito de frio para salir de él. Son los arboles más tardíos en reactivarse en primavera, lo que aparentemente se debe a un alto requerimiento de calor post receso.

- **Riego**

Uno de los principales cuidados se debe tener durante los primeros dos a tres años es el riego, debido a que hay una alta perdida de raíces durante el trasplante. En huertos adultos el requerimiento de agua es de alrededor de 12000 m^3/ha/año, generándose la mayor demanda durante diciembre, enero y febrero. En arboles nuevos debiera aplicarse entre 38 y 57 L/día/planta. (Polomski, 2005).

El pecano es muy sensible al agua de riego que contenga más de 1000 ppm de boro. Altos niveles de estos elementos pueden causar quemaduras en las hojas y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano. (Ibacacheet al, 2001).

- **Nutrición**

En general se recomienda no fertilizar al momento de plantación, excepto en condiciones de muy bajo nitrógeno, donde se recomienda fertilizar durante la etapa final de la estación de crecimiento. Algunos autores señalan que, debido a las altas necesidades que tiene la especie y a la frecuencia con que se presentan deficiencias, debiera adicionarse Zinc al momento de plantar (0.05kg de fertilizante con un 22% de Zinc/árbol), siempre

con la precaución de no dejar las raíces en contacto directo con el fertilizante.

En arboles jóvenes, el crecimiento anual de los brotes debiera ser entre 60 - 120 cm y esto, junto a un análisis de suelo previo a la plantación, debiera ser una base para determinar los requerimientos de fertilización durante los primeros años de crecimiento. (Polomski, 2005).

En plantaciones adultas, una buena herramienta para determinar las necesidades de fertilizantes es el análisis foliar. Este se debe realizar en enero, seleccionando arboles representativos del huerto y sin daños por insectos o enfermedades.

1.3 Marco conceptual

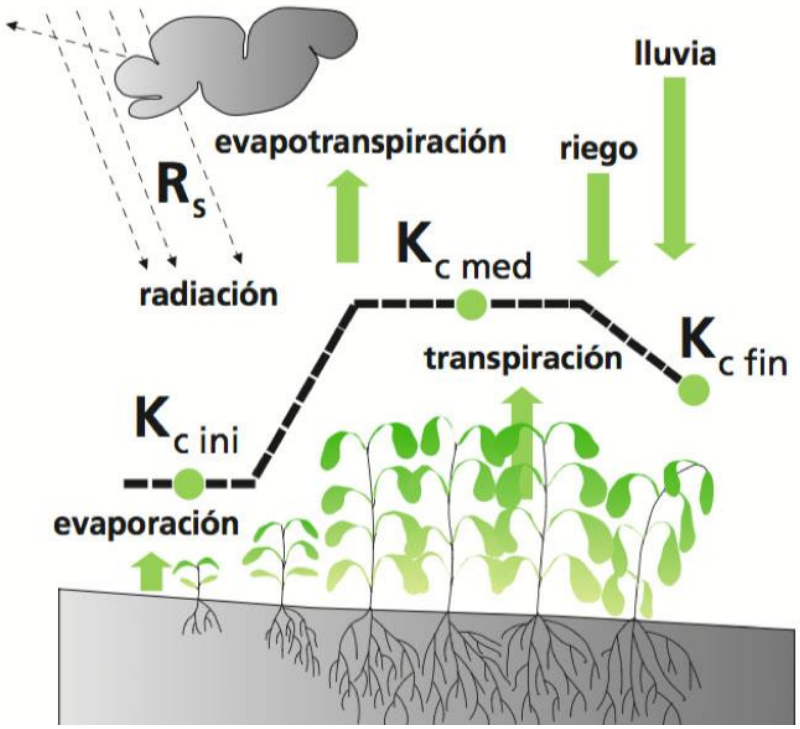
1.3.1. Concepto de evapotranspiración

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, suelos y vegetación mojada) y la transpiración de la planta. La ET es un componente del balance de agua, y un parámetro importante en la definición de las necesidades hídricas de los cultivos y por consiguiente en la programación de riego de los cultivos.

Se emplea el termino ET debido a la dificultad de diferenciar entre los procesos de evaporación y transpiración, los cuales se producen de manera simultánea. El agua que se pierde por transpiración entra a la planta a través de la raíz, pasa al follaje y luego a la atmosfera por medio de la apertura de los estomas. Entre tanto, la perdida de agua a través de evaporación se presenta por el paso directo del agua disponible en el suelo a la atmosfera.

Figura Nº 03

PROCESO DE EVAPOTRANSPIRACION



1.3.2. 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, suelos y la vegetación mojada. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmosfera circundante. A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura

gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmosfera o en otras palabras no se retira de alrededor de la hoja. En reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación. Cuando la superficie evaporante es la superficie del suelo, el grado de cobertura del suelo por parte del cultivo y la cantidad de agua disponibles en la superficie evaporante son otros factores que afectan al proceso de la evaporación. Lluvias frecuentes, el riego y el ascenso capilar es un suelo con manto freático poco profundo, mantienen mojada la superficie del suelo. En zonas en las que el suelo es capaz de proveer agua con velocidad suficiente `para satisfacer la demanda de la evaporación del suelo, este proceso está determinado solamente por las condiciones meteorológicas. Sin embargo, en casos en que el intervalo entre la lluvia y el riego es grande y la capacidad del suelo es conducir la humedad cerca de la superficie es reducida, el contenido en agua en los horizontes superiores disminuye y la superficie del suelo se seca. Bajo estas circunstancias, la disponibilidad limitada del agua ejerce un control sobre la evaporación del suelo. En ausencia de cualquier fuente de reabastecimiento de agua a la superficie del suelo, la evaporación disminuye rápidamente y puede cesar casi totalmente en un corto lapso de tiempo.

