

**“DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD  
RADICULAR EN CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum Sativum L.*)”**

**SANTIAGO DANIEL MERINO JIMÉNEZ**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA  
INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**CEVALLOS – ECUADOR**

**2015**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **SANTIAGO DANIEL MERINO JIMÉNEZ**, portador de la cédula de identidad número: 1804694691, en honor a la verdad, declaro que el trabajo de investigación titulado **“DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD RADICULAR EN CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum Sativum L.*)”**, es original, auténtico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica.



---

**Merino Jiménez Santiago Daniel**

## **DERECHO DEL AUTOR**

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del Título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga uso de ésta tesis, un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de ésta tesis dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de ésta tesis, o de parte de ella.



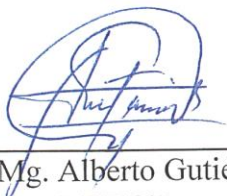
---

**Merino Jiménez Santiago Daniel**

Fecha: 18 de febrero de 2015

**“DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD  
RADICULAR EN CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum Sativum* L.)”**

**REVISADO POR:**



Ing. Mg. Alberto Gutiérrez.  
**TUTOR**



Ing. Mg. Giovanni Velástegui.  
**ASESOR DE BIOMETRÍA.**

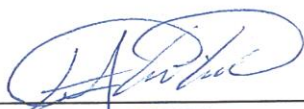
**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO:**

Fecha:



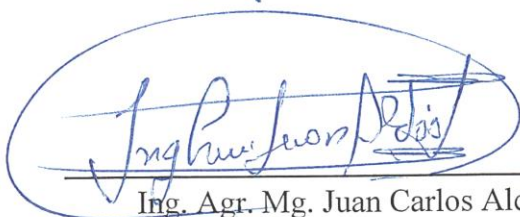
Ing. Agr. Mg. Henán Zurita Vázquez.

15/01/16



Ing. Agr. Mg. Luis Villacís.

15/01/16



Ing. Agr. Mg. Juan Carlos Aldás.

15/01/16

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a Dios que me ha dado fuerzas para enfrentar las adversidades y no desfallecer, amor incondicional, guía en todo momento y paciencia para mantener la calma en medio de la tormenta.

A mis padres Leoncio y María por el apoyo incondicional, por los valores que me han inculcado y por el ejemplo de lucha que han dado a sus hijos.

A mis hermanos y hermanas Marla, Paulina, Diego, Steven, Paúl y Javier por ser mi apoyo cuando más los he necesitado.

A mis sobrinos Julián, María Paula e Isabela, que con sus sonrisas, me recuerdan siempre la belleza de las pequeñas cosas de la vida. Muy lejos de ser una familia perfecta, mi familia es perfecta ante mis ojos.

A mis amistades que han llegado a ser mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Agronómica, por acogerme en sus aulas y darme los conocimientos para poder desempeñarme en el campo profesional.

A mi familia por su apoyo, por inculcarme sentimientos nobles y por la fortaleza que me dan para llegar a cumplir mis metas.

Un muy especial agradecimiento al Ingeniero Alberto Gutiérrez, Director de Tesis y amigo incondicional, que con su ayuda, consejos, conocimientos y tiempo he podido culminar el presente trabajo de investigación.

Mis más sinceros agradecimientos al Ingeniero Hernán Zurita, al Ingeniero Giovanni Velástegui y al Ingeniero Jorge Dobronski.

A mis profesores, quienes han impartido sus enseñanzas y experiencias en los cinco años de vida estudiantil, llegando a convertirse en mis amigos, que me han brindado su apoyo en cada uno de los momentos que los he necesitado.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. ....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Formulación del problema.....	1
1.1.2. Contextualización.....	1
1.2. ANÁLISIS CRÍTICO.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. General.....	4
1.4.2. Específicos.....	4
CAPÍTULO II. ....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	5
2.2.1. Fenología.....	5
2.2.2. Sistema radicular.....	9
2.2.3. Coeficiente del cultivo (Kc).....	10
2.2.4. Evapotranspiración del cultivo.....	10
CAPÍTULO III. ....	13
METODOLOGÍA.....	13
3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	13
3.1.3. Modalidad.....	13
3.2. UBICACIÓN.....	13
3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.....	13
3.3.2. Agua.....	14
3.3.3. Ecología.....	14
3.3.4. Clima.....	14
3.4. FACTORES EN ESTUDIO.....	15
3.4.1. Etapas fenológicas.....	15

