

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO DE GRANADO
(Punica granatum L.) BAJO SISTEMA DE FERTIRRIGACION EN LA ZONA BAJA
DEL VALLE DE ICA”**

TESIS:

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO

PRESENTADO POR:

JUNCHAYA BUENDIA, KAREN PATRICIA DEL CARMEN

MEDINA RUPAY, SUHEY ODALIZ

ICA-PERÚ

2019

INDICE

RESUMEN	1
SUMARY	3
INTRODUCCION	5
CAPITULO I	6
MARCO TEORICO	6
1. Antecedentes del problema de investigación	6
1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	6
1.2. Antecedentes a nivel local	7
1.3. Bases teóricas de la investigación	8
1.3.1. Sobre el cultivo de granado según Ministerio de cultura (2011)	8
1.3.2 Sobre el diseño agronómico de su sistema de riego. De acuerdo con J. Keller (1983).....	10
CALCULO DEL USO CONSUNTIVO DIARIO DE UN CULTIVO REGADO POR GOTEO. SEGÚN J. KELLER (1983)	13
1.3.3 Concepto de evapotranspiración. Según FAO (2006)	16
1.3.4 Evaporación. Según FAO (2006).....	17
1.3.5 Transpiración. De acuerdo con FAO (2006)	18
1.3.6 Factores que afectan la evapotranspiración. Según FAO (2007)	19
1.3.7 Tipos de evapotranspiración. Según FAO (2007)	22
1.3.8 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc). Según FAO (2006).....	24
1.3.9 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETcaj) 25	25
1.4 Marco conceptual	25
1.4.1 Concepto de evapotranspiración. –.....	25
1.4.2 Concepto de evaporación. –.....	26
1.4.3 Concepto de transpiración. –.....	26
CAPITULO II	26
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	26
2.1 Situación problemática	26
2.2 Formulación del problema general y específico.....	27
2.2.1 Problema general	27

2.2.2. Problema específico.....	27
2.3 Delimitación del problema.....	27
2.3.1 Delimitación espacial o geográfica.....	27
2.3.2 Delimitación temporal	27
2.3.3 Delimitación conceptual	28
2.4 Justificación e importancia de la investigación.....	28
2.4.1 Justificación.....	28
2.4.2 Importancia.....	28
2.5 Objetivo de la investigación.....	29
2.5.1 Objetivo general.....	29
2.5.2 Objetivo específico.....	29
2.6 Hipótesis de investigación	29
2.6.1 Hipótesis general.....	29
2.6.2 Hipótesis específica.....	29
2.7 Variables de investigación	29
2.7.1 Identificación de las variables.....	29
2.7.2 Operacionalización de las variables.....	30
CAPITULO III.....	31
ESTRATEGIA METODOLÓGICA (METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN)	31
3.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación	31
3.1.1 Tipo de investigación.....	31
3.1.2 Nivel de investigación.....	31
3.1.3 Diseño de investigación	31
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
3.2.1 Población de estudio.....	31
3.2.2 Muestra de estudio	31
CAPITULO IV.....	32
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	32
4.1 Técnicas de recolección de datos.....	32
4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	32
CAPITULO V.....	33
PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33

5.1	Presentación e interpretación de los resultados.....	33
5.1.1	Variables a evaluarse	53
5.1.2	U2: velocidad del viento a 2.00m de altura (mm/seg). Fertilización	55
5.1.3	Metodología para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de granado	56
5.2	Discusión de resultados	60
5.2.1	Evapotranspiración del cultivo de referencia	60
5.2.2	Coeficiente del cultivo (Kc) para el granado.	60
5.2.3	Uso consuntivo del cultivo de granado conducido bajo sistema de fertirrigación	61
CAPÍTULO VI.....		61
COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS		61
6.1	Contratación de la hipótesis general.....	61
6.2	Contratación de la hipótesis específica	62
CAPITULO VII.....		63
CONCLUSIONES		63
CAPITULO VIII.....		65
RECOMENDACIONES		65
CAPITULO IX.....		66
FUENTES DE INFORMACIÓN		66
ANEXO		68
MATRIZ DE CONSISTENCIA		68

RESUMEN

El presente trabajo de tesis: "determinación del uso consuntivo del cultivo de granada (*Punica granatum L.*)" bajo el sistema de fertirrigación en la zona baja del valle de Ica, se ha realizado como una manera de ayudar y capacitar a los agricultores de la zona baja del valle de Ica en el manejo eficiente del recurso hídrico, mediante el manejo de sistemas de fertirrigación e incrementar su eficiencia de uso e incrementar la producción y calidad del cultivo de granado.

Para ello se ha utilizado los valores de las variables meteorológicas de la estación MAP "Santiago", utilizando la ecuación de Penman-Monteith y las características químicas del suelo y del agua de riego, así como del cultivo de granado.

Con respecto a la fertilidad química del suelo, este no presenta restricción alguna para un buen desarrollo del cultivo de granado, pues la salinidad en el suelo no es problema para su buen desarrollo.

Las condiciones meteorológicas que se presentan a lo largo del desarrollo del cultivo de granado han sido adecuadas, lo que nos ha permitido determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) utilizando la metodología de Penman-Monteith, así mismo se ha determinado los valores del coeficiente de cultivo (K_c) del granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

Finalmente, con los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), con los valores del coeficiente de cultivo (K_c) en función de las etapas de desarrollo del cultivo de granado para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica, obteniéndose un valor de 4,150.84 m³/ha por campaña, conducidos bajo

sistema de fertirrigación, lo que permitirá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico.

PALABRAS CLAVE

-Uso consuntivo.

-Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o).

-Coeficiente de cultivo (K_c).

SUMMARY

The present thesis work: "Determination of the Consumptive Use of Pomegranate Cultivation (*Punica granatum* L.)" Under the fertigation system in the lower area of the Ica Valley, has been carried out as a way to help and train suppliers of the lower area of the Ica Valley in the efficient management of water resources, through the management of fertigation systems and increase the efficiency of use and increase the production and quality of the pomegranate crop.

For this, the values of the meteorological variables of the MAPA "Santiago" station have been used, using the Penman-Monteith equation and the characteristics of the soil and irrigation water characteristics, as well as the pomegranate cultivation.

With respect to the chemical fertility of the soil, this does not present any restriction for a good development of the pomegranate crop, since the salinity in the soil is not a problem for its good development.

The weather conditions that occur throughout the development of the pomegranate crop have been adequate, which has allowed us to determine the evapotranspiration of the reference crop (ET_o) using the Penman-Monteith methodology, likewise it has been determined the values of the cultivation coefficient (K_c) of the pomegranate for the conditions of the lower area of the Ica valley.

Finally, with the values of the evapotranspiration of the reference crop (ET_o), with the values of the cultivation coefficient (K_c) as a function of the stages of development of the pomegranate crop for the conditions of the Lower Zone of the

Ica Valley, obtaining a value of 4,150.84 m³ / ha per season, conducted under a fertirrigation system, which will allow an efficient management of the water resource.

KEYWORDS

- Use consumptive.
- Evapotranspiration of the reference crop (ET_o).
- Coefficient of cultivation (K_c).

INTRODUCCION

El recurso hídrico se ha convertido en la actualidad como el factor limitante de la producción de los cultivos en diversas partes del mundo, por la escasez que se presenta, debido a la contaminación ambiental y el cambio climático, siendo el departamento de Ica una de las zonas más afectadas.

En el valle de Ica se cultivan diversas variedades de cultivos, como hortalizas y frutales que tienen mucha acogida en el mercado interno como externo, por su gran producción y calidad de los productos, lo que genera mayores ingresos a los agricultores de esta zona, siendo el cultivo de granado uno de los cultivos que está tomando mucha importancia entre los agricultores de la zona baja del valle de Ica, por las grandes producciones que se obtienen, como por la gran calidad de los productos obtenidos.

