

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**"DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL  
CULTIVO DE PECANO (*Carya illinoensis*, Koch), VARIEDAD  
MAHAN, EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA"**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**

**AGRONOMO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. FLORES GAMBOA, JACKELINE LUZ**

**BACH. PASACHE VALENCIA, EVELYN YUSSARA**

**ICA - PERU**

**2019**

## Contenido

RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	4
INTRODUCCIÓN .....	7
CAPITULO I .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
1.1    Antecedentes del problema de investigación.....	9
1.1.1.    Antecedentes a nivel internacional .....	9
1.1.2    Antecedentes a nivel local .....	10
1.2    Bases teóricas de la investigación .....	11
1.2.1    Características de la especie en estudio, <i>Carya illinoensis</i> . “Pecano” .....	11
1.2.2    Clasificación taxonómica de la planta .....	12
1.2.3    Origen.....	13
1.2.4    Importancia económica de <i>Carya illinoensis</i> .....	14
1.2.5    Información nutricional del fruto .....	15
1.2.6    Características agronómicas de la especie.....	17
1.3    Marco conceptual.....	20
1.3.1    Concepto de evapotranspiración.....	20
1.3.2    Evaporación .....	21
1.3.3    Transpiración .....	22
1.3.4    Factores que afectan la evapotranspiración .....	23
1.3.5    Tipos de evapotranspiración .....	26
CAPITULO II .....	31
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	31
2.1    Situación problemática.....	31
2.2    Formulación del problema principal y específico .....	31
2.2.1    Problema general .....	31
2.2.2    Problema específico .....	31
2.3    Delimitación del problema .....	32
2.3.1    Delimitación espacial o geográfica .....	32
2.3.2    Delimitación Temporal .....	32
2.3.3    Delimitación social.....	32
2.3.4    Delimitación conceptual .....	32
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	Hipótesis 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 .....		36
ESTRATEGIA METODOLOGICA (METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION) .....		36
3.1	Tipo, nivel y diseño de la investigación.....	36
3.1.1	Tipo de investigación .....	36
3.1.2	Nivel de investigación .....	36
3.1.3	Diseño de investigación .....	36
3.2	Población y muestra .....	36
3.2.1	Población de estudio .....	36
3.2.2	Muestra de estudio .....	37
CAPITULO IV .....		38
4.1	Técnicas de recolección de datos .....	38
4.2	Instrumentos de recolección de datos .....	38
CAPITULO V .....		39
PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS .....		39
5.1	Presentación e interpretación de los resultados .....	39
5.1.1	Análisis de suelo .....	39
5.1.2	Variables a evaluarse .....	40
5.1.3	Fertilización .....	43
5.1.4	Riegos .....	43
5.1.5	Metodología para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano ( <i>Carya illinoensis</i> ) .....	45
5.2	Discusión de resultados.....	58
5.2.1	Análisis físico – mecánico y químico del suelo.....	58
5.2.2	Factores climáticos .....	59
5.2.3	Evapotranspiración del cultivo (ETc) ( <i>Carya illinoensis</i> ).....	59
CAPITULO VI .....		62
COMPROBACION DE HIPOTESIS .....		62

6.1	Contrastación de la hipótesis general.....	62
	CONCLUSIONES .....	63
	CAPITULO VIII .....	66
	RECOMENDACIONES .....	66
	CAPITULO IX .....	67
	FUENTES DE INFORMACION .....	67
	ANEXOS .....	69

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis “Determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*, Koch), variedad Mahan en la zona media del Valle de Ica”, se ha realizado con el objetivo de determinar la evapotranspiración del cultivo bajo las condiciones y conducción de la zona media del valle de Ica, como una manera de mejorar la eficiencia del uso de agua de riego.

Para esto se han utilizado los valores de las variables meteorológicas imperantes en la zona de estudio de la estación M.A.P “San Camilo”, utilizando la ecuación de Penman Monteith para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), así como los valores del coeficiente de cultivo propuestos por la F.A.O y adaptado a la zona media del valle de Ica.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

- Mes de Setiembre, corresponde a la etapa inicial del cultivo de pecano, se tiene una evapotranspiración del cultivo de 19.3m<sup>3</sup>/día y 579.00 m<sup>3</sup> mensual.
- Mes de Octubre que corresponde a la etapa de desarrollo del cultivo, se tiene una evapotranspiración de 30.3 m<sup>3</sup> /día y 939.3 m<sup>3</sup> mensual.
- Mes de Noviembre, correspondiente a la etapa de desarrollo, la evapotranspiración del cultivo de pecano ha sido de 43.10 m<sup>3</sup> /día y 1293.00 m<sup>3</sup> mensual.

- Mes de Diciembre, que corresponde a la etapa de mediados de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 46.6.3 m<sup>3</sup> /día y 1444.6 m<sup>3</sup> mensual.
- Mes de Enero, que corresponde a la etapa de mediados de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 39.9 m<sup>3</sup> /día y 1236.9 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Febrero, que también corresponde a la etapa de mediados de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 42.8 m<sup>3</sup> /día y 1198.4 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Marzo, que corresponde a la etapa de final de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 35.8 m<sup>3</sup> /día y 1109.8 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Abril, que también corresponde a la etapa de final de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 30.8 m<sup>3</sup> /día y 924.0 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Mayo, que también corresponde a la etapa de final de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 20.8m<sup>3</sup> /día y 644.8 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Junio, que corresponde a la etapa de agoste, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 10.1m<sup>3</sup> /día y 303.0 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Julio, que también corresponde a la etapa de agoste, la evapotranspiración del cultivo de pecano ha sido de 9.36m<sup>3</sup> /día y 290.2 m<sup>3</sup> mensual.

- En el mes de Agosto, que también corresponde a la etapa de agoste, la evapotranspiración del cultivo de pecano ha sido de  $12.3\text{m}^3$  /día y  $381.3\text{ m}^3$  mensual.
- La evapotranspiración del cultivo de pecano por campaña para las condiciones de la zona media del valle de Ica fue de  $10344.00\text{ m}^3/\text{Ha}$ .

## SUMMARY

The present thesis work "Determination of the evapotranspiration of the pecan crop (*Carya illinoensis*, Koch), Mahan variety, in the middle zone of the Ica Valley", has been carried out with the objective of determining the evapotranspiration of the crop under the conditions and driving of the middle zone of the Ica Valley, as a way to improve the efficiency of the use of irrigation water.

For this, the values of the prevailing meteorological variables were used in the study area of the MAP station "San Camilo", using the Penman Monteith equation for the determination of the evapotranspiration of the reference crop (ET<sub>o</sub>), as well as the values of the crop coefficient proposed by F.A.O and adapted to the middle zone of the Ica Valley.

The results obtained are presented below:

- Month of September, corresponds to the initial stage of pecan cultivation, there is an evapotranspiration of the crop of 19.3m<sup>3</sup> / day and 579.00m<sup>3</sup> per month.
- Month of October that corresponds to the stage of development of the crop, it has an evapotranspiration of 30.3 m<sup>3</sup> / day and 939.3 m<sup>3</sup> monthly.
- Month of November, corresponding to the development stage, the evapotranspiration of the pecan crop has been 43.10 m<sup>3</sup> / day and 1293.00 m<sup>3</sup> monthly.
- Month of December, corresponding to the mid-season stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 46.6.3 m<sup>3</sup> / day and 1444.6 m<sup>3</sup> monthly.

- Month of January, which corresponds to the mid-season stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 39.9 m<sup>3</sup> / day and 1236.9 m<sup>3</sup> per month.
- In the month of February, which also corresponds to the mid-season stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 42.8 m<sup>3</sup> / day and 1198.4 m<sup>3</sup> monthly.
- In the month of March, which corresponds to the end of season stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 35.8 m<sup>3</sup> / day and 1109.8 m<sup>3</sup> per month.
- In the month of April, which also corresponds to the end of season stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 30.8 m<sup>3</sup> / day and 924.0 m<sup>3</sup> per month.
- In the month of May, which also corresponds to the end of season stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 20.8m<sup>3</sup> / day and 644.8m<sup>3</sup> per month.
- In the month of June, which corresponds to the agoste stage, there is an evapotranspiration of the pecan crop of 10.1m<sup>3</sup> / day and 303.0 m<sup>3</sup> per month.
- In the month of July, which also corresponds to the agoste stage, the evapotranspiration of the pecan crop has been of 9.36m<sup>3</sup> / day and 290.2 m<sup>3</sup> per month.
- In the month of August, which also corresponds to the agoste stage, the evapotranspiration of the pecan crop has been 12.3m<sup>3</sup> / day and 381.3m<sup>3</sup> monthly.