3.4.2. Longitud radicular. ....	15
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL. ....	15
3.6. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL. ....	15
3.7. DATOS TOMADOS. ....	16
3.8. MANEJO DEL ENSAYO. ....	16
3.8.1. Preparación del terreno. ....	16
3.8.2. Siembra. ....	16
3.8.3. Control de malezas. ....	16
3.8.4. Riego. ....	16
3.8.5. Fertilización. ....	17
CAPÍTULO IV. ....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	18
4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. ....	18
4.1.1. Etapa inicial. ....	18
4.1.2. Etapa de desarrollo. ....	19
4.1.3. Etapa de intermedia. ....	20
4.1.4. Etapa final. ....	21
4.1.5. Descripción FIGURA N°1. Curva de profundidad radicular $z_r$ . ....	29
4.1.6. Descripción FIGURA N°2. Curva de coeficiente del cultivo $K_c$ . ....	31
4.1.7. Descripción FIGURA N°3. Curva de profundidad radicular y su relación en cuanto al coeficiente del cultivo. ....	33
CAPÍTULO V. ....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	34
5.1. CONCLUSIONES. ....	34
5.2. RECOMENDACIONES. ....	36
CAPÍTULO VI. ....	37
PROPUESTA. ....	37
6.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA. ....	38
6.2. JUSTIFICACIÓN. ....	38
6.3. OBJETIVO. ....	38
6.4. FUNDAMENTACIÓN. ....	39



6.4.1.Fenología. ....	39
6.4.2.Profundidad Radicular.....	39
6.4.3.Coeficiente del cultivo (Kc).....	39
6.4.4.Evapotranspiración del cultivo. ....	39
6.5. METODOLOGÍA Y PLAN DE ACCIÓN.....	40
6.5.1.Calcular Etc. ....	40
6.5.2.Requerimientos hídricos (volúmenes). ....	40
6.5.3.Calendarios de riego o programación del riego. ....	40
6.5.4.Planificación de producción y comercialización. ....	40
6.6. ADMINISTRACIÓN.....	41
6.7. EVALUACIÓN.....	41
6.7.1. Económica. ....	41
6.7.2. Social.....	41
6.7.3. Evaluación Científico Técnico. ....	41
BIBLIOGRAFÍA. ....	42
ANEXOS. ....	45
INTERPRETACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DEL CULTIVO DE ARVEJA. ....	54

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS.

CUADRO N°1. Longitud de las etapas del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.....	2
CUADRO N°2. Longitud de la etapa inicial del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra. ....	19
CUADRO N°3. Longitud de la etapa de desarrollo del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra. ....	20
CUADRO N°4. Longitud de la etapa intermedia del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra. ....	21
CUADRO N°5. Longitud de la etapa final del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.....	22
CUADRO N°6. Resultados de la duración de los datos registrados para establecer el ciclo real del cultivo. ....	22
TABLA N°1. Calculo de la Evapotranspiración del cultivo (ETc). Método de tanque evaporímetro Clase "A".....	23
FIGURA N°1. Curva de profundidad radicular zr. ....	28
FIGURA N°2. Curva de coeficiente del cultivo Kc.....	30
FIGURA N°3. Curva de profundidad radicular y su relación en cuanto al coeficiente del cultivo. ....	32
ANEXO 1. DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS. ....	45
ANEXO 2. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA INICIAL. ....	45
ANEXO 3. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA DE DESARROLLO. ....	46
ANEXO 4. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA INTERMEDIA. ....	46
ANEXO 5. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA FINAL. ....	47
ANEXO 6. RESULTADOS DE LA EVOPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO ETc Y BALANCE HÍDRICO DURANTE LAS CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS. ....	48
INTERPRETACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DEL CULTIVO DE ARVEJA. ....	54

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se llevó a efecto en la Granja Experimental Querochaca de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, cantón Cevallos Provincia de Tungurahua a una distancia 20 Km. al sur de Ambato con una altitud de 2850 m.s.n.m., cuyas coordenadas geográficas son: 01° 22' 0.2'' de latitud Sur y 78° 36' 22'' de longitud Oeste según el sistema de posicionamiento global (GPS). Con el objetivo de generar información para mejorar la tecnología de riego del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*), variedad Quantum.