El cultivo de granado es conocido desde muchos años atrás, su cultivo se ha realizado tradicionalmente en la zona de oriente medio, extendiéndose por el medio de Asia y el Mediterráneo.

Actualmente su cultivo se ha extendido por los cinco continentes, presentando unas excepcionales expectativas de cultivo debido a su rentabilidad y a la posibilidad de cultivarlo en zonas áridas con menores requerimientos hídricos que otros cultivos, siendo capaz de vegetar y producir en condiciones en las que otras frutales más importantes no lo harían de manera rentable. Es por estas consideraciones que se hace necesario usar las técnicas y conocimientos para optimizar el uso del recurso hídrico, realizando un cálculo adecuado del requerimiento hídrico del cultivo de granado en la zona baja del valle de Ica.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1. Antecedentes del problema de investigación

1.1. Antecedentes a nivel internacional

GONZALES Y CHAVEZ (2012), realizaron el estudio; “Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego de granada”. 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 pacanero, mediante la determinación de la evapotranspiración para este cultivo. Para ello realizaron la comparación e 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), 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 en la producción de 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 80kg de nuez/ha (Samani et al.,2007).

RODRIGUEZ, ET AL., (2010) México, en su trabajo de investigación “**Índices de vegetación y evapotranspiración de nogal pacanero (*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.

1.2. Antecedentes a nivel local

JORDAN Y TIPISMANA (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°2

Resultados de trabajo de investigación de Jordan y Tipismana.

(2017)

Meses	Evapotranspiración del cultivo (ETc) mm/día
Septiembre	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

1.3. Bases teóricas de la investigación

1.3.1. Sobre el cultivo de granado según Ministerio de cultura (2011)

a) Clasificación taxonómica

Nombre científico \longrightarrow Punica granatum L.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Lythraceae
Genero	Punica
Especie	Punica Granatum L.

b) Morfología

- Porte: pequeño árbol caducifolio, con porte arbustivo de 3 a 6m de altura, con el tronco retorcido. Madera dura y corteza escamosa de color grisáceo las ramitas jóvenes son más o menos cuadrangulares o angostas.
- Sistema radicular: raíz nudosa consistente con corteza rojiza que lleva un alcaloide llamado peletierina
- Hojas: son de color verde brillante, lustrosas por el haz y con el borde entero. Nacen opuestas o casi opuestas sobre las ramas o bien agrupadas formando hacecillos
- Flores: hermafroditas, solitarias o reunidas en grupos de 2 a 5 al final de las ramas nuevas y 3 a 4cm de diámetro. Son grandes y de color rojo.
- Frutas: es una baya globosa denominada balausta de color rojo brillante, verde amarillento o blanquizca rara vez violeta cuando madura, estando coronado por el cáliz de 5 a 8cm de diámetro, lleno de semillas y cuenta con una cascara coriácea.
- Las semillas: son angulares y duras por dentro, la capa externa de la testa está cubierta por una capa delgada o pulpa jugosa, roja, rosada o blanca amarillenta, astringente, sub-acido o acida.

c) Exigencias en clima y suelo según Ministerio de Agricultura (2011)

1. Exigencias en el clima:

El clima que más conviene al granado es el clima subtropical e incluso el tropical. Los mejores frutos se obtienen en la zona subtropical, en donde el periodo de temperaturas elevadas coincide con la época de maduración de las granadas.

El granado exige mucha agua y frescura para sus raíces y solamente en estas condiciones es cuando da muchos frutos de buena calidad, al mismo tiempo soporta bien la sequía.

El granado es muy sensible a las heladas tardías a partir de la entrada en vegetación. Prefiere más bien un buen clima templado e incluso caluroso que los relativamente fríos. Debido a su retraso vegetativo de floración, corre peligro de que las flores se vean afectadas por las heladas tardías de primavera, en pleno invierno resiste temperaturas inferiores a las -7°C .

2. Exigencias en el suelo:

El granado no es exigente en el suelo. Sin embargo, da mejores resultados en suelos profundos, les conviene la tierra aluvión. Los terrenos alcalinos le son favorables, incluso los excesos de humedad favorecen su desarrollo. El suelo ideal debe ser ligero, permeable, profundo y fresco le es indiferente la alcalinidad o acidez del suelo. En las tierras de regadío, sus necesidades hídricas son muy reducidas y de abusar de los riegos poco antes de entrar los frutos en envero puede causar su agrietamiento.

1.3.2 Sobre el diseño agronómico de su sistema de riego. De acuerdo con J. Keller (1983)

Menciona que el diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, y en un sistema de riego por goteo no es excepción. Es la parte en que los errores tienen consecuencias graves; de nada sirve unos afinado cálculos hidráulicos o una perfecta elección de los automatismos si se parte de un diseño agronómico equivocado, cuya consecuencia es, por ejemplo, la salinización del suelo por falta de

lavados o la insuficiencia en el volumen del suelo humedecido por instalar un número y/o tipo equivocado de emisores.

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

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

El diseño agronómico se desarrolla en dos fases:

a) Cálculos de las necesidades de agua

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

Evapotranspiración actual (ETA). -

Es el uso potencial del agua por los cultivos agrícolas incluyendo la evaporación directa de la humedad del suelo y la transpiración de las plantas húmedas, este concepto es equivalente a la evapotranspiración del cultivo (ETc), que viene a ser el producto de

la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}) por el coeficiente de cultivo (K_c).

Evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}). -

En la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes (generalmente pasto), es estado activo de crecimiento y con un suministro continuo y adecuado de humedad; también se le denomina evapotranspiración potencial, esta se puede obtener mediante métodos empíricos basados en datos meteorológicos y utilizando las ecuaciones de Penman, Blaney – Criddle, etc. O a través de tanques evaporímetros de tipo A.

Coeficiente de cultivo (K_c). -

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

b) Determinación de la dosis, frecuencias y tiempo de riego, numero de emisores por planta y caudal emisor.

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

- Calculo de la evapotranspiración de referencias (E_{To}): el cálculo de la E_{To} no presenta diferencias respecto al riego convencional por gravedad, pudiendo utilizar diferentes métodos.

- Elección del coeficiente del cultivo (K_c): indica el grado de desarrollo del cultivo, este se elige en función del cultivo a instalar.

- Cálculo de la evapotranspiración actual (ETA): se calcula igual que en sistemas de riego por gravedad, en el cual: $ETA = ETo \cdot Kc$

- Efectos de localización: se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la ETA por el “efecto de localización”. Entre los seleccionados por ser prácticos son los que se basan en la fracción de área sombreada por el cultivo, y se puede obtener mediante la ecuación debida a Keller.

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

Donde:

- PS = Porcentaje de sombreado de la planta en relación de su área de influencia para un máximo desarrollo del cultivar al instalar.

CÁLCULO DEL USO CONSUNTIVO DIARIO DE UN CULTIVO REGADO POR GOTEO. SEGÚN J. KELLER (1983)

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

$$UC = Ud [PS/100 + 0.15 (1 - PS/100)]$$

Donde:

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

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

Determinación de la lámina neta de riego. - Para riego por goteo se puede estimar de la siguiente manera:

$$dn = U_c \cdot f$$

Donde:

- dn = Lámina de riego (mm/día).
- U_c = Uso consuntivo diario (mm/día).
- f = Frecuencia de riego.

Como el riego por goteo, generalmente los riegos son diarios entonces diríamos que: dn = U_c.

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

$$RL = \frac{CE_{ar}}{2} (\text{MaxCEE}) \times 100$$

Donde:

- RL = Requerimiento de lixiviación.
- (%) C_{ear} = Conductividad eléctrica del agua de riego (ds/m).
- Max CEE = Máxima conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para una producción = 0.