- The evapotranspiration of the pecan crop per season for the conditions of the middle zone of the Ica Valley was 10344.00 m<sup>3</sup> / Ha.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es cada vez más la importancia que toma la buena administración del recurso hídrico dentro de todas las actividades realizadas por el hombre. Como tal, el hombre depende de casi todas sus labores del buen aprovechamiento de este recurso; actividades que en su mayoría están orientadas al consumo humano, pecuario, industrial y de manera primordial el sector agrario.

Dichas actividades se han visto impactadas en sobremedida por factores ambientales como son la contaminación ambiental y el cambio climático, los que en los últimos años están provocando la disminución de fuentes hídricas y por ende la escasez de dicho recurso. Gran parte de la costa peruana y especialmente el Valle de Ica, no es ajena a esta problemática; más aún cuando basa gran parte de su economía en la producción y exportación de cultivos agrícolas.

Dentro de la gran variedad de cultivos que se verían afectados, los frutales constituyen uno de los más importantes, ya que no solo son destinados al mercado exterior, sino también se distribuyen dentro del mercado nacional, regional y local. El pecano (*Carya illinoensis*), representa quizás uno de los frutales de mayor importancia dentro de la región, dada la gran calidad y demanda de su fruto; es por ello que se hace necesario el desarrollo de programas que permitan el adecuado aprovechamiento del recurso hídrico y su sostenibilidad a través del tiempo.

Tomando en consideración los factores antes mencionados, es que, el presente trabajo se centra en determinar el cálculo adecuado del consumo de agua por parte de los frutales y el buen manejo del agua, considerando las variables climatológicas, del suelo y propias de la misma especie.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes del problema de investigación

##### 1.1.1. Antecedentes a nivel internacional

**GONZÁLEZ-CERVANTES Y CHÁVEZ-RAMÍREZ (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 asimismo que, a medida que las temperaturas se calientan, la evapotranspiración (ET) aumenta por lo menos 2% (y hasta 8%) por cada incremento de 1° 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).

**RODRÍGUEZ, ET AL., (2010)** México, en su trabajo de investigación **“Índices de vegetación y evapotranspiración de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch) en la costa de Hermosillo, México”**, menciona que; para un mejor entendimiento del balance hídrico en las áreas agrícolas, es esencial explorar metodologías de ahorro de agua, siendo uno de ellos el concepto de evapotranspiración de cultivo (ETc). Señala además que, este factor es clave para determinar de manera correcta la programación del riego y así mejorar la eficiencia de aplicación de agua de riego en la agricultura. Esta adecuada estimación de ETc, constituye una parte muy importante en la planeación hidroagrícola y es esencial para obtener una agricultura sustentable.

### **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 N° 03

Resultados de trabajo de investigación de Jordan L. y Tipisma 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” (Ministerio de Agricultura – 2012).**

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 hábito arbóreo de 30 a 45 m. de alto,

caducifolio con hojas compuestas sésiles imparipinnadas, con folíolos opuestos de 5 a 10 cm de largo, donde cada hoja puede tener entre 9 y 17 folíolos 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 cáscara 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**

Según el Ministerio de Agricultura - 2012

*Carya illinoensis* presenta la siguiente clasificación:

Reino	: Vegetal
División	: Espermatofitas
Subdivisión	: Angiospermas

Clase : Dicotiledoneas  
Familia : Jugladaceae  
Género : ***Carya***  
Especie : ***Carya illinoensis*, Koch.**

### Figura N° 01

#### Planta de pecana en estado de fructificación



#### 1.2.3 Origen

Este árbol es nativo de las regiones del sur de los 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 construyó 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 encontraban 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 término pecana, viene de la palabra aborigen americana “Pakan”, que quiere decir “nuez que es tan dura que requiere una roca para partirla”.

#### **1.2.4 Importancia económica de *Carya illinoensis***

Según G. Gonzales – Cervantes – 2012. 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 N° 02**

**Fruto de pecano (*Carya illinoensis*) variedad Mahan**



**Mahan**

**1.2.5 Información nutricional del fruto**

Según el Ministerio de Agricultura - 2012. El fruto es una drupa seca de forma oblonga y elipsoidea que tiene de 3-5 cm de largo; está constituida por un epicarpio y mesocarpio carnosos (involucro), un endocarpio liso y delgado (cáscara) 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 Service, 2016), en la composición proximal de las nueces pecaneras destaca el alto contenido de lípidos, seguido de carbohidratos, fibra alimentaria y proteínas.

#### **Cuadro N° 04**

##### **Contenido nutricional del fruto del pecano (*Carya illinoensis*)**

<b>Componentes</b>	<b>Contenido por 100 gr</b>
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
Fósforo (mg)	36
Hierro (mg)	24
Potasio (mg)	13

### 1.2.6 Características agronómicas de la especie

Según el Ministerio de Agricultura (2012)

- **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.

- **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 árboles jóvenes pueden morir completamente cuando el termómetro disminuye a -20°C.

Debido a la tardía salida del reposo invernal, las heladas raramente son un problema, a pesar de que los brotes nuevos pueden morir con temperaturas de -2.2°C. 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 para el desarrollo y maduración del fruto.

Los requerimientos de frío son escasos, alrededor de 500 horas bajo 7.2°C, incluso sin frío, 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-frío (HF) en lugares de otoño e invierno suave; sin embargo, si el otoño es frío, se desarrolla un letargo más profundo que eleva el requisito de frío 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 que se debe tener durante los primeros dos a tres años es el riego, debido a que hay una alta pérdida de raíces durante el trasplante. En huertos adultos el requerimiento de agua es de alrededor de 12 000 m<sup>3</sup>/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 1 000 ppm<sup>1</sup> de sales totales disueltas, más de 300 ppm de cloruros o más de 0.5 ppm de boro. Altos niveles de estos elementos

pueden causar quemaduras en las hojas y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano. (Ibacache et 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 (0.5 kg 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 y 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. Éste 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

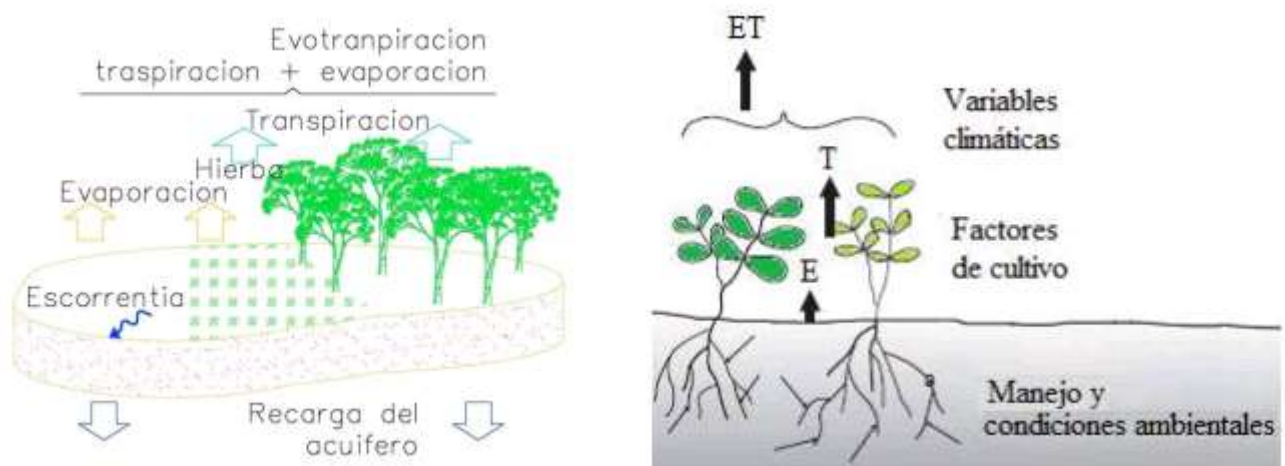
Según F.A.O. (2006). La evapotranspiración (ET), se puede definir como la pérdida de agua que ocurre en una superficie, como consecuencia de la combinación de los procesos de evaporación de una superficie evaporante (lagos, ríos, mares, suelo y vegetación mojada) y la transpiración de la planta.