1.3.3. Transpiración

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

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

1.3.4. Factores que afectan la evapotranspiración

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.

- **Variables climáticas**

  Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa

de la atmosfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) representa la perdida de agua de una superficie cultivada estándar.

- **Factor del cultivo**

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivo aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) se refiere a la demanda evaporativa de la atmosfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas.

- **Manejo y condiciones ambientales**

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades, de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en

el suelo dará lugar a la saturación de este, lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración. Cuando se evalúa la tasa de ET, se debe considerar adicionalmente la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de ET. Las prácticas del cultivo y el método de riego pueden alterar el microclima, afectar las características del cultivo o afectar la capacidad de absorción de agua del suelo y la superficie de cultivo. Una barrera rompe vientos reduce la velocidad del viento y disminuye la tasa de ET de la zona situada directamente después de la barrera. El efecto puede ser significativo especialmente en condiciones ventosas, calientes y secas aunque la evapotranspiración de los mismos arboles podría compensar cualquier reducción en el campo. La evaporación del suelo de un huerto con árboles jóvenes, en donde los arboles están ampliamente espaciados, puede ser reducida usando un sistema de riego por goteo bien diseñado. Los goteros aplican el agua directamente al suelo cerca de los árboles, de modo en que dejan la mayor parte de la superficie seca, limitando las perdidas por evaporación.

El uso de coberturas, especialmente cuando el cultivo es pequeño, es otra manera de reducir substancialmente la evaporación del suelo. Los anti-transpirantes, tales como estimulantes del cierre de 6 evapotranspiración del cultivo los estomas, o los materiales que favorecen el reflejo del suelo, reducen las pérdidas de agua del cultivo y por lo tanto la tasa de transpiración. Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar, son necesarios factores de corrección para ajustar ETc (ETc aj). Estos factores de ajuste reflejan el estado del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo.

1.3.5. Tipos de evapotranspiración

La evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj).

- **Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)**

  La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como Et potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmosfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo y de las prácticas de manejo. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie de evapotranspiración de referencia, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre ET. El relacionar la ET a una superficie específica permite contar con una referencia a la cual se puede relacionar la ET de otras superficies. Además, se elimina la necesidad de definir un nivel de ET para cada cultivo y periodo de crecimiento. Se puede comprar valores medidos o estimados de ETo en diferentes localidades o en diferentes épocas del año, debido a que se hace referencia a ET bajo la misma superficie de referencia. Los únicos factores que afectan la ETo son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ETO es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ETo expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época del año específicamente, y no considera ni las

características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como único método de determinación de ETo con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas solidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos. Además, se han desarrollado procedimientos para la estimación de los parámetros climáticos faltantes.

- **Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc)**

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

  La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua de cultivo. A pesar de que las necesidades de la evapotranspiración del cultivo y de las necesidades de agua del cultivo son idénticas, sus definiciones conceptuales son diferentes. Las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que se necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración. La necesidad de riego básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva. El requerimiento de agua de riego

también incluye agua adicional para el lavado de sales, y para compensar la falta de uniformidad de agua.

La evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia (ETo). La reacción ETc/ETo que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como coeficiente del cultivo (kc), y se utiliza para relacionar ETc a ETo de manera que ETc = Kc x ETo. Las diferencias en la anatomía de las hojas, características de los estomas, las propiedades aerodinámicas, e incluso el albedo, ocasionan que la evapotranspiración del cultivo difiera de la evapotranspiración del cultivo de referencia bajo las mismas condiciones climáticas. Debido a variaciones en las características del cultivo durante los diferentes periodos de crecimiento, para un determinado cultivo, Kc cambia desde la siembra hasta la cosecha.

- **Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (Etc aj)**

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de ETc, debido a condiciones no optimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y limitación o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas, menor densidad de plantas y

así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de ETc.

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar se calcula utilizando un coeficiente de estrés hídrico Ks o ajustando Kc a todos los otros tipos de condiciones de estrés y limitaciones ambientales en la evapotranspiración del cultivo.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

2.1 Situación problemática

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

2.2 Formulación del problema principal y especifico

2.2.1. Problema general

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante la determinación del consumo de agua durante la campaña agrícola del cultivo de pecano, conducida bajo sistema de fertirrigación en la zona alta del valle de Ica?

2.2.2. Problema especifico

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en la conducción del cultivo de pecano, mediante la determinación de la evapotranspiración del cultivo en las condiciones de 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 acabo en el predio denominado “LOS CACTUS” ubicado en la zona alta del distrito de San José de los molinos.

2.3.2. Delimitación Temporal

El presente trabajo de investigación se desarrolló a lo largo del ciclo fenológico de la planta (Carya illinoensis), correspondiente a una campaña agrícola anual (Setiembre 2018 – Agosto 2019), para las condiciones de la zona alta del valle de Ica.

2.3.3. Delimitación social

Comprende a los pequeños agricultores, asociación de agricultores y empresas agrícolas pertenecientes a la zona alta del valle de Ica; cuyas actividades estén orientadas a la conducción del cultivo de pecano, así como la mejor eficiencia de uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el desarrollo de estos cultivos.

2.3.4. Delimitación conceptual

Para el presente trabajo de tesis se hizo uso, de los valores obtenidos de las variables meteorológicas de mayor importancia, para la zona alta del valle de Ica; así también, se tomó en consideración los valores del coeficiente del cultivo (Kc) de los pecanos instalados en el predio, y que tienen una influencia directa en la evapotranspiración del cultivo, además de las características hidráulicas del 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 más 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 alta del valle de Ica, especialmente en el cultivo de pecano, conducidos bajo sistema de fertirrigación.

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 determinar la evapotranspiración de los cultivos instalados en la zona alta del valle de Ica, especialmente del cultivo de pecano, como una manera de incrementar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

2.5 Objetivos de la investigación

2.5.1. Objetivo General

Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, mediante la determinación del consumo de agua del cultivo de pecano, conducida bajo sistema de fertirrigación para las condiciones de la zona alta del valle de Ica.