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

1. Cuando $RL \leq 0.1$

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

Donde:

- Rt = Relación de transpiración, que representa el agua adicional que se tiene que aplicar aun durante el periodo de uso pico para compensar las pérdidas inevitables por percolación profunda.
- dn = Lamina neta (mm/día).
- CU = Coeficiente de uniformidad; que viene a ser la fracción de la dosis media que debe recibir como mínimo la parte del terreno que recibe el agua.

Si hacemos $Rt = 1$ entonces tenemos:

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

2. Cuando $RL > 0.1$

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

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

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

Donde:

- V_r = Volumen de agua de riego (l / día)
- S_p = Espaciamiento entre líneas (m)
- S_r = Espaciamiento entre plantas (m)

Calculo del tiempo de riego. - Es el tiempo de riego necesario para aplicar al suelo la lámina bruta, dependerá del volumen de riego del número de emisoras y del caudal del emisor, y se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$tr = Vr/e \cdot qa$$

Donde:

- tr = Tiempo de riego (h/día).
- V_r = Volumen bruto de riego (l/día).
- e = Numero de goteros por planta (unid).
- qa = Caudal del gotero.

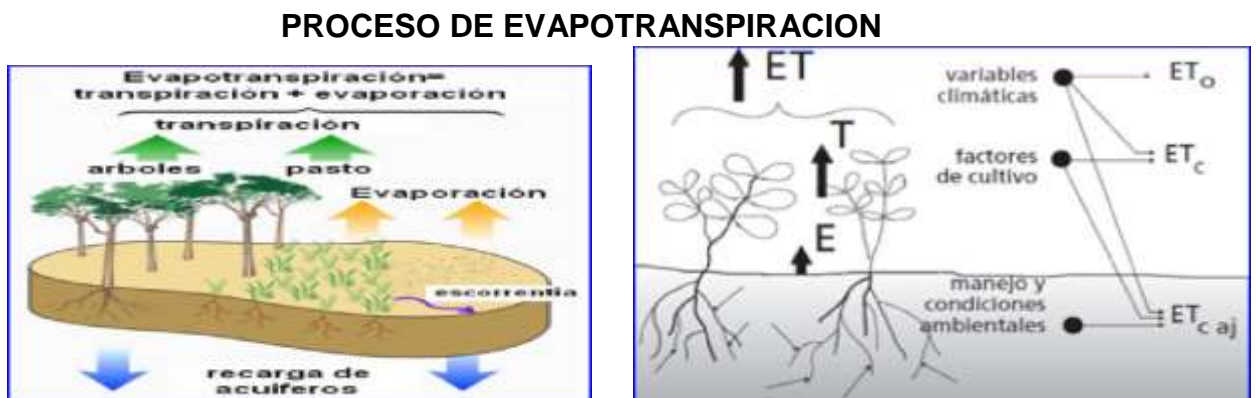
1.3.3 Concepto de evapotranspiración. Según FAO (2006)

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 del 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 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 el follaje y luego a la atmosfera por medio

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

Figura N°1



1.3.4 Evaporación. Según FAO (2006)

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, caminos, suelos 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 al considerar 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 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.

1.3.5 Transpiración. De acuerdo con FAO (2006)

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 las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través

de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la 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 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 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, en el medio donde se produce y las prácticas de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración.

1.3.6 Factores que afectan la evapotranspiración. Según FAO (2007)

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evapotranspiración 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_o). La evapotranspiración del cultivo de transferencia (ET_o) 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_c) 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 medioambientales, 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 del 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 a la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de ET. Las prácticas de 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 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 sustancialmente la evaporación del suelo. Los anti-transpirantes, tales como estimulantes del cierre de 6 Evapotranspiración del cultivo de las 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

1.3.7 Tipos de evapotranspiración. Según FAO (2007)

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 referencial (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración de cultivo referencial 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 atmosfera, independientemente del tipo 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 el 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 específicas, y no considera ni las características de 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

1.3.8 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc). Según FAO (2006)

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 del 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 la evapotranspiración 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 del 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 Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método Penman-Monteith se

utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia (ET_o). La relación ET_c/ET_o que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente de Cultivo (K_c), y se utiliza para relacionar ET_c a ET_o de manera que **$ET_c = K_c \times ET_o$** . Las diferencias en la anatomía de las hojas, características de las 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 de cultivo durante los diferentes periodos de crecimiento, para un determinado cultivo, K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha.

1.3.9 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_c aj)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_c aj) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar.

1.4 Marco conceptual

1.4.1 Concepto de evapotranspiración. –

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

1.4.2 Concepto de evaporación. –

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción del 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 de agua, de líquido a vapor, se requiere energía.

1.4.3 Concepto de 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 las estomas. Estas son pequeñas aberturas en las hojas de la planta, a través de los cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmosfera.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Situación problemática

A nivel de la zona del valle de Ica, el recurso hídrico es cada vez más escaso, convirtiéndose en el factor limitante en la producción de cultivos instalados en esta zona, por lo que es prioritario realizar investigaciones para un manejo adecuado del recurso hídrico, especialmente en los cultivos de los frutales como es el caso del granado, que está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de esta zona.

2.2 Formulación del problema general y específico

2.2.1 Problema general

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de granado mediante la determinación del uso consuntivo para las condiciones de la zona baja del valle de Ica?

2.2.2. Problema específico

¿Mediante el uso de las variables meteorológicas de la zona baja del valle de Ica y el coeficiente de cultivo de granado, se podrá determinar el uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja 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 fundo “Santiaguillo” de propiedad del señor Félix Díaz Accharay. Ubicado en el distrito de Santiago, departamento de Ica

2.3.2 Delimitación temporal

El presente trabajo de investigación se desarrolló a lo largo del ciclo fenológico del cultivo de granado, correspondiente a una campaña agrícola anual, para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

2.3.3 Delimitación conceptual

Se utilizaron los valores de las variables meteorológicas importantes en la zona baja del valle de Ica, para la obtención de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), así como los valores del coeficiente de cultivo (K_c) del granado para la determinación del uso consuntivo del cultivo de granado bajo sistema de fertirrigación para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

2.4 Justificación e importancia de la investigación

2.4.1 Justificación

A nivel de la zona del valle de Ica, específicamente de la zona baja el recurso hídrico es el factor limitante de la producción de los cultivos, que, además se hace cada vez más escaso, por lo que se hace necesario realizar investigaciones en el área de riegos para un manejo adecuado del recurso hídrico, especialmente en el cultivo de granado.

2.4.2 Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación es que se va a poner a disposición de los agricultores de la zona baja del valle de Ica, una metodología que les permitan realizar un manejo adecuado del recurso hídrico, mediante el cálculo del uso consuntivo del cultivo de granado, lo que les permitirá mejorar la eficiencia de uso del recurso hídrico para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

2.5 Objetivo de la investigación

2.5.1 Objetivo general

Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante el cálculo de uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

2.5.2 Objetivo específico

Determinar el uso consuntivo del cultivo de granado, mediante los valores de las variables meteorológicas de la zona baja del valle de Ica, así como el coeficiente del cultivo de granado.