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 término 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 atmósfera por medio de la apertura de los estomas. Entre tanto, la pérdida de agua a través de la evaporación se presenta por el paso directo del agua disponible en el suelo a la atmósfera.

Figura N° 03

### PROCESO DE EVOTRANSPIRACIÓN



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

suelo con manto freático poco profundo, mantienen mojada la superficie del suelo. En zonas en las que el suelo es capaz de proveer agua con velocidad suficiente para satisfacer la demanda de la evaporación del suelo, este proceso está determinado solamente por las condiciones meteorológicas. Sin embargo, en casos en que el intervalo entre la lluvia y el riego es grande y la capacidad del suelo de 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 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.

El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua

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

#### **1.3.4 Factores que afectan la evapotranspiración**

Según F.A.O. (2006). 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 atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar.

#### **- Factores de 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 cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera 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 y 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 rompevientos 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 árboles podría compensar cualquier reducción en el campo. La evaporación del suelo de un huerto con árboles jóvenes, en donde los árboles 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 del suelo seca, limitando las pérdidas 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 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  $ET_c$  ( $ET_c$  aj). Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo.

### **1.3.5 Tipos de evapotranspiración**

Según F.A.O (2006). La evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar ( $ET_c$ ), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ( $ET_c$  aj).

#### **- Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ )**

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  $ET_o$ . 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 atmósfera, 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 pueden comparar 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 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 atmósfera en una localidad y época del año específicas, 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 el 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 sólidas 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 (ET<sub>c</sub>)**

Según F.A.O (2006). La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET<sub>c</sub>, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla 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 del cultivo. A pesar de que los valores de la evapotranspiración del cultivo y de las necesidades de agua del cultivo son idénticos, sus definiciones conceptuales son diferentes. Las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que 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 en la aplicación 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. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia (ET<sub>o</sub>). La relación ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub> que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo (K<sub>c</sub>), y se utiliza para relacionar ET<sub>c</sub> a ET<sub>o</sub> de manera que  $ET_c = K_c \times ET_o$ . 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, K<sub>c</sub> cambia desde la siembra hasta la cosecha.

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

Según F.A.O. (2006). La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET<sub>c aj</sub>) 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  $ET_c$ , debido a condiciones no óptimas 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  $ET_c$ .

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar se calcula utilizando un coeficiente de estrés hídrico  $K_s$  o ajustando  $K_c$  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 siembra de cultivos instalados en la zona, por lo que se hace necesario realizar investigaciones para realizar un manejo adecuado del recurso hídrico y obtener buenos rendimientos, especialmente en el cultivo de pecano, por ser un cultivo que últimamente está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la zona del Valle de Ica.

#### **2.2 Formulación del problema principal y específico**

##### **2.2.1 Problema general**

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante la determinación de la evapotranspiración de los cultivos en la zona media del Valle de Ica?

##### **2.2.2 Problema específico**

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de pecano mediante la determinación de la evapotranspiración del cultivo en la zona media del valle de Ica?

## **2.3 Delimitación del problema**

### **2.3.1 Delimitación espacial o geográfica**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el predio denominado Bellavista, propiedad del Sr. Fernando Valencia Tipacti, ubicado en el distrito de Pueblo Nuevo, con coordenadas geográficas: 14°,07'33" de latitud sur; 75°42'21", longitud oeste y con una altura de 390 m.s.n.m. (Mapa N° 01)

### **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 2016 – Agosto 2017), para las condiciones de la zona media del Valle de Ica.

### **2.3.3 Delimitación social**

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

### **2.3.4 Delimitación conceptual**

Para el presente trabajo de tesis se hizo uso, de los valores obtenidos de las variables meteorológicas de mayor importancia, para la zona

media del valle de Ica; así también, se tomó en consideración los valores del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) de los pecanos instalados en el predio, y que tienen una influencia directa en la evapotranspiración del cultivo.

## **2.4 Justificación e importancia de la investigación**

### **2.4.1 Justificación**

A nivel de la zona media 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 media del valle de Ica, especialmente en el cultivo de pecano.

### **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 el uso consultivo de los cultivos instalados en la zona media 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, considerando las condiciones de evapotranspiración para el cultivo de pecano (*Carya illinoensis*), en la zona media del Valle de Ica.

### **2.5.2 Objetivo específico**

Analizar la evapotranspiración del cultivo del pecano (*Carya illinoensis*), bajo las condiciones climáticas de la zona media del Valle de Ica, durante el periodo comprendido entre Agosto 2016 y Setiembre del 2017.

## **2.6 Hipótesis de investigación**

### **2.6.1 Hipótesis general**

Mediante los valores de las variables meteorológicas que imperan en la zona media del valle de Ica, así como los valores del coeficiente de cultivo de pecano, se determinara la evapotranspiración del cultivo de pecano, lo que nos permitirá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, para las condiciones de la zona media del valle de Ica.

### **2.6.2 Hipótesis específica**

Mediante los valores de las variables meteorológicas, así como los valores del coeficiente de cultivo del pecano se determinara la evapotranspiración del cultivo mensual y por campaña, lo que nos

permitirá realizar un cálculo adecuado del consumo de agua para las condiciones de la zona media del valle de Ica.

## 2.7 Variables de la investigación

### 2.7.1 Identificación de las variables

#### a. Variables independientes

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

#### b. Variables dependientes

- Evapotranspiración del cultivo de pecano

### 2.7.2 Operacionalización de las variables

#### Cuadro N° 05

#### Variables e indicadores empleados en la determinación de la evapotranspiración del cultivo

VARIABLE	INDICADORES	VALOR FINAL
<b>1.- VARIABLE DE INTERÉS</b> Evapotranspiración del cultivo de pecano en la zona media del Valle de Ica.	- Heliógrafo - Anemógrafo - Termómetro - Higrómetro	- Horas de sol - m/seg - °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 media del valle de Ica.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población de estudio**

La población de estudio, viene a estar constituida por los huertos de pecanos en edad cosechera ubicados en la zona media del valle de Ica.

### **3.2.2 Muestra de estudio**

Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativa de la zona, el cultivo instalado en el predio denominado Bellavista, localizado en el distrito de Pueblo Nuevo. El huerto presenta plantas de pecana (*Carya illinoensis*), var. Mahan, de 15 años de edad, en plena producción. Los frutales se encuentran separados a una distancia de 12.5m por 12.5 uno de otro, en un área de 4.0 Has., aproximadamente. El sistema de riego empleado es por gravedad; asimismo, el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, así como también libre de malezas.

## **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 ( $K_c$ ) de pecano fueron obtenidos de la información proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (F.A.O).

#### **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 Análisis de suelo

Con la finalidad de determinar las características físico-mecánicas y químicas del suelo, correspondiente al campo experimental, donde se ubica el huerto de pecano (*Carya illinoensis*); se procedió a tomar muestras representativas del suelo a una profundidad de 0.30m.

Posterior a la toma de muestra, se procedió al homogenizado y fraccionado de las mismas, hasta obtener una sola muestra con un peso aproximado de 1.0Kg.

Las muestras obtenidas, fueron enviadas al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua del Instituto Valle Grande de Cañete, para su análisis respectivo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las características físico-mecánicas y químicas del suelo.