2.5.2. Objetivo especifico

Determinar la evapotranspiración del cultivo de pecano, conducido bajo sistema de fertirrigación para las condiciones climáticas de la zona alta del valle de Ica, durante el periodo comprendido entre Setiembre 2018 y Agosto 2019.

2.6 Hipótesis de investigación

2.6.1. Hipótesis general

Mediante la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano 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

Con los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Etc) el coeficiente del cultivo (Kc) y las características del sistema de fertirrigación se podrá determinar el uso consuntivo del cultivo de pecano para las condiciones de la zona alta del valle de Ica.

2.7 Variable de investigación

2.7.1. Identificación de la variable

a. Variable independiente

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

b. Variable dependiente

- Evapotranspiración del cultivo de pecano

2.7.2. Operación de las variables

CUADRO Nº 3

Variable e indicadores empleados en la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano

VARIABLE	INDICADORES	VALOR FINAL
1. VARIABLE DE INTERES Uso consuntivo del cultivo de pecano en la zona alta del valle de Ica.	➢ Heliógrafo ➢ Anemógrafo ➢ Termómetro ➢ Higrómetro	➢ **Horas de sol** ➢ **m/seg** ➢ **^{0}C** ➢ **%**

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 empleó para el presente trabajo de investigación es aplicada.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicativo.

3.1.3. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es de un diseño experimental longitudinal de tendencia, por lo que evalúa más, las variables meteorológicas y el coeficiente de desarrollo del cultivo de pecano en el tiempo de una campaña y su efecto en la evapotranspiración del cultivo para las condiciones de la zona alta del valle de Ica, así como de las características hidráulicas del sistema de fertirrigación.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población de estudio

La población de estudio, viene a estar constituida por las plantas de pecano instaladas en la parcela del fundo “LOS CACTUS” ubicado en la zona alta del valle de Ica.

3.2.2. Muestra de estudio

La muestra de estudio la constituyen cada una de las plantas de pecano instaladas en la parcela del fundo “LOS CACTUS” a un espaciamiento de 10.00 m entre líneas por 10.00 m entre plantas y regados mediante sistema de fertirrigación, microtubos, encontrándose el cultivo en buen desarrollo y libre de plagas y enfermedades.

CAPITULO IV

TECNICAS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

4.1 Técnicas de recolección de datos

Los valores de la variable meteorológicas fueron proporcionados por la estación “LAS VIÑAS”, perteneciente al Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología – SENAMHI – ICA.

Las variables que se tomaron en consideración fueron:

- ✓ Humedad relativa
- ✓ 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 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.

CAPITULO V

PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Presentación e Interpretación de los resultados

5.1.1. Sistema de fertirrigación

El sistema de fertirrigación, extrae agua de una poza de almacenamiento de aproximadamente 600.00 m^3 de capacidad, el cual es alimentada mediante una motobomba que extrae el agua de riego de una acequia de conducción.

Cada planta de pecano es irrigada mediante un emisor (microtubo) de un caudal de 60.00 litros por hora aproximadamente la que es abastecida mediante un sistema de bombeo de 10.00 HP.

El sistema de fertirrigación tiene un coeficiente de uniformidad de 90%.

5.1.2. Análisis de suelos

Con la finalidad de tener una idea completa sobre las características físico-mecánicas y químicas del suelo, se procedió a extraer sub-muestras de varios puntos del terreno al azar, dispuestos en zig-zag a 30 cm de profundidad, las que se homogenizaron, tomándose una muestra representativa de 1.0 kg la misma que fue enviada al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la facultad de agronomía de la UNICA, los resultados se presentan en los siguientes cuadros:

CUADRO Nº 4

Análisis físico-mecánico del suelo – 2018

COMPONENTES	**NIVEL (0.00-0.30 m)**	**METODO USADO**
ARENA % LIMO % ARCILLA %	77.75 18.00 4.25	HIDROMETRO HIDROMETRO HIDROMETRO
CLASE TEXTURAL	ARENA FRANCA	TRIANGULO TEXTURAL

CUADRO Nº 5

Análisis químico del suelo – 2018

DETERMINACIONES	NIVEL 0.00-0.30 m	METODO USADO	INTERPRETACION
NITROGENO TOTAL (%)	0.025	MICROKJELDHAL	BAJO
FOSFORO DISPONIBLE (ppm)	8.3	OLSEN MODIFICADO	MEDIO
POTASIO DISPONIBLE (ppm)	525	PEACH	MEDIO
MATERIA ORGANICA (%)	0.560	WALKLEY Y BLACK	BAJO
CARBONATO DE CALCIOTOTAL (%)	0.60	VASO VOLUMETRICO	BAJO
CE (ds/m)	0.90	CONDUCTOMETRO	NORMAL
pH	7.90	POTENCIOMETRO	LIGERAMENTE ALCALINO
CIC (meq/100gr)	6.70	ACETADODE AMONIO	BAJO
Ca^{++} (meq/100gr)	5.60	E.D.T.A	MEDIO
Mg^{++} (meq/100gr)	0.78	AMARILLO DE TIAZOL	BAJO
K^{+} (meq/100gr)	0.19	FOTOMETRO DE LLAMA	BAJO
Na^{+} (meq/100gr)	0.13	FOTOMETRO DE LLAMA	BAJO

5.1.3. Análisis de agua

Con la finalidad de conocer el pH del agua de riego así como de su contenido en sales solubles, se procedió a extraer una muestra de 1 litro aproximadamente del agua de riego que ingresaba al pozo de almacenamiento, la que fue enviada al laboratorio de análisis de suelo, agua y plantas de la facultad de agronomía de la UNICA, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO Nº 6

Análisis químico del agua 2018

DETERMINACIONES	Unid	METODO USADO	INTERPRETACION
pH	7.24	POTENCIOMETRO	LIGERAMENTE ALCALINA
CE (ds/m)	0.34	CONDUCTOMETRO	BAJA SALINIDAD

5.1.4. Fertilización

Se utilizó la siguiente formula de fertilización 120 – 120 – 80 unidades de NPK

Respectivamente empleándose como fuentes de urea, nitrato de amonio, fosfato di amónico, sulfato de potasio, mezclados con aproximadamente 10 toneladas de guano de inverna.