2.6 Hipótesis de investigación

2.6.1 Hipótesis general

Mediante el cálculo del uso consuntivo del cultivo de granado posiblemente se determine realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

2.6.2 Hipótesis específica

Mediante el uso de los valores de las variables meteorológicas que imperan en la zona baja del valle de Ica, así como los valores del coeficiente del cultivo (K_c) del granado posiblemente se determine el uso consuntivo del cultivo de granado, para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

2.7 Variables de 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) Variable dependiente
- Uso consuntivo del cultivo de granado
- c) Indicadores
- Buen desarrollo del cultivo de Granado
 - Buen rendimiento del cultivo del Granado

2.7.2 Operacionalización de las variables

Cuadro N°3

Variables e indicadores empleados en la determinación del uso consuntivo del cultivo de granado

Variable	Indicadores	Variable final	Dimensiones
- Variable de interés uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.	Heliógrafo	Horas de sol	Horas de sol diarias
	Anemógrafo	m/seg	Velocidad del viento promedio diaria
	Termómetro	°C	Temperatura diaria
	Higrómetro	%	Humedad relativa diaria
	Coeficiente del cultivo	Escala de 0.20-0.75	Desarrollo del cultivo por campaña.

CAPITULO III

ESTRATEGIA METODOLÓGICA (METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN)

3.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es no experimental.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicativo.

3.1.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es longitudinal de tendencia, porque se evalúa el efecto de las variables meteorológicas y el coeficiente de cultivo (Kc) de granado a lo largo de una campaña del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población de estudio

La población de estudio viene a ser el cultivo de granado instalado en la parcela de estudio de aproximadamente 8.0 Ha., ubicada en la parte baja del valle de Ica.

3.2.2 Muestra de estudio

La muestra de estudio en el presente trabajo de investigación lo constituyen cada una de las plantas instaladas en la parcela de aproximadamente 8.0 Ha de cultivo de granado y que constituyen la población de estudio, instaladas en la zona baja del valle de Ica.

CAPITULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

4.1 Técnicas de recolección de datos.

Los datos utilizados en el presente trabajo de investigación fueron proporcionados por la estación MAP “Santiaguillo” monitoreada y supervisada por el servicio nacional de meteorología e hidrología-SENAMI-Ica.

Las informaciones meteorológicas proporcionadas fueron las siguientes:

- Humedad relativa media.
- Horas de sol.
- Velocidad del viento.
- Temporada media.
- Los valores del coeficiente de cultivo (K_c) del granado, fueron

tomados de trabajos de investigación.

4.2 Instrumentos de recolección de datos.

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Heliógrafo. - 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

PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1 Presentación e interpretación de los resultados.

Con la finalidad de determinar las características físico-mecánicas y químicas del suelo, donde se ha instalado el cultivo de granado, se procedió a tomar muestras representativas del suelo a una profundidad de 0.30m.

Posteriormente esta muestra se homogenizo y fraccio hasta tener una sola muestra de 1.0 kg de peso aproximadamente.

Las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas 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°4

Análisis físico-mecánico del suelo (2017)

COMPONENTES	NIVEL 0.00 – 0.30m	METODO USADO
Arena (%)	71.50	Hidrómetro
Limo (%)	19.78	Hidrómetro
Arcilla (%)	8.72	Hidrómetro
Clase textural	Franco arenoso	Triangulo textural

Cuadro N°5

Análisis químico del suelo (2017)

PARAMETRO	NIVEL 0.00 – 0.30m	METODO USADO	INTERPRETACIÓN
Nitrógeno total (%)	0.02	Kjeldhal	Bajo
Fosforo disponible (ppm)	11.52	Olsen	Medio
Potasio disponible (ppm)	116.20	Acetato de amonio	Bajo
Materia orgánica (%)	0.31	Walkley y black	Bajo
Carbonato de calcio total (%)	0.77	Gravimétrico	Bajo
Conductividad eléctrica (ds/m)	4.03	Electrometrico	hg.Salino
PH	7.97	Electrometrico	hg.Alcalino
Cationes cambiabiles		Acetato de amonio	
C.I.C (meq/100gr)	5.14	Calculo matematico	Bajo
Calcio (meq/100gr)	4.17	F.A.A.S	Bajo
Magnesio (meq/100gr)	0.64	F.A.A.S	Bajo
Sodio (meq/100gr)	0.06	F.A.A.S	Bajo
Potasio (meq/100gr)	0.27	F.A.A.S	Bajo

Donde:

- F.A.A.S.: espectrometría de absorción atómica por llama

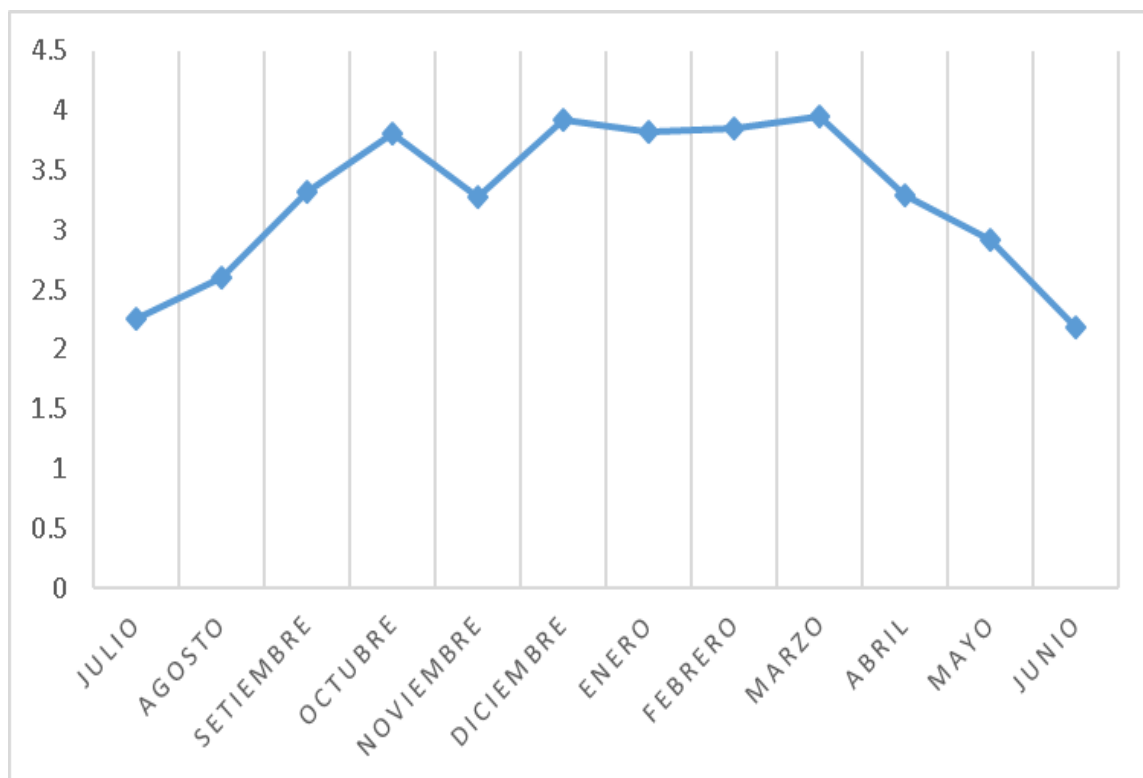
Cuadro N°6

Valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) mediante el método estándar de Penman-Monteith en la zona baja del valle de Ica.

MESES	ET_o (mm/día)	m³ /ha
Julio	2.26	22.6
Agosto	2.60	26.0
Setiembre	3.32	33.2
Octubre	3.81	38.1
Noviembre	3.28	32.8
Diciembre	3.92	39.2
Enero	3.82	38.2
Febrero	3.85	38.5
Marzo	3.96	39.6
Abril	3.29	32.9
Mayo	2.92	29.2
Junio	2.19	21.9

Grafico N°1

Valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) mediante el método estándar de Penman-Monteith en la zona baja del valle de Ica.