**Cuadro N° 06**

#### **ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICO DEL SUELO (2017)**

<b>COMPONENTES</b>	<b>NÍVEL 0.00 – 0.30m</b>	<b>MÉTODO USADO</b>
Arenas (%)	17.28	Hidrómetro
Limo (%)	53.86	Hidrómetro
Arcilla (%)	28.86	Hidrómetro
Clase textural	Franco Arcillo-limosa	Triangulo Textural

**Cuadro N° 07**

**ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO (2017)**

PARÁMETRO	NÍVEL	MÉTODO USADO	ÍNDICE
	0.00 - 0.3 <i>um</i>		
Nitrógeno total (%)	0.06	Kjeldhal	Bajo
Fosforo disponible (ppm)	20.99	Olsen	Alto
Potasio disponible ppm	433.60	Acetato de Amonio	Alto
Materia orgánica (%)	1.00	Walkley y Black	Bajo
Carbonato de calcio total (%)	1.00	Gravimétrico	Bajo
Conductividad eléctrica	0.62	Electrométrico	Normal
(ds/m)	7.87	Electrométrico	Lig.
PH		Extractante	Alcalino
Cationes cambiabiles		Acetato de Amonio	
C.I.C meq/100gr	16.93	Calculo Matemático	Medio
Calcio meq/100gr	13.56	F.A.A.S	Medio
Magnesio meq/100gr	2.23	F.A.A.S	Bajo
Sodio meq/100gr	0.05	F.A.A.S	Bajo
Potasio meq/100gr	1.09	F.A.A.S	Bajo

F.A.A.S: Espectrometría de Absorción Atómica por llama.

**5.1.2 Variables a evaluarse**

Las variables que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación fueron los parámetros meteorológicos que se presentaron en la zona de desarrollo del

proyecto; los mismos que fueron obtenidos de la Estación MAP “San Camilo”, perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Ica.

La información brindada corresponde a los meses de Agosto 2016 – Setiembre 2017, en los que se consideraron los siguientes parámetros: Temperatura (°C), Humedad relativa (%), Exposición diaria de sol y Velocidad del viento, correspondientemente.

Los datos obtenidos se detallan a continuación:

### **Datos Meteorológicos**

**Estación:** MAP “SAN CAMILO

**Latitud:** 14°04'23.7”

**Longitud:** 75°42'39.5”

**Altitud:** 419 m.s.n.m.

**Dpto:** Ica

**Prov:** Ica

**Dist:** Parcona

**Cuadro Nº 08**

<b>TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)</b>											
<b>AÑO 2016</b>				<b>AÑO 2017</b>							
<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>
20.5	21.3	23.0	24.0	26.1	27.1	26.9	24.7	22.4	19.4	18.3	18.4

**Cuadro Nº 09**

<b>HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)</b>											
<b>AÑO 2016</b>				<b>AÑO 2017</b>							
<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>
66.74	67.51	65.92	63.00	63.36	59.11	58.28	64.88	70.70	73.46	73.96	73.46

**Cuadro Nº 10**

<b>HORAS DE SOL MEDIA MENSUAL</b>											
<b>AÑO 2016</b>				<b>AÑO 2017</b>							
<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>
7.21	8.58	9.94	9.20	5.03	6.17	4.86	6.85	6.85	6.08	6.52	7.07

**Cuadro N° 11**

<b>VELOCIDAD DEL VIENTO (m/seg)</b>											
<b>AÑO 2016</b>				<b>AÑO 2017</b>							
<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>
2.0	1.9	2.5	2.5	2.2	2.0	2.4	2.3	1.7	1.3	1.8	2.6

### **5.1.3 Fertilización**

Para la fertilización del cultivo de pecano, se utilizó la siguiente fórmula N= 180, P= 120 y K= 80, que corresponden a las siguientes unidades de fertilizantes N= 180, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 276 y K<sub>2</sub>O= 96, las fuentes de fertilizantes fueron: Urea 46% N, Fosfato di Amónico 18% N, 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Sulfato de Potasio 50% K<sub>2</sub>O.

Todos los fertilizantes se aplicaron junto con 50 Kg, de guano de invernada por planta, para permitir una buena mineralización de los fertilizantes y retención de los mismos.

### **5.1.4 Riegos**

El sistema de riego empleado para el campo de cultivo, es por gravedad; utilizando en la mayoría de los casos agua subterránea, captada mediante un pozo tubular, con un caudal aproximado de 40 lit/seg.

**Cuadro N° 12****Cronograma de riegos aplicados al cultivo de pecano en la zona media del valle de Ica**

<b>FECHA DE APLICACIÓN DEL RIEGO</b>	<b>TIEMPO DE RIEGO (HORAS/HA)</b>	<b>VOLUMEN (M<sup>3</sup>/HA)</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
01-09-2016	08	864	
19-09-2016	08	864	
10-10-2016	08	864	
30-10-2016	08	864	
20-11-2016	10	1080	
11-12-2016	10	1080	
30-12-2016	10	1080	
20-01-2017	10	1080	
10-02-2017	10	1080	
31-03-2017	10	1080	
20-04-2017	10	1080	
10-05-2017	10	1080	
30-05-2017	04	432	
19-06-2017	04	432	
11-07-2017	04	432	
30-07-2017	04	432	
19-08-2017	04	432	
<b>Volumen total por campaña</b>		<b>14,256</b>	

### 5.1.5 Metodología para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*)

A continuación se presenta la metodología utilizada para determinar la evapotranspiración del cultivo de pecano, en la zona media del valle de Ica.

#### a. Metodología de cálculo para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), mediante el método estándar de Penman Monteith en la zona media del Valle de Ica.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Dónde:

ET<sub>o</sub>: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/ día)

R<sub>n</sub>: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>2</sup>/día)

R<sub>a</sub>: Radiación extraterrestre (mm/día)

G: Flujo del calor del suelo (MJ m<sup>2</sup>/día)

T: Temperatura media del aire a 2.00m de altura (°C)

u<sub>2</sub>: velocidad del viento a 2.00m de altura (m/seg)

e<sub>s</sub>: Presión de vapor de saturación (kPa)

e<sub>a</sub>: Presión real de vapor de saturación (kPa)

(e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub>): Deficit de presión de vapor (kPa)

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/ °C)

γ: Constante psicrométrica

## **DATOS**

**Estación:** MAP "SAN CAMILO

**Latitud :** 14°04'23.7"

**Longitud** : 75°42'39.5"

**Altitud :** 419 m.s.n.m.

**Dpto.** : Ica

**Prov.** : Ica

**Dist.** : Parcona

## **PARAMETROS METEREOLÓGICOS**

**Mes** : Enero 2017

**Temperatura media :** 26.1°C

**Humedad relativa media** : 63.36%

**Horas de sol diarias** : 5.03

**Velocidad del viento** : 2.2 m/seg

## **DESARROLLO**

1.- Determinación de la pendiente de la curva de presión de vapor ( $\Delta$ ),  
con  $T^{\circ}$  media = 26.1°C y cuadro N° 2.4

$$\Delta = 0.200$$

2.- Cálculo de la constante psicrométrica ( $\gamma$ ), con altitud 419 m.s.n.m. y cuadro N° 2.2

$$\gamma = 0.064$$

3.- Determinación del déficit de presión de vapor ( $e_s - e_a$ )

- Determinación de la presión de vapor de saturación ( $e_s$ ) con temperatura media = 26.1°C y cuadro N° 2.3

$$E_s = 3.381$$

- Determinación de la presión real de vapor ( $e_a$ )

$$E_a = e_s \frac{HR}{100} = 3.381 \times 0.6336 = 2.142$$

4.- Determinación de la radiación neta ( $R_n$ )

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$R_{ns}$  = albedo y radiación solar neta