En la primera aplicación se utilizó toda la dosis de fosforo y potasio y la mitad de la dosis de nitrógeno y en la segunda fertilización se aplicó el resto de la dosis de nitrógeno, después de 2 meses de la primera aplicación, realizándose la primera aplicación el 20 de octubre del 2018.

5.1.5. Información Meteorológica

La información meteorológica que se tomó en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación fueron de la estación climatológica ordinaria CO-Las Viñas, perteneciente al servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI) de Ica.

La información brindada corresponde a los meses de Setiembre 2018 a Agosto del 2019, en las que se consideraron las siguientes variables: Temperatura media (°C), Humedad Relativa (%), Horas de sol diarias y velocidad del viento (m/seg).

Los datos obtenidos se detallan a continuación:

Información Meteorológica

Estación: CO-Las Viñas
Latitud: 14° 0.4’ 24.17”
Longitud: 75° 43’ 13.88”
Altitud: 427 m.s.n.m
Región: Ica
Provincia: Ica
Distrito: Tinguiña

CUADRO N° 7

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)											
Año 2018				Año 2019							
SET	OCT	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
18.9	20.7	20.8	22.7	24.9	25.5	25.7	23.9	24.4	18.2	18.4	18.6

HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)											
Año 2018				Año 2019							
SET	OCT	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
83.5	78.5	78.1	80.6	75.0	78.5	76.2	79.2	82.0	89.0	89.0	87.0

HORA DE SOL DIARIA											
Año 2018				Año 2019							
SET	OCT	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
6.5	9.7	7.9	7.01	6.1	5.45	5.11	7.35	8.62	4.89	5.55	7.26

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/seg)											
Año 2018				Año 2019							
SET	OCT	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
4.1	3.9	3.4	3.5	3.5	3.2	3.5	2.7	2.3	2.5	2.9	3.2

5.1.6. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Con la finalidad de determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) de la zona en estudio, se utilizó la ecuación de pennman monteith, utilizando las variables hidrometeorologicas de la estación CO “Las Viñas”, las variables hidrométricas fueron las siguientes:

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

CUADRO N° 8

VALORES DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ETo) OBTENIDA MEDIANTE EL METODO ESTANDAR DE PENMAN-MONTEITH EN LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA. Año (2018-2019)

MESES	ETo mm/día	ETo m3/ha/día
Setiembre	3.11	31.10
Octubre	4.32	43.20
Noviembre	4.15	41.15
Diciembre	4.10	41.00
Enero	4.37	43.70
Febrero	4.11	41.10
Marzo	4.03	40.30
Abril	3.77	37.70
Mayo	3.45	34.50
Junio	2.20	22.00
Julio	2.14	21.40
Agosto	2.74	27.40

CUADRO N° 9

VALORES DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc) de PECANO PARA LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA

MESES	Coeficiente del Cultivo (Kc)	Etapas de Desarrollo del Cultivo
Setiembre	0.55	Inicial
Octubre	0.70	Desarrollo
Noviembre	0.85	Desarrollo
Diciembre	0.90	Mediados de Temporada
Enero	0.90	Mediados de Temporada
Febrero	0.90	Mediados de Temporada
Marzo	0.80	Final de Temporada
Abril	0.75	Final de Temporada
Mayo	0.65	Final de Temporada
Junio	0.40	Agoste
Julio	0.40	Agoste
Agosto	0.40	Agoste

CUADRO N° 10

VALORES DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ETC) de PECANO PARA LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA

MESES	Evapotranspiración del Cultivo (ETc) mm/día	Etapas de Desarrollo del Cultivo
Setiembre	1.71	Inicial
Octubre	3.02	Desarrollo
Noviembre	3.53	Desarrollo
Diciembre	3.70	Mediados de Temporada
Enero	3.93	Mediados de Temporada
Febrero	3.70	Mediados de Temporada
Marzo	3.22	Final de Temporada
Abril	2.83	Final de Temporada
Mayo	2.24	Final de Temporada
Junio	0.88	Agoste
Julio	0.86	Agoste
Agosto	1.10	Agoste

Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación.

A continuación se presenta la metodología para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de Pecano para las condiciones de la zona alta del valle de Ica, conducido bajo sistema de Fertirrigación, teniendo en cuenta la siguiente información.

- Evapotranspiración del Cultivo (ETc) mensual
- Porcentaje de sombreamiento (PS)
- Espaciamiento del Cultivo 10m x 10m
- Conductividad Eléctrica del Agua de riego CEar=0.33
- Coeficiente de uniformidad del sistema de Fertirriegación Cu=90%
- Máxima Conductividad Eléctrica del extracto de saturación del suelo para una producción de 0.00 del cultivo de Pecano Max CEex=7.00 ds/m.

Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa inicial – MES DE SETIEMBRE.

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria del Cultivo de Pecano.

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

Ud= Evapotranspiración del Cultivo de Pecano obtenido de la manera tradicional=Uso Consuntivo

PS= % de Sombreamiento del Cultivo en relación al espaciamiento del cultivo.