Cuadro N°7

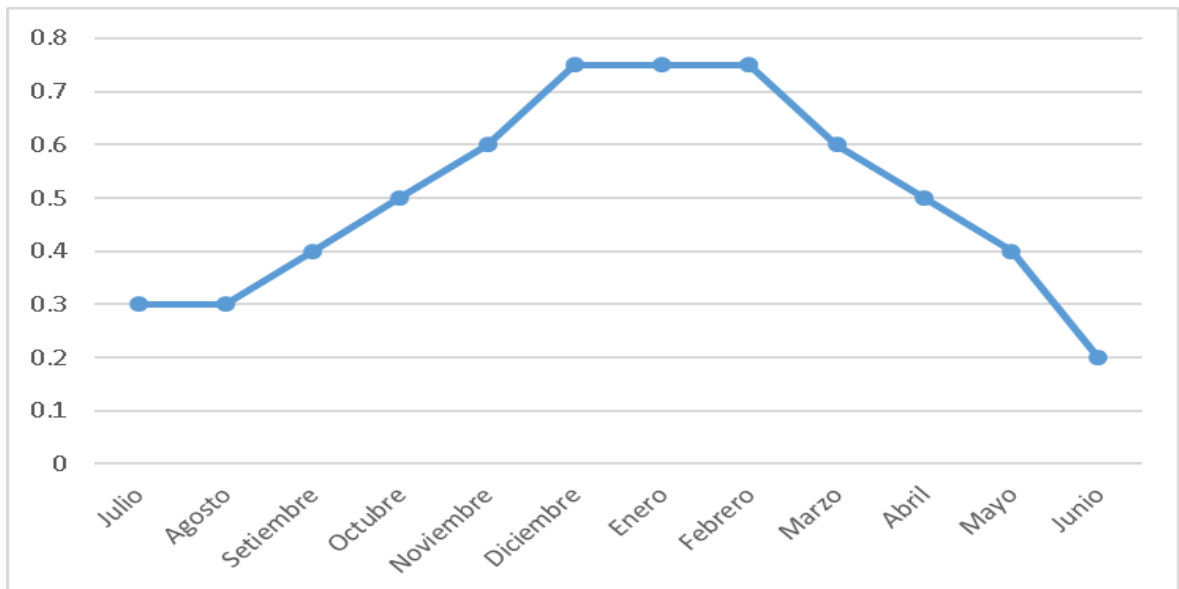
Valores del coeficiente de cultivo (K_c) para el granado, para la zona baja del valle de Ica.

MESES	K _c	ETAPAS DE DESARROLLO
Julio	0.30	Inicial
Agosto	0.30	Inicial
Setiembre	0.40	Desarrollo
Octubre	0.50	Desarrollo
Noviembre	0.60	Desarrollo

Diciembre	0.75	Mediados
Enero	0.75	Mediados
Febrero	0.75	Mediados
Marzo	0.60	Final
Abril	0.50	Final
Mayo	0.40	Final
Junio	0.20	Final

Grafico N°2

Valores del coeficiente de cultivo (Kc) para el granado, para la zona baja del valle de Ica.



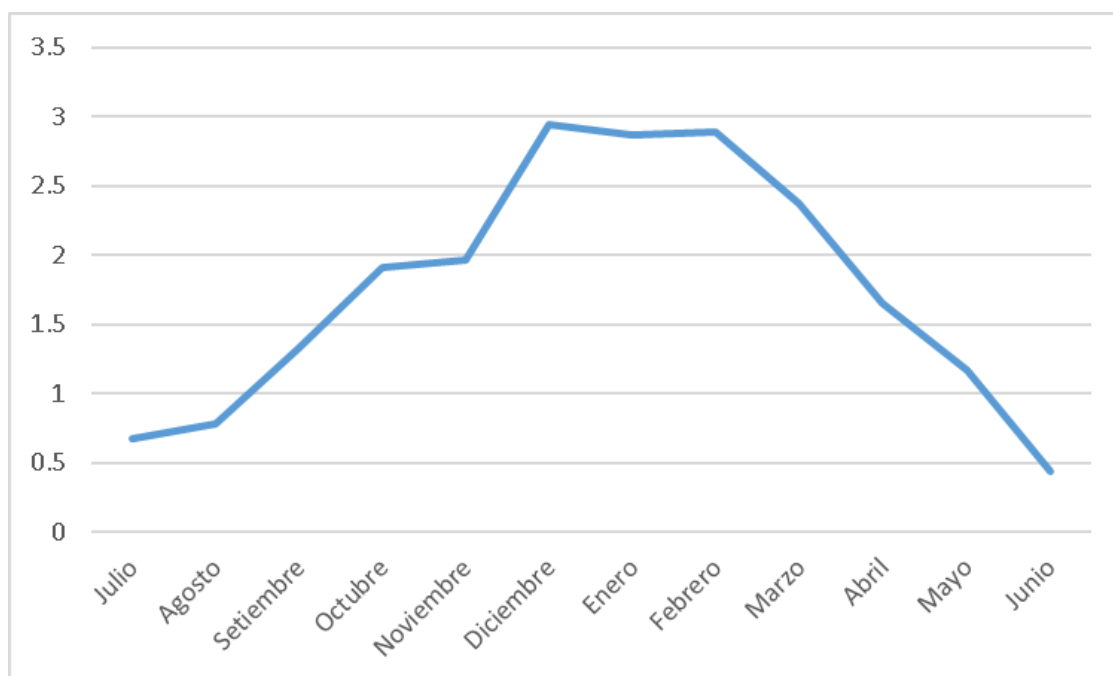
Cuadro N°8

Valores de la evapotranspiración del cultivo (ETc) del granado para la zona baja del valle de Ica.

MESES	EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE GRANADO mm/día	ETAPS DE DESARROLLO
Julio	0.678	Inicial
Agosto	0.78	Inicial
Setiembre	1.33	Desarrollo
Octubre	1.91	Desarrollo
Noviembre	1.97	Desarrollo
Diciembre	2.94	Mediados
Enero	2.87	Mediados
Febrero	2.89	Mediados
Marzo	2.38	Final
Abril	1.65	Final
Mayo	1.17	Final
Junio	0.44	final

Grafico N°3

Valores de la evapotranspiración del cultivo (ETc) del granado para la zona baja del valle de Ica.



- Determinación del uso consuntivo del cultivo de granado bajo sistema de fertirrigación para la zona baja del valle de Ica.

Datos:

- Mes: Julio
- Espaciamiento del cultivo:
Ente líneas = 6.00m
Entre plantas = 4.00m
- Edad del cultivo: 7 años
- Conductividad eléctrica del agua de riego $CE_{ar} = 0.70$ ds/m.
- Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para una producción igual a cero = 14 ds/m.

- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Julio = 0.678 mm/día.

- Diámetro del cultivo 3.5m.
- Coeficiente de uniformidad sistema de riego = 90%

1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 0.678 [0.40 + 0.15 (1 - 0.40)]$$

$$Uc = 0.332 \text{ mm/día}$$

2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 0.332 \text{ mm/día}$$

3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{0.322 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 0.357 \text{ mm/día.}$$

5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \times Sp \times Sr = 0.357 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 8.6 \text{ L/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 3.59$$

- Calculo del uso consuntivo del cultivo de granado.

Datos:

- Mes: Agosto
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Agosto = 0.78 mm/día.
- Diámetro promedio del cultivo 3.6m.

1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 0.78 [0.42 + 0.15 (1 - 0.424)]$$

$$Uc = 0.398 \text{ mm/día}$$

2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 0.398 \text{ mm/día}$$

3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{CEar}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{0.398 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 0.442 \text{ mm/día.}$$

5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \times Sp \times Sr = 0.442 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$V_r = 10.61 \text{ L/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 4.42$$

Datos:

- Mes: Setiembre
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Setiembre = 0.678

mm/día.