$R_{nl}$  = radiación neta de onda larga

4.1 Determinación de  $R_{ns}$

$$R_{ns} = 0.77 R_s$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 u/N) R_a$$

a. Cálculo de la Radiación extraterrestre ( $R_a$ ), con Latitud

14°04'23.7" y cuadro N° 2.6

$$R_a = 40.6 \text{ MJ m}^2/\text{día}$$

b. Cálculo de  $n/N$

$$n = 5.03$$

con Latitud 14°04'23.7" y cuadro N° 2.7

$$N = 12.7$$

$$\frac{n}{N} = \frac{5.03}{127} = 0.396$$

c. Cálculo de  $R_s$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \times 0.396) 40.6 = 18.189$$

d. Determinación de  $R_{ns}$

$$R_{ns} = 0.77 R_s$$

$$R_{ns} = 0.77 \times 18.189 = 14.005$$

#### 4.2 Determinación de $R_{nl}$

a. Cálculo del término  $(1.35 \times R_s/R_{so}) - 0.35$

$$R_{so} = 0.75004 \times R_a = 0.75004 \times 40.6 = 30.45$$

$$\frac{R_s}{R_{so}} = \frac{18.189}{30.45} = 0.597$$

$$(1.35 \times R_s/R_{so}) - 0.35 = (1.35 \times 0.597) - 0.35 = 0.455$$

b. Cálculo del término  $(0.34 - 0.14 \sqrt{ea})$

$$(0.34 - 0.14 \sqrt{2.142}) = 0.135$$

c. Cálculo del término  $\alpha TK_4$  con temperatura media = 26.1 °C y

cuadro N° 28

$$\alpha TK_4 = 39.32 \text{ MJm}^2/\text{día}$$

d.- Determinación de  $R_{nl}$

$$R_{nl} = 0.455 \times 0.135 \times 39.32 = 2.415$$

#### 4.3 Cálculo de la radiación Neta

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_n = 14.005 - 2.415 = 11.59 \text{ MJm}^2/\text{día}$$

#### 5.- Determinación del flujo de calor del suelo (G)

$$G = 0.14 (T^{\circ} \text{ mes} - T^{\circ} \text{ mes} - 1)$$

$$G = 0.14 (26.1 - 24.0) = 0.294$$

#### 6.- Determinación de $R_n - G$

$$R_n - G = 11.59 - 0.294 = 11.296$$

#### 7.- Ajuste de la velocidad del viento

$$V. \text{ viento} = 2.2 \text{ m/seg} \times 0.725 = 1.595 \text{ m/seg}$$

#### 8.- Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia

( $ET_o$ )

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

$$ET_o = \frac{0.408 \times 0.200 (11.296) + \frac{0.064 \times 900}{26.1 + 273} (1.595) (1.239)}{0.200 + 0.064(1 + 0.34 \times 1.595)}$$

$$ET_o = 4.37 \text{ mm/día}$$

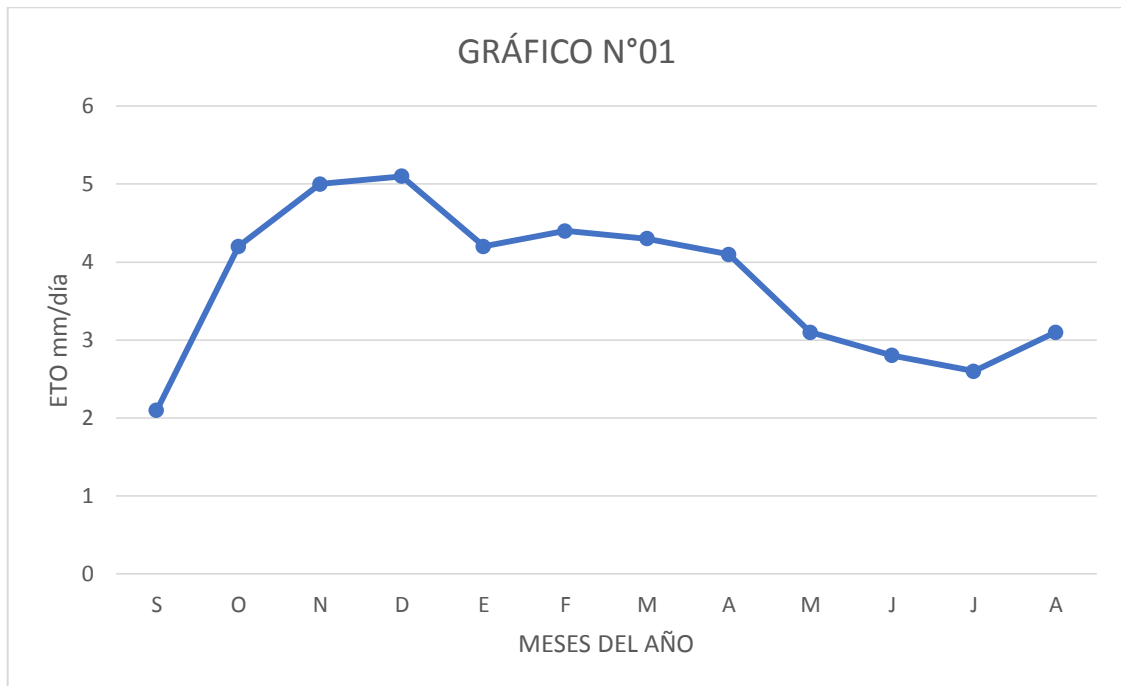
**Cuadro N° 13**

**Valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ), mediante el método estándar de Penman – Monteith, en la zona media del valle de Ica**

<b>Meses</b>	<b><math>ET_o</math> (mm/día)</b>
<b>Setiembre</b>	3.50
<b>Octubre</b>	4.33
<b>Noviembre</b>	5.07
<b>Diciembre</b>	5.18
<b>Enero</b>	4.37
<b>Febrero</b>	4.75
<b>Marzo</b>	4.47
<b>Abril</b>	4.10
<b>Mayo</b>	3.20
<b>Junio</b>	2.53
<b>Julio</b>	2.34
<b>Agosto</b>	3.07

## GRAFICO N° 01

Valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO) mediante el método estándar de Penman\_montith en la zona media del valle de Ica



**b. Cálculo de los coeficientes (Kc) del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*) para la zona media del Valle de Ica**

**COEFICIENTES DEL CULTIVO (Kc) DE PECANA SEGÚN LAS ETAPAS DE DESARROLLO EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.**