La investigación no contó con diseño experimental pues es de carácter exploratorio realizado directamente en la parcela

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Establecer el número de días del ciclo del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*) en la variedad Quantum.
- Determinar la duración de cada una de las cuatro etapas fenológicas.
- Construir curvas de profundidad radicular (zr) de acuerdo a los días de duración de cada etapa.
- Elaborar curvas del coeficiente del cultivo (Kc) en relación a cada etapa fenológica.
- Construir la curva de relación entre la profundidad radicular y el coeficiente del cultivo (Kc vs. zr).
- Calcular la evapotranspiración del cultivo (ETc).

Del análisis de los datos obtenidos se concluyó que:

En cuanto a las condiciones ambientales de la Granja Experimental Docente “Querochaca” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, perteneciente al Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, se obtuvo como total del ciclo del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*), var. Quantum es de 118 días; bajo los siguientes parámetros promedio:

Temperatura:	14,01 °C
Evaporación Tanque Evaporímetro Clase “A”:	3,04 mm/día
Humedad Relativa:	74,1%
Evaporación Potencial (ETo):	221,91 mm/ciclo
Precipitación acumulada:	216,3 mm/ciclo
Velocidad del viento:	1,34 m/s.

Siendo todos los datos anteriores los determinantes de la duración de cada etapa en la zona del ensayo, en donde: La duración de la etapa inicial fue de 19 días, la duración de la etapa de desarrollo es de 29 días, la duración de la etapa intermedia es de 36 días y la duración de la etapa final de 34 días. (Ver Cuadro N°6), siendo determinante la temperatura y la humedad relativa.

Se construyó curvas de profundidad radicular ( $z_r$ ) de acuerdo a los días de duración de cada etapa en donde se observa gráficamente el crecimiento de la raíz con el paso del tiempo pudiendo concluirse de la siguiente manera; en la etapa inicial alcanzó una profundidad radicular promedio de 7,9 cm., en la etapa de desarrollo es de 14,9 cm.; en la etapa intermedia 28,9cm. y en la etapa final de 29 cm. (Ver Figura N°1).

En cuanto a la elaboración de la curvas del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) se puede observar gráficamente la variación del  $K_c$  siendo que; en la etapa inicial alcanzó un coeficiente de 0,45; en la etapa de desarrollo se presenta como un aumento constante hasta desde la etapa inicial hasta alcanzar como máximo el valor del coeficiente de la etapa intermedia; en la etapa intermedia se observa que ha alcanzado un valor de 1,1; en la etapa final se observa un descenso del valor del coeficiente desde 1,1 que es el valor de la etapa anterior hasta alcanzar un mínimo de 1,0. (Ver Figura N°2).

La curva de relación entre la profundidad radicular y el coeficiente del cultivo ( $K_c$  vs.  $z_r$ ) en donde se puede observar como el coeficiente del cultivo se desenvuelve independientemente del desarrollo radicular, en conclusión la variación del  $K_c$  depende de los requerimientos fisiológicos en la maduración del cultivo; en cambio la profundidad radicular tiene una relación directa con el paso del tiempo y por ende con el desarrollo de la planta hasta alcanzar su máximo, es decir que la profundidad radicular depende de procesos morfológicos (Ver Figura N°3).

La evapotranspiración del cultivo ( $E_{Tc}$ ), presenta valores con variaciones muy marcadas vinculadas directamente al efecto del clima en las funciones de la planta (Ver Tabla N°1).

## CAPÍTULO I.

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

##### 1.1.1. Formulación del problema.

La falta de datos en el Ecuador sobre las etapas fenológicas y la profundidad radicular en el cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*), provoca una errada planificación de riego, producción y comercialización.

##### 1.1.2. Contextualización.

El Programa Nacional de Leguminosas (1997), de la Estación Experimental “Santa Catalina”. Menciona que la arveja (*Pisum Sativum L.*), conocida también como alverja, constituye un cultivo importante en los sistemas de producción de las provincias de la sierra ecuatoriana y es consumida en todas las regiones del Ecuador, dentro de las leguminosas de grano comestible, la arveja está ubicada en el segundo lugar luego del fréjol. En promedio, anualmente se cosechan alrededor de 11.600 ha en grano seco y 10.435 ha en vaina verde y para el consumo de grano en tierno como verdura. Los agricultores han venido cultivando la arveja bajo un sistema tradicional y poco tecnificado desde el punto agronómico de la planta, con la utilización de semillas de mala calidad y cultivos en zonas no apropiadas.