Diámetro promedio del área foliar en esta etapa = 1.80m

$$\mathrm{PS} = \left(0.7854\frac{(\text{area sombreada (m)})^2}{\text{espaciamiento}}\right) \times 100$$

$$\mathrm{PS} = \left(0.7854\frac{(1.8)^2}{10 \times 10}\right) \times 100 \;\rightarrow \mathrm{PS} = \left(0.7854\ \frac{3.24}{100}\right) \times 100$$

$$PS = (2.544) \times 100 \;\rightarrow\; PS = 2.544\%$$

$$UC = 1.71 mm/dia \left[\frac{2.544}{100} + 0.15\left(1 - \frac{2.544}{100}\right)\right] \rightarrow UC = 0.293 \text{ mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$dn = UC\ (mm/dia) \times F$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$dn = UC = 0.293 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$RL = \frac{CEar\ (ds/m)}{2 \times MAXCEex\ (ds/m)}$$

$$RL = \frac{0.33 ds/m}{2 \times 7 ds/m} \;\rightarrow\; RL = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$db = \frac{dn\ (mm/dia)}{CU/100}$$

$$db = \frac{0.293 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$db = \frac{0.293 \text{ mm/dia}}{0.90} \;\rightarrow\; db = 0.325 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$Vr = db\ (mm/dia) \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$Vr = 0.325 mm/dia \times 10m \times 10m \;\rightarrow\; Vr = 32.5 \text{ lt/dia/planta}$$

$$Vr = 32.5 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de desarrollo –MES DE OCTUBRE

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo=3.02mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=1.8m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 3.02\mathrm{mm/dia}\left[\frac{2.544}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{2.544}{100}\right)\right]$$

$$\mathrm{UC} = 0.518\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lamina Neta

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC}\ (\mathrm{mm/dia})\ \times \mathrm{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC} = 0.518\ \mathrm{mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\mathrm{RL} = \frac{\mathrm{CEar\ (ds/m)}}{2 \times \mathrm{MAXCEex\ (ds/m)}}$$

$$\mathrm{RL} = \frac{0.33\mathrm{ds/m}}{2 \times 7\mathrm{ds/m}} \ \rightarrow\ \mathrm{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\mathrm{db} = \frac{\mathrm{dn\ (mm/dia)}}{\mathrm{CU}/100}$$

$$\mathrm{db} = \frac{0.518\ \mathrm{mm/dia}}{90/100}$$

$$\mathrm{db} = \frac{0.518\ \mathrm{mm/dia}}{0.90} \ \rightarrow\ \mathrm{db} = 0.576\ \mathrm{mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.576\text{mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 57.6 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de desarrollo –MES DE NOVIEMBRE

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo=3.57mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\text{UC} = 3.57\text{mm/dia}\left[\frac{3.1416}{100} + 0.15\left(1 - \frac{3.1416}{100}\right)\right] \rightarrow$$

$$\text{UC} = 0.631 \text{ mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\text{dn} = \text{UC (mm/dia)} \times \text{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\text{dn} = \text{UC} = 0.631 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\text{RL} = \frac{\text{CEar (ds/m)}}{2 \times \text{MAXCEex (ds/m)}}$$

$$\text{RL} = \frac{0.33\text{ds/m}}{2 \times 7\text{ds/m}} \rightarrow \text{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\mathrm{db} = \frac{\mathrm{dn}\ (\mathrm{mm/dia})}{\mathrm{CU}/100}$$

$$\mathrm{db} = \frac{0.631\ \mathrm{mm/dia}}{90/100}$$

$$\mathrm{db} = \frac{0.631\ \mathrm{mm/dia}}{0.90} \rightarrow \mathrm{db} = 0.701\ \mathrm{mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\mathrm{Vr} = \mathrm{db}\ (\mathrm{mm/dia}) \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\mathrm{Vr} = 0.701\ \mathrm{mm/dia} \times 10\mathrm{m} \times 10\mathrm{m}$$

$$\mathrm{Vr} = 70.1\ \mathrm{lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de mediados de temporada –MES DE DICIEMBRE

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo=3.70mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 3.7\mathrm{mm/dia}\left[\frac{3.1416}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{3.1416}{100}\right)\right] \rightarrow$$

$$\mathrm{UC} = 0.654\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\text{dn} = \text{UC (mm/dia)} \times \text{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\text{dn} = \text{UC} = 0.654 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\text{RL} = \frac{\text{CEar (ds/m)}}{2 \times \text{MAXCEex (ds/m)}}$$

$$\text{RL} = \frac{0.33\text{ds/m}}{2 \times 7\text{ds/m}} \rightarrow \text{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.654 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.654 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.727 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.727 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m} \rightarrow \text{Vr} = 72.7 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de mediados de temporada –MES DE ENERO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo=3.93mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2.2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 3.93\mathrm{mm/dia}\left[\frac{3.801}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{3.801}{100}\right)\right]$$

$$\mathrm{UC} = 0.716\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC}\ (\mathrm{mm/dia})\ \times \mathrm{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC} = 0.716\ \mathrm{mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\mathrm{RL} = \frac{\mathrm{CEar}\ (\mathrm{ds/m})}{2 \times \mathrm{MAXCEex}\ (\mathrm{ds/m})}$$

$$\mathrm{RL} = \frac{0.33\mathrm{ds/m}}{2 \times 7\mathrm{ds/m}} \ \rightarrow \ \mathrm{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.716 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.716 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.795 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.795 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 79.5 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de mediados de temporada –MES DE FEBRERO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo=3.7mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2.2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\text{UC} = 3.70\text{mm/dia}\left[\frac{3.801}{100} + 0.15\left(1 - \frac{3.801}{100}\right)\right]$$

$$\text{UC} = 0.675 \text{ mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\text{dn} = \text{UC (mm/dia)} \times \text{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\text{dn} = \text{UC} = 0.675 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\text{RL} = \frac{\text{CEar (ds/m)}}{2 \times \text{MAXCEex (ds/m)}}$$