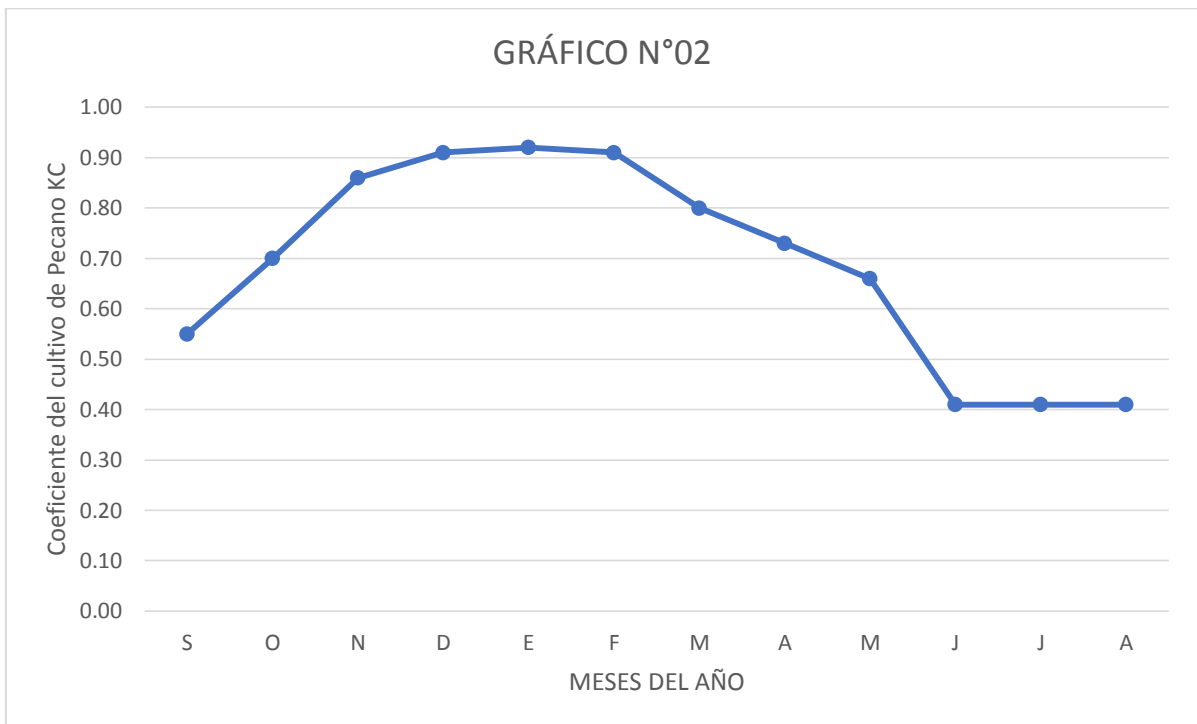
**Cuadro N° 14**

**Valores del coeficiente (Kc) del cultivo de pecana para la zona media del Valle de Ica.**

<b>Meses</b>	<b>Coeficiente del cultivo (Kc)</b>	<b>Etapas de desarrollo del cultivo</b>
<b>Setiembre</b>	0.55	Inicial
<b>Octubre</b>	0.70	Desarrollo
<b>Noviembre</b>	0.85	Desarrollo
<b>Diciembre</b>	0.90	Mediados de temporada
<b>Enero</b>	0.90	Mediados de temporada
<b>Febrero</b>	0.90	Mediados de temporada
<b>Marzo</b>	0.80	Final de temporada
<b>Abril</b>	0.75	Final de temporada
<b>Mayo</b>	0.65	Final de temporada
<b>Junio</b>	0.40	Agoste
<b>Julio</b>	0.40	Agoste
<b>Agosto</b>	0.40	Agoste

## GRAFICO N° 02

Valores del coeficiente del cultivo (kc) del pecano para la zona media del valle de Ica.



c. Determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano  
(*Carya illinoensis*) para la zona media del Valle de Ica

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET<sub>c</sub>) DE PECANO SEGÚN LAS  
ETAPAS DE DESARROLLO PARA LA ZONA MEDIA DEL VALLE DE ICA.

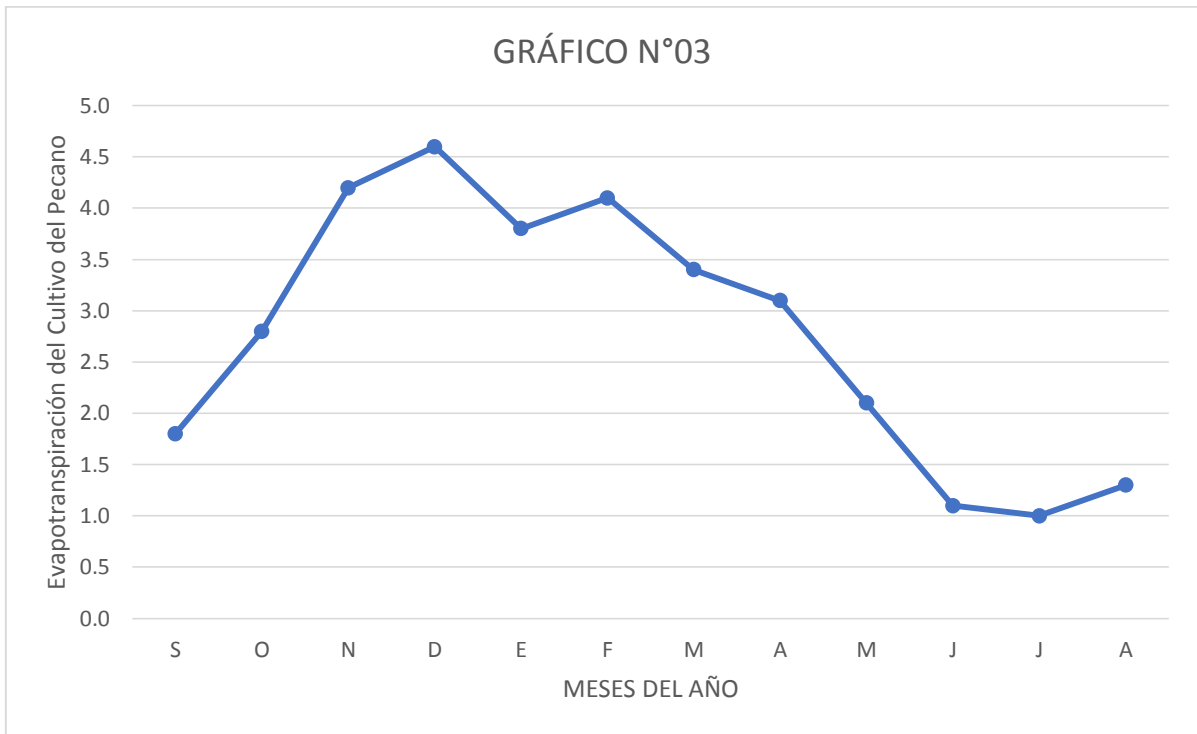
Cuadro N° 15

Valores de la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) del pecano para la zona  
media del valle de Ica

Meses	Evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> ) mm/día	Etapas de desarrollo del cultivo
Setiembre	1.93	Inicial
Octubre	3.03	Desarrollo
Noviembre	4.31	Desarrollo
Diciembre	4.66	Mediados de temporada
Enero	3.93	Mediados de temporada
Febrero	4.28	Mediados de temporada
Marzo	3.58	Final de temporada
Abril	3.08	Final de temporada
Mayo	2.08	Final de temporada
Junio	1.01	Agoste
Julio	0.936	Agoste
Agosto	1.23	Agoste

### GRAFICO N° 03

Valores del evapotranspiración del cultivo (ET<sub>o</sub>) del pecano para la zona media del valle de Ica.



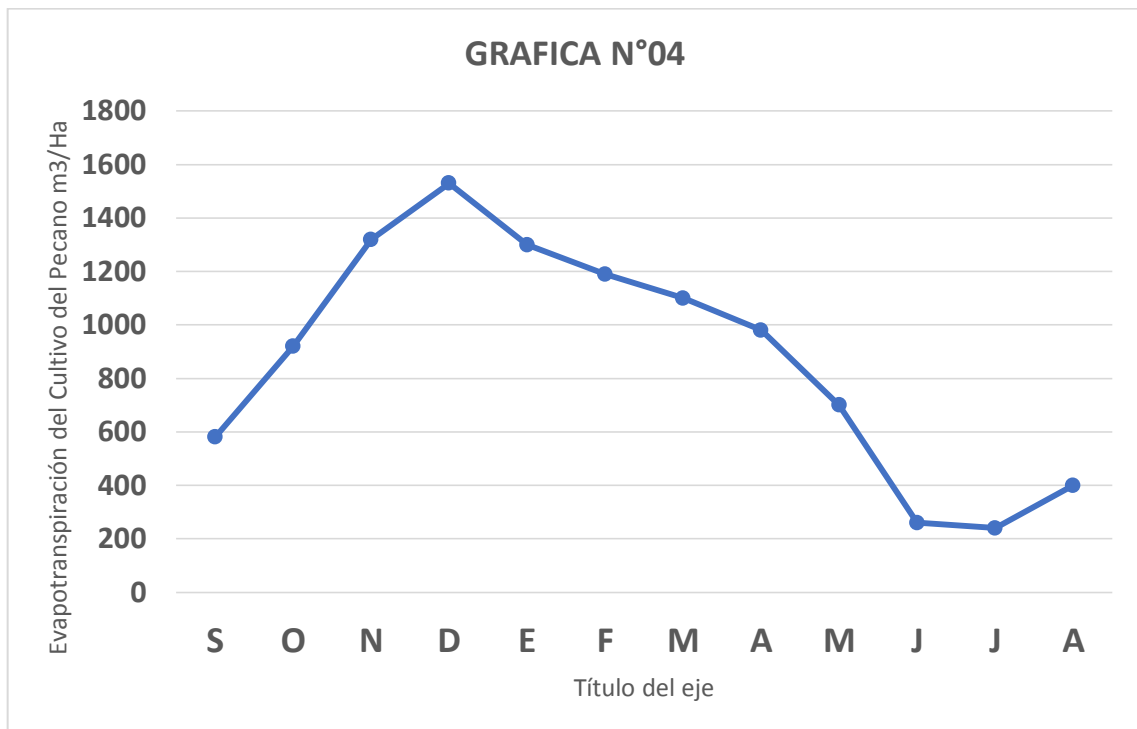
**Cuadro N° 16**

**Valores de la Evapotranspiración del cultivo (ETc) de pecano en m<sup>3</sup>/Ha/mensual y por campaña para la zona media del valle de Ica.**

<b>Meses</b>	<b>Evapotranspiración del cultivo (ETc) (m<sup>3</sup>/Ha/día)</b>	<b>Evapotranspiración del cultivo (ETc) (m<sup>3</sup>/Ha/mes)</b>
Setiembre	19.3	579.0
Octubre	30.3	939.3
Noviembre	43.1	1,293.0
Diciembre	46.6	1,444.6
Enero	39.9	1,236.9
Febrero	42.8	1,198.4
Marzo	35.8	1,109.8
Abril	30.8	924.0
Mayo	20.8	644.8
Junio	10.1	303.0
Julio	9.36	290.2
Agosto	12.3	381.3
<b>Total</b>		<b>10,344.3</b>

### GRAFICO N° 04

Valores del evapotranspiración del cultivo (ET<sub>o</sub>) del pecano m<sup>3</sup>/Ha mensual y por campaña para la zona media del valle de Ica.