- Diámetro del cultivo 3.80

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$U_c = 1.33 [0.473 + 0.15 (1 - 0.473)]$$

$$U_c = 0.734 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$d_n = U_c \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$d_n = U_c$$

$$d_n = 0.734 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CE_{ax}} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$d_b = \frac{d_n}{C_u/100} = \frac{0.734 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$d_b = 0.815 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$V_r = d_b \text{ Sp } S_r = 0.815 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 19.56 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } m^3/\text{ha/día} = 8.16$$

Datos:

- Mes: Octubre
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Octubre = 1.91 mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00 m.

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 1.91 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 1.14 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 1.14 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{1.14 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.27 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 1.27 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 30.48 \text{ l}$$

$$5.1) \text{ volumen } \quad \text{m}^3/\text{ha}/\text{día} = 12.71$$

Datos:

- Mes: Noviembre
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Noviembre = 1.97 mm/día.
- Diámetro del cultivo 4.00m.

1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 1.97 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 1.17 \text{ mm/día}$$

2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 1.17 \text{ mm/día}$$

3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{1.17 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.30 \text{ mm/día.}$$

5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 1.30 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 31.01 \text{ l}$$

$$5.1) \text{ volumen } \quad \text{m}^3/\text{ha}/\text{día} = 13.01$$

Datos:

- Mes: Diciembre
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Diciembre = 2.94

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00m.

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 2.94 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 1.75 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 1.75 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX CEax}} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{1.75 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.94 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp Sr} = 1.94 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 46.56 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 19.42$$

Datos:

- Mes: Enero
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Enero = 2.87

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00m.

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 2.87 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 1.71 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 1.71 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX CEax}} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{1.71 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.90 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp Sr} = 1.90 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 45.6 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 19.02$$

Datos:

- Mes: Febrero
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Febrero = 2.89

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00m.

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 2.89 \left[0.524 + 0.15 (1 - 0.524) \right]$$

$$Uc = 1.72 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 1.72 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C \cdot Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{1.72 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.91 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 1.91 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 45.84 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 19.12$$

Datos:

- Mes: Marzo
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Marzo = 2.38

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00m.

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 2.38 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 1.42 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 1.42 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{1.42 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.58 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 1.58 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 37.92 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 15.81$$

Datos:

- Mes: Abril
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Abril = 1.65

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00 m.

1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 1.65 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 0.98 \text{ mm/día}$$

2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 0.98 \text{ mm/día}$$

3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{0.98 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 1.1 \text{ mm/día.}$$

5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 1.1 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 26.4 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 11.01$$

Datos:

- Mes: Mayo
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Mayo = 1.17

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00m.

1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 1.17 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 0.696 \text{ mm/día}$$

2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 0.696 \text{ mm/día}$$

3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{0.696 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 0.77 \text{ mm/día.}$$

5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 0.77 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 18.48 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 7.71$$

Datos:

- Mes: Junio
- Evapotranspiración del cultivo de granado mes de Junio = 0.44

mm/día.

- Diámetro del cultivo 4.00 m.

- 1) Calculo del uso consuntivo diario para el cultivo de granado.

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

$$Uc = 0.44 [0.524 + 0.15 (1 - 0.524)]$$

$$Uc = 0.26 \text{ mm/día}$$

- 2) Calculo de la lámina neta de riego.

$$dn = Uc \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$dn = Uc$$

$$dn = 0.26 \text{ mm/día}$$

- 3) Calculo del requerimiento de lixiviación.

$$RL = \frac{C.Ear}{2 \text{ MAX } CEax} = \frac{0.70 \text{ ds/m}}{2 \times 14 \text{ ds/m}} = 0.025$$

- 4) Calculo de la lámina bruta de riego.

$$db = \frac{dn}{Cu/100} = \frac{0.062 \text{ mm/día}}{0.90}$$

$$db = 0.29 \text{ mm/día.}$$

- 5) Determinación del volumen de riego por día por planta.

$$Vr = db \text{ Sp } Sr = 0.29 \text{ mm/día} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$$

$$Vr = 6.96 \text{ l/día}$$

$$5.1) \text{ volumen } \text{ m}^3/\text{ha/día} = 2.90$$

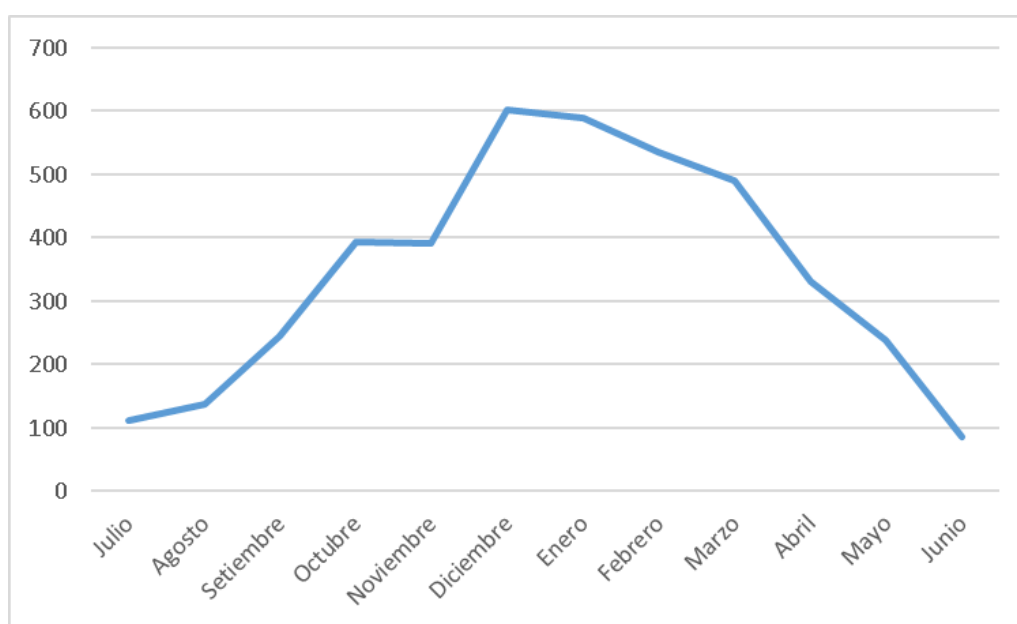
Cuadro N°9

Uso consuntivo del cultivo de granado, bajo sistema de fertirrigación en la zona baja del valle de Ica

MESES	USO CONSUNTIVO m ³ /ha/día	USO CONSUNTIVO m ³ /ha/mensual
Julio	3.59	111.29
Agosto	4.42	137.02
Setiembre	8.16	244.80
Octubre	12.71	394.01
Noviembre	13.01	390.30
Diciembre	19.42	602.02
Enero	19.02	589.62
Febrero	19.12	535.36
Marzo	15.81	490.11
Abril	11.01	330.30
Mayo	7.71	239.01
Junio	2.90	87.00
USO CONSUNTIVO POR CAMPAÑA		4,150.84

Grafico N°4

Uso consuntivo del cultivo de granado, bajo sistema de fertirrigación en la zona baja del valle de Ica



5.1.1 Variables a evaluarse

Las variables que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente trabajo, fueron los parámetros meteorológicos que se presentaron en la zona de desarrollo del proyecto, las mismas que fueron obtenidas de la estación MAP "Santiago", supervisada por el servicio nacional de meteorología e hidrología SENAMHI-ICA.

La información brindada corresponde a los meses de Julio 2017 hasta Junio 2018, siendo los parámetros meteorológicos, los siguientes:

- Temperatura (°C)
- Humedad relativa (%)
- Horas de sol diarias
- Velocidad del viento (m/seg)

La información meteorológica proporcionada se detalla a continuación:

Estación: MAP "Santiago"

Latitud: 14° 11' 35" sur

Longitud: 75° 38' 52"

Altitud: 389 m.s.n.m.