$$\text{RL} = \frac{0.33\text{ds/m}}{2 \times 7\text{ds/m}} \rightarrow \text{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.675 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.675 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.75 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.75 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 75 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de final de temporada –MES DE MARZO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo=3.22mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2.2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 3.22\mathrm{mm/dia}\left[\frac{3.801}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{3.801}{100}\right)\right] \ \rightarrow$$

$$\mathrm{UC} = 0.586\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC}\ (\mathrm{mm/dia})\ \times \mathrm{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC} = 0.586\ \mathrm{mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\mathrm{RL} = \frac{\mathrm{CEar}\ (\mathrm{ds/m})}{2 \times \mathrm{MAXCEex}\ (\mathrm{ds/m})}$$

$$\mathrm{RL} = \frac{0.33\mathrm{ds/m}}{2 \times 7\mathrm{ds/m}} \ \rightarrow \ \mathrm{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.586 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.586 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.651 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.651 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m} \rightarrow$$

$$\text{Vr} = 65.1 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de final de temporada –MES DE ABRIL

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo= 2.83mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2.2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\text{UC} = 2.83\text{mm/dia}\left[\frac{3.801}{100} + 0.15\left(1 - \frac{3.801}{100}\right)\right]$$

$$\text{UC} = 0.515 \text{ mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\text{dn} = \text{UC (mm/dia)} \times \text{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\text{dn} = \text{UC} = 0.515 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\text{RL} = \frac{\text{CEar (ds/m)}}{2 \times \text{MAXCEex (ds/m)}}$$

$$\text{RL} = \frac{0.33\text{ds/m}}{2 \times 7\text{ds/m}} \rightarrow \text{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.515 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.515 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.572 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.572 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 57.2 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de final de temporada –MES DE MAYO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo= 2.24mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2.2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 2.24\mathrm{mm/dia}\left[\frac{3.801}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{3.801}{100}\right)\right]$$

$$\mathrm{UC} = 0.407\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC}\ (\mathrm{mm/dia})\ \times \mathrm{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC} = 0.407\ \mathrm{mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\mathrm{RL} = \frac{\mathrm{CEar\ (ds/m)}}{2 \times \mathrm{MAXCEex\ (ds/m)}}$$

$$\mathrm{RL} = \frac{0.33\mathrm{ds/m}}{2 \times 7\mathrm{ds/m}} \ \rightarrow\ \mathrm{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.407 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.407 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{Db} = 0.452 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.452 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 45.2 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de final de temporada –MES DE JUNIO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo= 0.88mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=2m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\text{UC} = 0.88\text{mm/dia}\left[\frac{3.1416}{100} + 0.15\left(1 - \frac{3.1416}{100}\right)\right]$$

$$\text{UC} = 0.155 \text{ mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\text{dn} = \text{UC (mm/dia)} \times \text{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\text{dn} = \text{UC} = 0.155 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\text{RL} = \frac{\text{CEar (ds/m)}}{2 \times \text{MAXCEex (ds/m)}}$$

$$\text{RL} = \frac{0.33\text{ds/m}}{2 \times 7\text{ds/m}} \rightarrow \text{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.155 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.155 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.172 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.172 \text{ mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 17.2 \text{ lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de final de temporada –MES DE JULIO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo= 0.86mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=1.5m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 0.86\mathrm{mm/dia}\left[\frac{1.767}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{1.767}{100}\right)\right]$$

$$\mathrm{UC} = 0.142\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC}\ (\mathrm{mm/dia})\ \times \mathrm{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\mathrm{dn} = \mathrm{UC} = 0.142\ \mathrm{mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\mathrm{RL} = \frac{\mathrm{CEar\ (ds/m)}}{2 \times \mathrm{MAXCEex\ (ds/m)}}$$

$$\mathrm{RL} = \frac{0.33\mathrm{ds/m}}{2 \times 7\mathrm{ds/m}} \ \rightarrow\ \mathrm{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\mathrm{db} = \frac{\mathrm{dn\ (mm/dia)}}{\mathrm{CU}/100}$$

$$\mathrm{db} = \frac{0.142\ \mathrm{mm/dia}}{90/100}$$

$$\mathrm{db} = \frac{0.142\ \mathrm{mm/dia}}{0.90} \rightarrow \mathrm{db} = 0.158\ \mathrm{mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\mathrm{Vr} = \mathrm{db\ (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\mathrm{Vr} = 0.158\ \mathrm{mm/dia} \times 10\mathrm{m} \times 10\mathrm{m}$$

$$\mathrm{Vr} = 15.8\ \mathrm{lt/dia/planta}$$

Calculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para la etapa de final de temporada –MES DE AGOSTO

DATOS:

-Evapotranspiración del cultivo= 1.1mm/día

-Diámetro del área foliar promedio=1.5m (medido al medio día).

1.-Calculo de la Evapotranspiración diaria

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

$$\mathrm{UC} = 1.1\mathrm{mm/dia}\left[\frac{1.767}{100} + 0.15\ \left(1 - \frac{1.767}{100}\right)\right]$$

$$\mathrm{UC} = 0.182\ \mathrm{mm/dia}$$

2.-Calculo de la Lámina Neta

$$\text{dn} = \text{UC (mm/dia)} \times \text{F}$$

F=frecuencia de riego=1dia

$$\text{dn} = \text{UC} = 0.182 \text{ mm/dia}$$

3.- Calculo del Requerimiento de Lixiviación.

$$\text{RL} = \frac{\text{CEar (ds/m)}}{2 \times \text{MAXCEex (ds/m)}}$$

$$\text{RL} = \frac{0.33\text{ds/m}}{2 \times 7\text{ds/m}} \rightarrow \text{RL} = 0.024$$

4.-Calculo de la Lamina Bruta de Riego

$$\text{db} = \frac{\text{dn (mm/dia)}}{\text{CU}/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.182 \text{ mm/dia}}{90/100}$$

$$\text{db} = \frac{0.182 \text{ mm/dia}}{0.90} \rightarrow \text{db} = 0.202 \text{ mm/dia}$$