Para obtener una mejor idea de los datos usados para la planificación de riego del cultivo de arveja a continuación se presentan datos de la Universidad del Estado de Utah, preparado por Trezza R. y Andino J. sin fecha en el CUADRO N° 1.

**CUADRO N° 1. Longitud de las etapas del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.**

<b>Cultivo</b>	<b>Inicio (días)</b>	<b>Desarrollo (días)</b>	<b>Intermedia (días)</b>	<b>Final (días)</b>	<b>Total (días)</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Región</b>
Arveja	15	25	35	15	90	Mayo	California USA
(Guisantes)	20	20	35	15	100	Marzo/Abril	California USA
	35	25	30	20	110	Abril	Mediterráneo

FUENTE: Trezza, R; Andino, J. Determinación de la evapotranspiración de los cultivos; Utah State University.

Peralta (1998), indica que en el Ecuador las zonas de cultivo más potenciales se encuentran en Carchi con un 43% de la producción nacional, seguido por Pichincha, Imbabura, Chimborazo y Bolívar. Se cultiva en áreas de temporal o secado y bajo riego; en fincas de pequeños, medianos y grandes agricultores. Es altamente rentable al comercializarla en estado tierno (vaina) como verdura, por la costumbre de consumir tanto en Sierra, Costa y Oriente. El aporte en carbohidratos y proteínas (22% a 26%) es también importante para mejorar la alimentación y la nutrición de la población.

## **1.2. ANÁLISIS CRÍTICO.**

Uno de los mayores problemas que tienen los productores de arveja en el Ecuador es la ausencia de datos de la región sobre la profundidad radicular y la duración de las etapas fenológicas para la planificación del riego, elaboración de calendarios y la planificación de la producción.

Nazareno (1989), manifiesta que, la capacidad de profundización de la raíz no resulta tan acentuada como la de otras leguminosas de grano, por lo que requiere bastante agua.

Hernández, L. (2010), señala que las observaciones fenológicas en la agricultura son de suma importancia ya que el conocimiento de las necesidades climáticas de una especie vegetal, permite una mejor elección del tipo de producción a implementar en una zona o región, Es decir que, la observación y cuantificación de los distintos fenómenos de los vegetales, que se relacionan con los elementos y factores climáticos, significan un paso en el conocimiento de las formas y metodologías que permitan un uso racional del medio ambiente en beneficio de la producción.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

Volpe (1992), Villalpando y Ruiz; Indican que en la actualidad se dispone de suficiente información sobre los factores climáticos, edáficos y biológicos involucrados en la duración del ciclo biológico y producción de los cultivos. Sin embargo, es bastante frecuente encontrar que para referirse a un momento determinado de su ciclo biológico, esto se haga en términos de una escala de tiempo (Días Después de la Siembra, DDS) relacionándola con las observaciones y prácticas que se llevan a cabo en ellos sin tomar en cuenta el efecto de tales factores sobre la morfología de las plantas.

Fournier (1978), señala que es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros. Como es natural, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre; y viceversa, de la fenología se puede sacar secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima cuando ni uno, ni otro se conocen debidamente.

Por estas razones se justifica plenamente la ejecución de este proyecto debido a que con la presente investigación se busca aportar a la tecnología de riego en el cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*) para que permita a los productores aprovechar el agua de riego de una manera eficiente mediante el uso de datos reales y propios de una zona específica.



## **1.4. OBJETIVOS.**

### **1.4.1. General.**

Establecer el número de días del ciclo del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*) en la variedad Quantum.

### **1.4.2. Específicos.**

- Determinar la duración de cada una de las cuatro etapas fenológicas.
- Construir curvas de profundidad radicular ( $z_r$ ) de acuerdo a los días de duración de cada etapa.
- Elaborar curvas del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) en relación a cada etapa fenológica.
- Construir la curva de relación entre la profundidad radicular y el coeficiente del cultivo ( $K_c$  vs.  $z_r$ ).
- Calcular la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ).