Dpto.: Ica

Prov.: Ica

Dist.: Santiago

Cuadro N°10

TEMPERARURA MEDIA MENSUAL (°C)											
AÑO 2017						AÑO 2018					
J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
8.1	7.6	8.7	1.5	1.2	3.1	6.5	7.5	7.2	4.6	1.3	7.6

Cuadro N°11

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)											
AÑO 2017						AÑO 2018					
J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9
9.0	8.0	4.0	5.0	3.0	1.0	0.0	7.0	2.0	6.0	6.0	1.0

Cuadro N°12

HORAS DE SOL TOTAL MENSUAL											
AÑO 2017						AÑO 2018					
J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1
99.2	16.4	39.9	51.8	25.3	91.5	43	38.6	90.3	78.6	34.4	74.6

Cuadro N°13

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/seg)											
AÑO 2017						AÑO 2018					
J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
2.	3.	3.	3.	3.	3.	2.	2.	2.	1.	1.	0.
9	4	7	8	6	3	5	5	5	9	3	9

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

5.1.2 U₂: velocidad del viento a 2.0 m de altura (mm/seg). Fertilización

Para la fertilización del cultivo de granado, siendo u cultivo de aproximadamente de 7 años de edad, y con una alta producción, se utilizó la siguiente formula de abonamiento N=200, K=100, Ca=100, Mg=80, S= 60, B=10, que corresponden a las siguientes unidades de fertilizantes N=200, P₂O₅=345, K₂O=300, CaO=140, MgO=132, SO₄=180, Y ácido bórico=60.

Las fuentes de los fertilizantes fueron: urea 46%, nitrato de amonio 33% N, ácido fosfórico 61% P₂O₅, sulfato de potasio 52% K₂O, 18% S,

sulfato de magnesio 10% MgO, 13% S, nitrato de calcio 15.5% N, CaO 26.5% y ácido bórico 17% B.

5.1.3 Metodología para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de granado

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

- a) Metodología de cálculo para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), mediante el método estándar de Penman-Monteith en la zona media del valle de Ica.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + Y \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + Y(1 + 0.34 U_2)}$$

Donde:

ET_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

R_n: Radiación neta en la superficie de cultivo (MJ m²/día).

R_a: Radiación extraterrestre (mm/día).

G: flujo del calor del suelo (MJ m²/día).

e_s: presión de vapor de saturación (kPa).

e_a: presión real de vapor de saturación (kPa).

(e_s - e_a): déficit de presión de vapor (kPa).

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

Y: constancia psicométrica.

Datos:

Estación: Santiago

Latitud: 14° 11' 34"

Longitud: 75° 38' 52"

Altitud: 418 m.s.n.m

Región: Ica

Provincia: Ica

Distrito: Santiago

VARIABLES METEOROLÓGICAS:

Año: 2017

Mes: Julio

Humedad relativa media: 89%

Horas decimas de sol: 6.43

Temperatura media: 18.1 °C

Velocidad del viento: 2.9 m/seg

DESARROLLO:

1. Determinación de la pendiente de la curva de presión de vapor (Δ)

- Con t° media = 18°C y cuadro N° 2.4

$$\Delta = 0.131$$

2. Determinación de la constante psicométrica (γ)

- Con altitud 418 m.s.n.m y cuadro N° 2.2

$$\gamma = 0.064$$

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

3.1. Determinación de la presión de vapor de saturación (e_s)

- Con t° media = 18.1°C y cuadro N° 2.3

$$e_s = 2.077$$

3.2. Determinación de la presión real de vapor (e_a)

$$e_a = e_s \frac{HR}{100} = 2.077 \times 0.89 = 1.848$$

3.3. Determinación de:

$$(e_s - e_a) = 2.077 - 1.848 = 0.229$$

4. Cálculo de la radiación neta (Rn)

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

R_{ns} = albedo y radiación solar neta

R_{nl} = Radiación neta de onda larga

4.1. Determinación de R_{ns}

$$R_{ns} = (0.77 R_s)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) R_a$$

a) Cálculo de la radiación extraterrestre (R_a) con latitud 14° 11' 34"

y cuadro N° 2.6

$$R_a = 27.9 \text{ MJm}^2/\text{día}$$

b) Cálculo de n/N

$$n = 6.43$$

- con la latitud 14° 11' 34" y cuadro 2.7

$$N = 11.2$$

$$- \frac{n}{N} = \frac{6.43}{11.2} = 0.574$$

c) Cálculo de la radiación solar (R_s)

$$R_s = (0.25 + 0.50 \times 0.574) 27.9 = 14.982$$

d) Determinación de R_{ns}

$$R_{ns} = 0.77 R_s = 0.77 \times 14.982 = 11.536$$

4.2. Determinación de la R_{nl}

a) Cálculo de término (1.35 x R_s / R_{so}) - 0.35

- cálculo de R_s / R_{so}

$$R_s = 14.982$$

$$R_{so} = 0.75004 \times R_a = 0.75004 \times 27.9 = 20.926$$

$$- \frac{R_s}{R_{so}} = \frac{14.982}{20.926} = 0.716$$

$$- 81.35 \times R_s / R_{so} - 0.35 = (1.35 \times 0.716) - 0.35 = 0.617$$

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

$$- (0.34 - 0.14\sqrt{1.848}) = 0.149$$

c) Determinación del término α_{TK4}

- con T° media = 18.1°C y cuadro N°2.8

$$\alpha_{TK4} = 35.29$$

d) Cálculo de R_{nl}

$$R_{nl} = 0.617 \times 0.149 \times 35.29 = 3.244$$

4.3. Cálculo de la radiación neta

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

$$R_n = 11.536 - 3.244 = 8.292$$

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

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

$$G = 0.14(18.1 - 18.6) = -0.07$$

6. Determinación de $R_n - G$

$$R_n - G = 8.292 - (-0.07) = 8.362$$

7. Ajuste de la velocidad del viento

$$2.9 \text{ m/seg} \times 0.725 = 2.1 \text{ m/seg}$$

8. Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia

(ET_0)

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U^2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U^2)}$$

$$ET_o = \frac{0.408 \times 0.131(8.362) + 0.064 \frac{900}{18.1 + 27.3} (0.229)(2.1)}{0.131 + 0.064(1 + 0.34 \times 2.1)}$$

$$ET_o = 2.26 \text{ mm/día}$$

5.2 Discusión de resultados

5.2.1 Evapotranspiración del cultivo de referencia

Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) para la zona baja del valle de Ica, se utilizó la metodología de Penman-Monteith y con las variables meteorológicas de la estación M.A.P “Santiago”, en la cual se pueden observar que los menores valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) se presentan en los meses de Junio y Julio con valores de $ET_o = 2.19$ mm/día y $ET_o = 2.26$ mm/día respectivamente.

Así mismo los mayores valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) para la zona baja del valle de Ica, se presentan en los meses de Diciembre y Marzo, con valores de $ET_o = 3.92$ mm/día y $ET_o = 3.96$ mm/día respectivamente.

5.2.2 Coeficiente del cultivo (K_c) para el granado.

De los valores de coeficiente del cultivo (K_c) para el granado para la zona baja del valle de Ica, en función de las etapas de desarrollo del cultivo de granado, se puede observar que el valor más bajo del coeficiente del cultivo (K_c)_m se presenta en la etapa final con $K_c = 0.20$ en la cual el cultivo se encuentra en pleno agosto incrementándose los valores de la evapotranspiración del cultivo en la etapa inicial con un valor de 0.678 mm/día, alcanzando los valores más altos en la etapa de

mediados de desarrollo de cultivo con valores de $ET_c=2.94\text{mm/día}$, 2.87 mm/día y 2.89 mm/día , correspondiente a los meses de diciembre , enero y febrero respectivamente.