5.-Calculo del Volumen de Riego/día/planta

$$\text{Vr} = \text{db (mm/dia)} \times \text{espacio entre lineas (m)} \times \text{espacio entre plantas (m)}$$

$$\text{Vr} = 0.202\text{mm/dia} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{Vr} = 20.2 \text{ lt/dia/planta}$$

CUADRO N° 11

VALORES DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE PECANO CONDUCIDO BAJO SISTEMA DE FERTIRRIGACION EN LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA

MESES	Evapotranspiración del Cultivo m^3/ha/día	Evapotranspiración del Cultivo m^3/ha/mes	Etapas de Desarrollo
Setiembre	3.25	97.50	Inicial
Octubre	5.76	178.56	Desarrollo
Noviembre	7.01	210.30	Desarrollo
Diciembre	7.27	225.37	Mediados de Temporada
Enero	7.95	246.45	Mediados de Temporada
Febrero	7.50	210.00	Mediados de Temporada
Marzo	6.51	201.81	Final de Temporada
Abril	5.72	171.60	Final de Temporada
Mayo	4.52	140.12	Final de Temporada
Junio	1.72	51.60	Agoste
Julio	1.58	48.98	Agoste
Agosto	2.02	62.62	Agoste
VOLUMEN TOTAL POR CAMPAÑA		**1844.91**	

5.2 Discusión de Resultados

De los resultados obtenidos para la determinación de la Evapotranspiración del cultivo de Pecano conducido bajo sistema de fertirrigación para las condiciones de suelo, agua y climáticas de la zona alta del valle de Ica, se puede afirmar que los resultados han sido los adecuados para el buen desarrollo del cultivo de Pecano.

5.2.1 Sistema de Fertirrigación

El sistema de Fertirrigación instalado en el cultivo de Pecano es mediante microtubos, un sistema muy adecuado cuando se trata de árboles frutales, por la alta eficiencia de aplicación alcanzada, que en este caso llega al 90%, con un caudal promedio del microtubo de 60lt/hora, por lo que la aplicación del agua y fertilizantes al cultivo de pecano es el adecuado.

5.2.2 Análisis Físico Mecánico y Químico del suelo

De acuerdo al análisis físico mecánico (cuadro N°4) nos encontramos con un suelo de textura arenosa, franca, pedregosa pero con características favorables para el cultivo de Pecano, por ser suelos de drenaje adecuado y una buena aireación para el desarrollo de las raíces.

Con respecto al análisis químico (cuadro N°5) la conductividad eléctrica es normal, por lo que no afectaría el normal desarrollo del cultivo de Pecano y con un PH ligeramente alcalino, bajo en materia orgánica y por tanto bajo en nitrógeno, por lo que se ha aplicado materia orgánica al cultivo para su incremento.

La capacidad de intercambio catiónico es baja por lo que se debe realizar una fertilización adecuada para un buen desarrollo del cultivo de Pecano.

5.2.3 Análisis Químico del Agua de Riego

Según el análisis químico del agua de riego, esta tiene un PH ligeramente alcalino por lo que mediante el sistema de fertirrigación no causaría problemas al desarrollo del cultivo de pecano, así mismo con respecto a la salinidad su contenido no causaría daño al cultivo ni se producirían acumulaciones de sales en el terreno de cultivo.

5.2.4 Factores Climáticos

Con respecto a las variables climáticas que se presentaron a lo largo del desarrollo del cultivo de Pecano (cuadros N° 7), para las condiciones de la zona alta del valle de Ica, se puede afirmar que estas han sido las adecuadas.

Con relación a la temperatura media mensual estas han tenido una variación de 18.2°C, presentada en el mes de junio hasta 25.7°C en el mes de marzo. Así mismo la Humedad Relativa tuvo una variación de 75% , presentada en el mes de enero , hasta 89% que se presentó en los meses de Junio y Julio , en relación a las horas de sol diarias , esta tuvo una variación de 5.11 horas presentada en el mes de marzo, hasta 9.7 horas que se presentó en el mes de Octubre , así mismo con relación a la velocidad del viento , esta tuvo una variación de 2.3m/seg presentada en el mes de Mayo hasta 4.1m/seg que se presentó en el mes de Setiembre.

5.2.5 Evapotranspiración del Cultivo (ETc) de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación.

Con respecto a la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de Fertirrigación para las condiciones de la zona alta del Valle de Ica , se puede afirmar que los valores obtenidos han sido los adecuados , pues para la determinación de la Evapotranspiración del cultivo de Referencia (ETo) se ha seguido la Metodología de Penman-Monteith como único método recomendado por la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O) , así como

los coeficientes del cultivo en función de las etapas de desarrollo para las condiciones de la zona alta del Valle de Ica.

Así mismo con respecto a la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano conducido bajo sistema de fertirrigación, estas han tenido una variación de 246.45 m^3/ha para la etapa de mediados de desarrollo del cultivo, hasta 48.98 m^3/ha correspondiente a la etapa de agoste del cultivo, siendo la Evapotranspiración total por campaña del Cultivo de Pecano de 1844.91 m^3/ha.

CAPITULO VI

COMPROBACION DE HIPOTESIS

6.1 Contrastación de la Hipótesis General

Mediante los valores de las variables meteorológicas importantes en la Zona alta del Valle de Ica, de los valores del coeficiente del cultivo nos han permitido determinar la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano lo que nos permitirá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico.