## **5.2 Discusión de resultados**

De los resultados obtenidos para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano, para las condiciones de suelo, agua y climáticas de la zona media del Valle de Ica, conducidos bajo el sistema de riego por gravedad, se puede afirmar que los resultados han sido los adecuados para el buen desarrollo del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*).

### **5.2.1 Análisis físico – mecánico y químico del suelo**

De acuerdo al análisis físico mecánico (Cuadro N° 06), demuestra que el terreno de cultivo presenta una textura franco arcillo limosa, que son muy buenas para el desarrollo y producción del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*), además de presentar una buena retención de humedad en la zona de raíces.

Con respecto al análisis químico, el terreno presenta una reacción ligeramente alcalina, bajo en contenido de nitrógeno total, así como de materia orgánica, bajo en calcáreo total y una conductividad eléctrica normal, lo que permitirá un buen desarrollo del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*), no habiendo ninguna restricción con respecto al contenido de sales en el suelo.

En relación al contenido de fósforo y potasio disponibles en el suelo, estos elementos mayores se encuentran en un nivel alto en el terreno de cultivo, pero su fertilidad química representada por la capacidad de intercambio catiónico es media, por lo que se debe aplicar materia orgánica y arcilla bentonita para incrementar su fertilidad química.

### **5.2.2 Factores climáticos**

Con respecto a los factores climáticos (Cuadros N° 08, 09,10 y 11), que influyen en el desarrollo del cultivo de pecano (*Carya illinoensis*), se puede afirmar que estos han sido los adecuados para el desarrollo del cultivo; con respecto a la temperatura media mensual, estas han tenido una variación de 18.3°C, presentada en el mes de Julio, hasta 27.1°C en el mes de Febrero. Así mismo, la humedad relativa ha tenido una variación de 58.28% en el mes de marzo, hasta 73.96% presentada en el mes de Julio.

Para el caso de las horas de sol diarias que se han dado durante el periodo de ejecución del proyecto, se tiene que se ha presentado una variación de 4.86 horas diarias en el mes de marzo, hasta 9.94 horas diarias presentada en el mes de Noviembre.

La velocidad del viento ha tenido una variación de 1.3 m/seg, durante el mes de Junio, hasta 2.6 m/seg presentada en el mes de Agosto.

### **5.2.3 Evapotranspiración del cultivo (ETc) (*Carya illinoensis*)**

Con respecto a la evapotranspiración del cultivo de pecano, 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, recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (F.A.O), así como de los coeficientes del cultivo de pecano para las condiciones de la zona media del Valle de Ica.

Los valores mensuales de la evapotranspiración del cultivo de pecano para las condiciones de la zona media del Valle de Ica, han tenido una variación de 290.2m<sup>3</sup>/Ha, correspondiente al mes de Julio, que es la etapa en que la especie entra en estado de agoste, hasta 1,444.60 m<sup>3</sup>/ha, presentada en el mes de Diciembre y corresponde a la etapa de desarrollo del cultivo de pecano, siendo la evapotranspiración del cultivo de pecano por campaña de 10,344 m<sup>3</sup>/ha.

- Como se puede apreciar en el gráfico N° 01 de los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) mediante el método estándar de Penman – Monteith, obtenidos para la zona media del Valle de Ica, los valores más altos corresponden a los meses de Noviembre y Diciembre, con valores ET<sub>o</sub> = 5.07 mm/día y 5.18 mm/día respectivamente y los valores más bajos corresponden a los meses de Junio y Julio con valores ET<sub>o</sub> = 2.53 y Eto = 2.34 mm/día.
- En el gráfico N° 02, se aprecia que con respecto a los valores del coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) del pecano, para la zona media del Valle de Ica, se puede observar que el coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) en la etapa de inicio es de 0.55 al mes de setiembre y los valores del coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) más altos corresponden a la etapa de mediados de temporada, con valores de 0.30 y presentándose en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, y los valores más bajos del coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>), son de 0.40, correspondiente a la etapa de agoste del cultivo y se presenta en los meses de Junio, Julio y Agosto.

- En relación a la evapotranspiración del cultivo (ETc), del pecano, para la zona media del valle de Ica (gráfico N° 03), se puede observar que en la etapa inicial del cultivo, correspondiente al mes de Setiembre, se tiene un valor de la evapotranspiración del cultivo (ETc), de 1.93 mm/día, presentándose los máximos valores en la etapa de mediados de temporada con valores de 4.66 mm/día y 4.28 mm/día, correspondiente a los meses de Diciembre y Febrero respectivamente.
- Con respecto a los valores de la evapotranspiración del cultivo (ETc) de pecano en m<sup>3</sup>/Ha y por campaña para la zona media del valle de Ica, se puede observar que en la etapa de inicio, la evapotranspiración del cultivo ha sido de 579.00m<sup>3</sup>/Ha y los valores mas altos de la evapotranspiración del cultivo se han presentado en los meses de Noviembre y Diciembre con valores de 1293.0 m<sup>3</sup>/Ha respectivamente, correspondiendo los valores más bajos en la etapa de agoste del cultivo con valores de 303.0 m<sup>3</sup>/Ha y 290.2 m<sup>3</sup>/Ha en los meses de Junio y Julio respectivamente.

## **CAPITULO VI**

### **COMPROBACION DE HIPOTESIS**

#### **6.1 Contratación de la hipótesis general**

Con los valores de las variables hidrometeorológicas que imperan en la zona media del valle de Ica, así como los valores del coeficiente de cultivo, se han obtenido los valores de la evapotranspiración del cultivo de pecano para las condiciones de la zona media del Valle de Ica, lo que nos permitirá realizar un manejo adecuado del recurso hídrico en la conducción del cultivo de pecano para las condiciones de la zona media del valle de Ica.

#### **6.2 Contratación de la hipótesis específica**

Mediante los valores de las variables meteorológicas, así como los valores del coeficiente del cultivo de pecano, se ha obtenido la evapotranspiración del cultivo mes a mes y por campaña, lo que nos ha permitido calcular el consumo de agua por el cultivo de pecano para las condiciones de la zona media del valle de Ica.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación para la determinación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) de pecano, para las condiciones de suelo, agua y climáticos de la Zona Media del Valle de Ica, se concluye en lo siguiente:

- 1.- El sistema de conducción que se está realizando en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis*), en cuanto al manejo del suelo, fertilizantes, riesgos, control de plagas y enfermedades han sido los más adecuados.
- 2.- Con respecto a la fertilidad química del suelo, este no presenta restricción alguna para un buen desarrollo del cultivo de pecano, pero se tiene que realizar aplicaciones de arcilla bentonita y materia orgánica para incrementar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, así como el contenido de materia orgánica, ya que con respecto a la salinidad del mismo y contenido de fosforo y potasio disponible, estos están en un nivel alto, así mismo, el pH del suelo es ligeramente alcalino, no presenta restricción alguna para la asimilación de los nutrientes del suelo.
- 3.- Las condiciones meteorológicas que se presentaron a lo largo del desarrollo del cultivo de pecano, han sido las más adecuadas para el buen desarrollo del mismo.
- 4.- De los resultados obtenidos para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano para las condiciones de la zona media del Valle de Ica, estos han sido los adecuados, pues se ha seguido la metodología recomendada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y

Alimentación (F.A.O), siendo el valor obtenido de 10,344.3 m<sup>3</sup>/Ha por campaña.