5.2.3 Uso consuntivo del cultivo de granado conducido bajo sistema de fertirrigación

De los valores del uso consuntivo del cultivo de granado conducidos bajo sistema de fertirrigación para la zona baja del valle de Ica, se ha determinado que el valor más bajo de uso consuntivo corresponde al mes de Junio, coincidiendo con la etapa de agosto del cultivo de granado con un valor de $87.00\text{ m}^3/\text{ha}$, iniciando su incremento en la etapa inicial con un valor de uso consuntivo de $111.29\text{ m}^3/\text{ha}$ correspondiente al mes de Julio, presentándose los valores máximos de uso consuntivo en los meses de Diciembre, Enero y Febrero respectivamente, siendo el uso consuntivo total por campaña igual a $4,150.84\text{ m}^3/\text{ha}$.

CAPÍTULO VI

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1 Contratación de la hipótesis general

Mediante los valores de las variables meteorológicas de la zona baja del valle de Ica, se ha determinado el uso consuntivo del cultivo de granado. Lo que nos permitirá realizar un manejo eficiente del cultivo con respecto al uso adecuado del recurso hídrico, incrementando su eficiencia de uso, lo que demuestra que la hipótesis genera ha sido la correcta.

6.2 Contratación de la hipótesis específica

Mediante el análisis de las variables meteorológicas que imperan en la zona baja del valle de Ica, se ha podido determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) así como el coeficiente de cultivo (K_c), lo que nos permitió determinar el uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación titulado “determinación del uso consuntivo del cultivo de granado conducido bajo sistema de fertirrigación para la zona baja del valle de Ica” se concluye en lo siguiente:

1. El sistema de conducción realizado en el cultivo de granado en cuanto al manejo de suelo, aplicación de fertilizantes, control de plagas y enfermedades ha sido el adecuado.

2. Con respecto a la fertilidad química del suelo, este no presenta restricción alguna para un buen desarrollo del cultivo de granado, pues la salinidad en el suelo no es problema para su buen desarrollo, además con las aplicaciones de materia orgánica mejorara sustancialmente su capacidad de intercambio catiónico y la retención de humedad por ser un suelo con textura franca arenosa, pero sin restricción alguna para un buen desarrollo del cultivo de granado.

3. Las condiciones meteorológicas que se presentan a lo largo del desarrollo del cultivo de granado han sido los adecuados, lo que nos ha permitido determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) utilizando la metodología de Penman-Monteith, así mismo se ha determinado los valores del coeficiente de cultivo (K_c) del granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.

4. Finalmente, con los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), con los valores del coeficiente de cultivo (K_c) en función de las etapas de desarrollo del cultivo se ha podido determinar el uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona

baja del valle de Ica, siendo el valor de 4,150.84 m³/ha por campaña conducidos bajo sistema de fertirrigacion, lo que nos permitirá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico e incrementar la eficiencia de uso.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

1. Continuar con las investigaciones en el cultivo de granado, en las diferentes áreas de su conducción, pues es un cultivo que está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la zona baja del valle de Ica, por la calidad de sus productos y los altos rendimientos alcanzados.

2. En relación al uso consuntivo del cultivo de granado conducidos bajo sistema de fertirrigación, se tienen que continuar con las investigaciones, pues permitirá a los agricultores que se dedican a este cultivo realizar un manejo adecuado del recurso hídrico, tan escaso en la zona del valle de Ica.

3. En el cálculo del uso consuntivo del cultivo de granado, y para otros cultivos, se tienen que utilizar la metodología de Penman-Monteith, como único método recomendado por la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

CAPITULO IX

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. ALMEYDA, V.J. Y BENDEZU, L. (2012) *“Determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (Eto) Mediante el Método estándar de Pennman Monteith”* en la zona de villacurí - Ica - informe de investigación - facultad de agronomía - única - 50 pág.

2. BOSWELL, M. 1995. *“Micro - Irrigación design manual publicación de hardielrrigation”*, pág. 220.

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. 1992. *“Fundamento de cálculo hidráulico en los sistemas de riego y de drenajes”*, España mundi prensa.

5. FAO. 2006. *“Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”*. Roma pág. 300.

6. GONZALES – CERVANTES Y CHAVEZ RAMIREZ (2012) *“Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego de granado”*- México.

7. JORDAN, R. Y TIPISMANA C. (2017) *“Determinación de la evapotranspiración del cultivo de pecano (Carya illinoensis koch) variedad Mahan en la Zona Baja del Valle de Ica”* Tesis Facultad de Agronomía- UNICA. Ica.

8. KELLER, J. 1983. *“Manual de diseño de sistemas de riegos por aspersión y goteo, international irrigation center”*, 410 pág.

9. Medina san juan j. 1995. "*Riego por goteo*". 2da. Edición, España mundi prensa.
10. MOYA, T. 1994. "*Riego localizado y fertirrigación*", España mundi prensa.
11. RODRIGUEZ et al. (2010) "*Indices de vegetación y evapotranspiración de nogal pecanero (Carya illinoensis koch) en la Costa de Hermosillo*"- México.
12. PIZARRA, F. 1980. "*Riegos localizados de alta frecuencia*", 2da edición, España mundi prensa.
13. Sociedad química y mineral de chile, soquimich comercial (SQM), Libro azul. 2002. "*Manual básico de fertirrigación*", 2da edición. Chile.
14. VEIRMEREN, L. Y JOBLIN B.A. 1980. "*Riego localizado*". Roma, organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
15. Ministerio de Agricultura (2011) " El cultivo de Pecano en el Perú" Lima – Perú 60 pag.

ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

	Problema de investigación	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Población , muestra
<p style="text-align: center;">“DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO DE GRANADO (<i>Punica granatum</i> L.) BAJO SISTEMA DE FERTIRRIGACION EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA”</p>	<p>Problema general ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de granado mediante la determinación del uso consuntivo para las condiciones de la zona baja del valle de Ica?</p>	<p>Objetivo general Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante el cálculo de uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.</p>	<p>Hipótesis general Mediante el cálculo del uso consuntivo del cultivo de granado posiblemente se determine realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.</p>	<p>VARIABLES independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad relativa - Horas de sol - Velocidad del viento - Temperatura media - Coeficiente del cultivo (Kc) <p>VARIABLE dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso consuntivo del cultivo de granado 	<p>Población de estudio La población de estudio viene a ser el cultivo de granado instalado en la parcela de estudio de aproximadamente 8.00has., ubicada en la parte baja del valle de Ica.</p> <p>Muestra de estudio La muestra de estudio en el presente trabajo de investigación lo constituyen cada una de las plantas instaladas en la parcela de aproximadamente 8.00has de cultivo de granado y que constituyen la población de estudio, instaladas en la zona baja del valle de Ica.</p>
	<p>Problema específico ¿Mediante el uso de las variables meteorológicas de la zona baja del valle de Ica y el coeficiente de cultivo de granado se podrá determinar el uso consuntivo del cultivo de granado para las condiciones de la zona baja del valle de Ica?</p>	<p>Objetivo específico: Determinar el uso consuntivo del cultivo de granado, mediante los valores de las variables meteorológicas de la zona baja del valle de Ica, así como el coeficiente del cultivo de granado.</p>	<p>Hipótesis específica Mediante el uso de los valores de las variables meteorológicas que imperan en la zona baja del valle de Ica, así como los valores del coeficiente del cultivo (Kc) del granado posiblemente se determine el uso consuntivo del cultivo de granado, para las condiciones de la zona baja del valle de Ica.</p>		