6.2 Contrastación de la Hipótesis Específica

Con los valores de las variables meteorológicas imperantes en la Zona Alta del Valle de Ica, el Coeficiente del Cultivo (Kc) del Pecano y las características del sistema de fertirrigación se ha determinado la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano en una campaña agrícola para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En Función de los Resultados Obtenidos se Concluye en lo siguiente:

7.1 En el presente trabajo de Investigación "Determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano (Carya illinoensis Koch) Variedad Mahan conducido bajo sistema de Fertirrigación en la Zona Alta del Valle de Ica", se han tomado en cuenta todos los factores que influyen en el consumo de agua de los cultivos.

7.2 Con respecto al sistema de fertirrigación instalado en el Cultivo de Pecano, nos ha permitido realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, por ser esta Zona una Zona con dificultad para realizar el riego por gravedad, ya que la eficiencia de aplicación del sistema de fertirrigación es alta.

7.3 Con respecto al análisis físico mecánico y químico del suelo, este es adecuado para un buen desarrollo del cultivo de pecano pero realizando un mejoramiento del suelo y una fertilización adecuada para el cultivo.

7.4 En relación al análisis químico del agua de riego, esta no presenta ninguna restricción para un normal crecimiento y desarrollo del cultivo de Pecano, ni se producirían acumulaciones de sal en el terreno.

7.5 Para la determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETo) se han utilizado los valores de las variables meteorológicas obtenidas de la estación climatológica ordinaria CO-Las Viñas y utilizado la Ecuación de Penman-Monteith como único método recomendado por la Organización de la Agricultura y Alimentación (F.A.O).

7.6 En relación a los factores de Cultivo (Kc) del Pecano, se han obtenido en función de las etapas de desarrollo del Cultivo de Pecano para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

8.1 Continuar con la Investigaciones para la determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de Pecano para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica, conducido bajo sistema de fertirrigación

8.2 Realizar Investigaciones en otros Cultivos Instalados en la Zona Alta del Valle de Ica, como una manera de mejorar la eficiencia del uso del agua de riego de la Zona.

8.3 Utilizar la ecuación de Penman- Monteith en la determinación de la Evapotranspiración del Cultivo (ETo) como único método recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (F.A.O).

8.4 Utilizar esta metodología en la determinación de la Evapotranspiración de los Cultivos instalados en la Zona Alta del Valle de Ica, conducidos bajo sistema de Fertirrigación como una manera de mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

8.5 Promover la metodología de Penman-Monteith en la determinación del Uso Consuntivo en todos los Cultivos de la ZONA instalados en la Zona del Valle de Ica.

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA

9.1 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 pag 2001*

9.2 BOSWELL M. *Micro _ irrigación Desian Manual Publicación de Hardie Irrigation, 220 pag. 1995*

9.3 DOREMBOS J. Y PRUIT W. Q., *Necesidades de agua para los Cultivos. Roma, organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1992*

9.4 DE PACO J. *, Fundamento de Cálculo Hidráulico en los Sistemas de Riego y de Drenaje, España Mundi Prensa. 1992*

9.5 KELLER L. *Manual de Diseño de Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo, International Irrigation Center, pag. 1983.*

9.6 MEDINA SAN JUAN J. , *Riego por Goteo 2da. Edición, España Mundi Prensa. 1995.*

9.7 MOYA T., *Riego Localizado y Fertirrigación, 1era Edición, España Mundi Prensa. 1994.*

9.8 PIZARRO F. , *Riegos Localizados de Alta Frecuencia, 2da Edición, España Mundi Prensa.*

9.9 *Sociedad Química y Minerales de Chile, Soquimich Comercial (SQM), Libro Azul, Manual Básico de Fertirriego, 2da Edición. Chile, 2002.*

9.10 VEIRMEREN L. Y JOBIN B. A., *Riego Localizado, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1980.*

9.11 FAO *"Evapotranspiración del Cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua y de los cultivos". Roma 300 pag. 2006.*

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMAS DE INVESTIGACION	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	POBLACION Y MUESTRA
“ DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE PECANO (CARYA ILLINOENSIS KOCH) VARIEDAD MAHAN CONDUCIDO BAJO SISTEMA DE FERTIRRIGACION EN LA ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA”	**1.-Problema General** ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante la determinación del consumo de agua durante la campaña agrícola del cultivo de pecano, conducida bajo sistema de fertirrigación en la zona alta del valle de Ica?	**1.-Objetivo General** Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, mediante la determinación del consumo de agua del cultivo de pecano, conducida bajo sistema de fertirrigación para las condiciones de la zona alta del valle de Ica	**1.-Hipotesis General** Mediante la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la zona alta del valle de Ica.	**1.-Variables Independientes** • Humedad relativa • Horas de sol • Velocidad del viento • Temperatura media • Coeficiente del cultivo (Kc)	**1.-Poblacion** La población de estudio, viene a estar constituida por las plantas de pecano instaladas en la parcela del fundo “ LOS CACTUS” ubicado en la zona alta del valle de Ica.
	2.- Problema Especifico ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en la conducción del cultivo de pecano, mediante la determinación de la evapotranspiración del cultivo en las condiciones de la zona alta del valle de Ica?	**2.-Objetivo Especifico** Determinar la evapotranspiración del cultivo de pecano, conducido bajo sistema de fertirrigación para las condiciones climáticas de la zona alta del valle de Ica, durante el periodo comprendido entre Setiembre 2017 y Agosto 2018.	**2.-Hipotesis Especifica** Con los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Etc) el coeficiente del cultivo (Kc) y las características del sistema de fertirrigación se podrá determinar el uso consultivo de pecano para las condiciones de la zona alta del valle de Ica.	**2.-Variables Dependientes** • Evapotranspiración del cultivo de pecano	**2.-Muestra** La muestra de estudio la constituye cada una de las plantas de pecano instaladas en la parcela del fundo “ LOS CACTUS” a un espaciamiento de 10 m entre líneas por 10 m entre plantas y regados mediante sistema de fertirrigación, micro tubos, encontrándose el cultivo en buen desarrollo y libre de plagas y enfermedades.