- En el mes Setiembre, correspondiente a la etapa inicial del cultivo de pecano, se tuvo una evapotranspiración del cultivo de 19.3m<sup>3</sup> por día y 579.00m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de octubre, que corresponde a la etapa de desarrollo, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 30.3 m<sup>3</sup>/día, y 939.3 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Noviembre, que corresponde a la etapa de desarrollo, la evapotranspiración del cultivo de pecano ha sido de 43.10 m<sup>3</sup> /día y 1293.00 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Diciembre, que corresponde a la etapa de mediados de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano ha sido de 46.6 m<sup>3</sup>/día y 1444.6 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Enero, correspondiente a la etapa de mediados de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 39.9 m<sup>3</sup>/día y 1236.9 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Febrero, que también corresponde a la etapa de mediados de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 42.8 m<sup>3</sup>/día y 1198 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de marzo, que corresponde a la etapa de final de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 35.8 m<sup>3</sup>/día y 1109.8 m<sup>3</sup> mensual.

- En el mes de Abril que también corresponde a la etapa de final de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 30.8 m<sup>3</sup>/día y 924 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Mayo, que también corresponde a la etapa de final de temporada, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 20.8 m<sup>3</sup>/día y 644.8 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Junio, que corresponde a la etapa de agoste, se tiene una evapotranspiración del cultivo de pecano de 10.1 m<sup>3</sup> /día y 303.0 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Julio, que también corresponde a la etapa de agoste, la evapotranspiración del cultivo de pecano de 9.36 m<sup>3</sup> /día y 290.2 m<sup>3</sup> mensual.
- En el mes de Agosto, que también corresponde a la etapa de agoste, la evapotranspiración del cultivo de pecano ha sido de 12.3 m<sup>3</sup> /día y 381.3 m<sup>3</sup> mensual.

## **CAPITULO VIII**

### **RECOMENDACIONES**

- 1.- Continuar con las investigaciones en el cultivo de pecano, en las diferentes áreas, pues es un cultivo que últimamente está alcanzando mucha importancia entre los agricultores por la buena producción y calidad de sus productos, aceptados tanto a nivel nacional, como internacional.
- 2.- Con respecto al consumo de agua por el cultivo de pecano, se tienen que continuar las investigaciones para determinar la evapotranspiración del cultivo de pecano, como una manera de mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego, por ser el recurso hídrico muy escaso en la zona del Valle de Ica.
- 3.- Continuar con las investigaciones para la determinación de la evapotranspiración de los diversos cultivos que se desarrollan en las diversas zonas del país, utilizando la metodología de Penman-Monteith, por ser el único método recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O).
- 4.- Promover estas investigaciones entre los agricultores de la Zona del Valle de Ica, como una manera de que conozcan y utilicen la metodología para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano y de otros cultivos.

## **CAPITULO IX**

### **FUENTES DE INFORMACION**

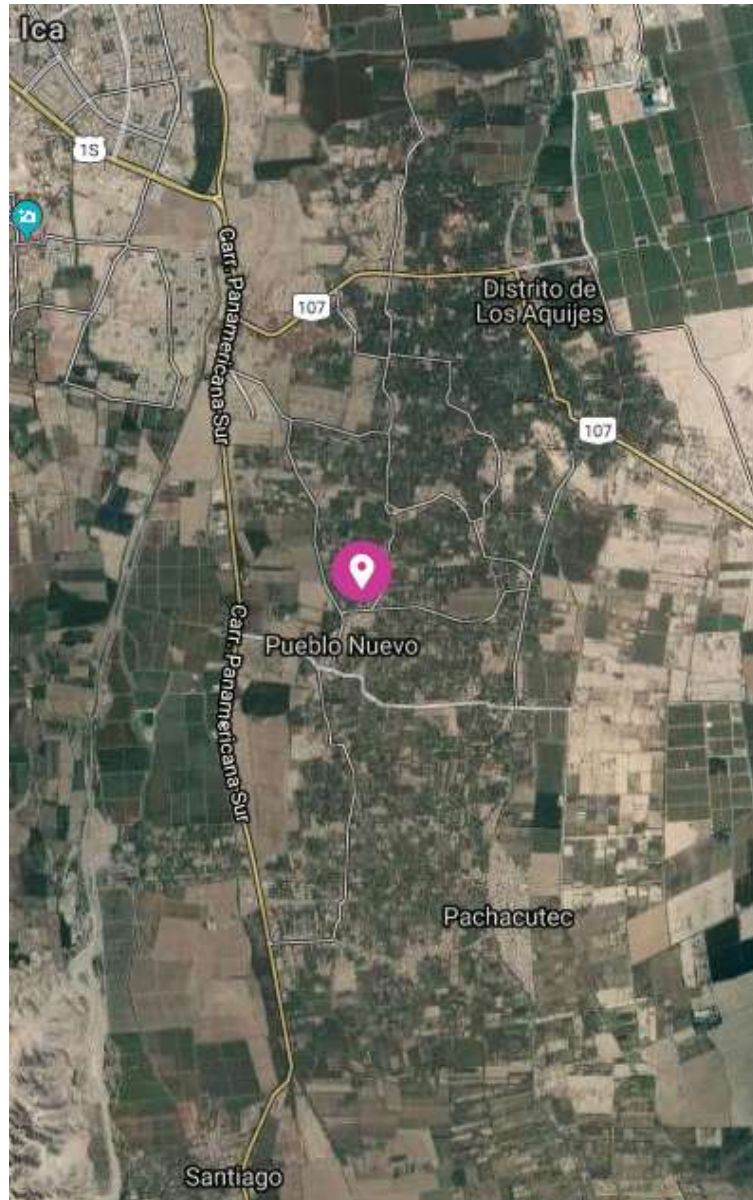
1. ALMEYDA V. CABRERA C. (2001). Incidencia de los factores climáticos sobre la evotranspiración del cultivo de referencia (ETo) en las zonas de los valles de Ica y pampa de Villacurí. Informe de investigación. Facultad de Agronomía - UNICA.
2. BOSWELL M. (1995) , Micro-irrigación design manual publicación de Hardie.
3. Dorenbos J. y Pruit W.Q. (1989). Necesidades de agua para los cultivos. Roma, organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
4. De Paco J. (1993). Fundamento de cálculo hidráulico en los sistemas de riego y de drenaje. Editorial Mundiprensa. España.
5. Keller. J. (1993). Manual de diseño de sistema de riegos por aspersión y goteo , Internacional irrigation center.
6. Medina San Juan J, (1994). Riego por goteo. Editorial Mundiprensa .España.
7. Moya T. (1994). Riegos localizados y ferti-irrigación. Editorial Mundiprensa. España.
8. Pizarro F. (1980). Riegos localizados de alta frecuencia. Editorial Mundiprensa. España.
9. Sociedad Química y Minerales de Chile, Soquimich (SQM) (2002). LIBRO AZUL, Manual básico de fertirriego. Chile.
10. Veirmeren L. y Joblin B.A. (1980). Riego localizado, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

11. F.A.O. (2006) "Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos". Roma.
12. National Nutrient Database for Standard Reference. (2016). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
13. Mexal J. G y Herrera E. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de nuez en la Región del Noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos.
14. González G y Cervantes, E. Chávez-Ramírez, et al. (2012) Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego en nogal pecanero. México.
15. Rodríguez, et al. (2010). INDICES DE VEGETACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DE NOGAL (*Carya illinoensis* K. Koch) EN LA COSTA DE HERMOSILLO, XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. México.

# **ANEXOS**

## MAPA N°01

Mapa de ubicación del campo experimental (Dsto. Pueblo Nuevo)



**CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL EN ESTADO DE DORMANCIA  
(AGOSTO 2017)**



**CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL EN ESTADO DE  
FRUCTIFICACION (MAYO 2017)**



## TOMA DE MUESTRA DE SUELO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL