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

Mayorga, S. (2000), en su investigación sobre la determinación de la longitud radicular de frejol y arveja, evaluó la longitud y el volumen radicular cada 15 días desde la siembra hasta la cosecha en una variedad tardía de 177 días donde la mayor longitud registrada fue de 27.5 cm. a los 135 días.

Pico, T. y Chango, H. (2005), realizaron la introducción de tres híbridos de arveja con tres distancias de siembra, evaluaron los días a la cosecha donde encontraron que varían de 116 a 130 días.

Galindo, J. y Clavijo, J. (2008), realizaron una investigación de la fenología de la arveja variedad Santa Isabel bajo cubierta y a campo abierto en los que estudiaron los días a la emergencia, y nudos totales obteniendo un promedio de 11 días a la emergencia bajo cubierta y de 11 nudos por planta; a campo abierto obtuvieron un promedio de 32 días a la emergencia y 12 nudos por planta como resultados.

#### **2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.**

##### **2.2.1. Fenología.**

Volpe (1992); Villalpando y Ruiz (1993); Schwartz (1999), señalan que el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas se denomina fenología palabra que deriva del griego *phaino* que significa manifestar, y *logos* tratado.

El término fenología se cree tuvo su primer uso por el botánico belga Charles Morren en 1958, sin embargo, la observación de eventos fenológicos data de varios siglos atrás en la antigua China, quienes desarrollaron calendarios fenológicos, siglos antes de Jesucristo. Desde hace más de 200 años algunos agricultores de los E.E.U.U. iniciaron sus registros de las fechas de siembra, emergencia, foliación, caída de hojas, y otros, de muchas especies de

plantas. Luego del desarrollo del termómetro se hizo posible correlacionar estas etapas del desarrollo con el clima, especialmente con la temperatura y humedad.

En 1918 Andrew Hopkins estableció la ley Bioclimática, ampliada en 1938, donde se recomienda el uso de observaciones fenológicas en lugar de observaciones meteorológicas ya que las primeras integran los efectos del microclima y los factores edáficos en la vida de las plantas, de tal forma que otro instrumento no lo puede hacer.

Hopkins, A. (1918), señala que se dispone de suficiente información sobre los factores climáticos, edáficos y biológicos involucrados en la duración del ciclo biológico y producción de los cultivos. Sin embargo, es bastante frecuente encontrar que para referirse a un momento determinado de su ciclo biológico, esto se haga en términos de una escala de tiempo (Días Después de la Siembra, DDS) relacionándola con las observaciones y prácticas que se llevan a cabo en ellos sin tomar en cuenta el efecto de tales factores sobre la morfología de las plantas; el ciclo biológico cambia con el genotipo y con los factores del clima, esto quiere decir, que las plantas del mismo genotipo sembradas bajo diferentes condiciones climáticas pueden presentar diferentes estados de desarrollo después de transcurrido el mismo tiempo cronológico. Por lo que cada vez cobra mayor importancia el uso de escalas fenológicas que permiten a la vez, referirse a las observaciones y prácticas de manejo del cultivo en una etapa de desarrollo determinado.

Torres, E. (2005), indica , dado que el producto final de un cultivo, no es sino la consecuencia de un proceso derivado de las actividades agrícolas efectuadas durante todo el ciclo, para los investigadores y productores se hace necesario el conocimiento de la fenología agrícola y la posible duración de las diferentes etapas.

Conceptos de uso en Fenología Agrícola:

**2.1.1.1. Fase:** Torres, E. (2005), señala que la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama fase. La emergencia de plantas pequeñas, la brotación de la vid, la floración del manzano son verdaderas fases fenológicas.

**2.1.1.2. Etapa:** Torres, E. (2005), dice que una etapa fenológica está delimitada por dos fases sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado elemento climático, de manera que las oscilaciones en los valores de este fenómeno meteorológico se reflejan en el rendimiento del cultivo; éstos períodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. El comienzo y fin de fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas; en el transcurso de la historia el hombre ha utilizado su conocimiento sobre los eventos fenológicos en la agricultura. La fenología, la cual fue una parte integral de las antiguas prácticas agrícolas, aún mantiene una muy cercana relación con la agricultura moderna a través de sus valiosas contribuciones. Los eventos comúnmente observados en cultivos agrícolas y hortícolas son: siembra, germinación, emergencia (inicio), floración (primera, completa y última) y cosecha. Los eventos adicionales observados en ciertos cultivos específicos incluyen: presencia de yema, aparición de hojas, maduración de frutos, caída de hojas para varios árboles frutales.

Villalpando, J. y Ruiz, A. (1993), manifiestan que el período entre dos distintas fases es llamado "Estado Fenológico". La designación de eventos fenológicos significativos varía con el tipo de planta en observación.

Ruiz, A. (1991), indica que se debe considerar que un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas (Aparición de nueva hoja, Floración, Inicio de desarrollo del fruto, Fin de desarrollo del fruto y Madurez del fruto), si crece en condiciones climatológicas diferentes a su región de origen.

Marcucci (1948), citado por Solórzano (1994). Todos estos estados son visualmente detectables. Para estados no visualmente detectables (estados de dormancia), elaboró una serie de estudios fisio-morfológicos de las fases de pre-aparición de yemas y pre-floración en los árboles. Encontró que en este estado de dormancia, las yemas indiferenciales no están completamente en dormancia, y llamó a este período "cryptofase".

Azzi (1956), citado por Solórzano (1994), en su estudio en la almendra, señala la existencia de un estado prolongado de latencia entre la presencia de un fruto incipiente y la maduración del fruto; otros aspectos que son regularmente observados pueden considerarse como indicadores fenológicos del patrón del crecimiento y desarrollo del cultivo.

Para árboles frutales, las fechas de floración y maduración de frutos se aceptan generalmente como indicadores significativos.

Villalpando, J. y Ruiz, A. (1993), aseveran que en el caso de árboles frutales, arbustivos perennes, el período entre la floración y la presencia de un fruto incipiente se ha reconocido durante mucho tiempo como uno de los estados de desarrollo importantes. De manera que el conteo aleatorio de flores (número de flores en pocas ramas seleccionadas), del conteo de frutos (número de frutos de un tamaño específico en las ramas usadas en el conteo de flores) y peso, constituyen indicadores destacados de rendimientos. Fases a observar en registro semanal fenológico para frutales: Yema hinchada, Brotes de 10 a 15 cm, Inflorescencia visible (1 cm), Primera flor, Plena floración (50%), Fruto pequeño (1,5 cm), Maduración (50%), Cosecha, Reposo.

Booher, L. (1974), señala que la FAO divide el ciclo de vida de los cultivos anuales en cuatro etapas:

a) Primera Etapa: Etapa inicial o del establecimiento del cultivo:

Desde la siembra y hasta que el cultivo queda plenamente en el campo: En ésta etapa se han desarrollado las primeras hojas verdaderas, y el cultivo cubre un 10% de la superficie.

b) Segunda Etapa: Etapa del rápido desarrollo del cultivo.

Desde el final de la etapa inicial, y hasta que el cultivo cubre efectivamente la superficie del suelo, (es decir, no menos de un 70%-80%) aquí ésta empieza la floración.

c) Tercera Etapa: Etapa de mediados de temporada o de máximo uso consuntivo:

Desde el final de la etapa de desarrollo, hasta el inicio de la maduración del cultivo, la cual se manifiesta por la senectud del follaje. Durante ésta época el cultivo alcanza el máximo uso consuntivo; ésta etapa termina al disminuir el consumo de agua a medida que el cultivo envejece.

d) Cuarta Etapa: Etapa de maduración y cosecha.

Ésta etapa termina con la maduración del cultivo o su cosecha. Durante ésta etapa el consumo de agua disminuye paulatinamente. Es la época en la cual se aplica el último riego de la temporada. La FAO ha establecido el valor de Kc para el final de temporada.

### **2.2.2. Sistema radicular.**

Wikipedia, (2012), expresa que la planta posee un sistema vegetativo poco desarrollado aunque con una raíz pivotante que tiende a profundizar bastante. Las hojas están formadas por pares de folíolos terminados en zarcillos. Las inflorescencias nacen arracimadas en brácteas foliáceas que se insertan en las axilas de las hojas. Las semillas (guisantes) se encuentran en vainas de entre 5 a 10 cm de largo que contienen entre 4 y 10 unidades. Existen variedades de hábito determinado, es decir, que crecen como hierbas hasta una altura definida, y otras de hábito indeterminado, que se comportan como enredaderas que no dejan de crecer y requieren medios de soporte o "guías".

Domínguez, A. (1993), señala que la rizósfera o zona del suelo explorada por las raíces es un aspecto básico para el desarrollo de los cultivos y tiene un efecto bien correlacionado con la productividad de los cultivos. Naturalmente, la profundidad que pueden alcanzar las raíces, sin limitaciones de suelo dependen del cultivo. No obstante, hay que tener en cuenta que el desarrollo del sistema radicular de las plantas está en cierta medida condicionado a satisfacer las necesidades del desarrollo general de la planta.

Fuentes, J. (2003), indica que la profundidad radicular está determinada por una serie de factores, tales como características genéticas, características del suelo (textura, estructura, capas impermeables, etc.), el nivel de agua en el suelo, nutrientes, oxígeno, etc. Cuando la planta esté bien arraigada y existan buenas condiciones de cultivo, el rendimiento del mismo queda afectado cuando se reduce por alguna causa el sistema radical. La profundidad total del sistema radical es característica de cada especie, cuando el suelo es profundo y homogéneo, pero varía según diversos factores, como el nivel de humedad en el suelo en la primera fase del desarrollo, la proximidad a la capa freática, la existencia de horizontes

calizos; por consiguiente, conviene considerar, no la profundidad total del sistema radical, sino la profundidad efectiva, que corresponde, aproximadamente, a un 80% de su profundidad total.

Lesur, L. (2006), dice que a medida que se desarrolla una planta, aumenta su necesidad de agua y extiende su sistema radicular para aumentar su capacidad de absorción. Mayor número de hojas de la planta hace aumentar su transpiración, aumentando la demanda de agua gradualmente desde la germinación de la semilla hasta llegar a un máximo en el momento de la formación de los frutos o semillas, aidez que puede continuar por algunas semanas en la mayoría de los cultivos. Una vez que las semillas se han formado, los requerimientos de agua disminuyen rápidamente.

### **2.2.3. Coeficiente del cultivo (Kc).**

La FAO en su estudio N°56 de riego y drenaje, señala que de acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo  $ET_c$  se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia,  $ET_o$  y el coeficiente del cultivo  $K_c$ :  $ET_c = K_c * ET_o$ ; donde  $ET_c$  = la evapotranspiración del cultivo [mm d-1],  $K_c$  coeficiente del cultivo [adimensional], y  $ET_o$  = la evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1].

El mismo autor indica que la mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de  $ET_o$ . Por lo tanto, mientras  $ET_o$  representa un indicador de la demanda climática, el valor de  $K_c$  varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas. Este hecho constituye la razón principal de la aceptación general y utilidad de la metodología del coeficiente del cultivo, así como de los valores de  $K_c$  desarrollados en estudios anteriores.

### **2.2.4. Evapotranspiración del cultivo.**

La FAO en su estudio N°56 de riego y drenaje indica que se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se

pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo, explicados a continuación:

**2.2.4.1. 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 el vapor de agua (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 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.



**2.2.4.2. 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.

**2.2.4.3. Evapotranspiración (ET):** La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ET ocurre como transpiración.

## **CAPÍTULO III.**

### **METODOLOGÍA.**

#### **3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **3.1.1. Enfoque.**

La presente investigación posee un enfoque cuali-cuantitativo.

##### **3.1.2. Tipo.**

Esa investigación fue de carácter no experimental exploratoria y descriptiva.

##### **3.1.3. Modalidad.**

La modalidad fue completamente de campo.

#### **3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO.**

La investigación se realizó en la Granja Experimental Docente “Querochaca” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el sector Tambo - Querochaca del cantón Cevallos, provincia del Tungurahua. Tiene una temperatura media anual de 12,5 °C y una altitud de 2850 msnm. La precipitación oscila entre 500 y 700 mm anuales.

#### **3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.**

##### **3.3.1. Suelo.**

Según el Instituto Geográfico Militar (1985), los suelos de esta zona corresponden al suborden Andeps, los mismos que se caracteriza por la presencia de materiales amorfos y ceniza volcánica con una textura franco arenoso. Presenta una reacción neutra a ligeramente alcalina, la capacidad de intercambio catiónico y la saturación de bases es alta.

### **3.3.2. Agua.**

Junta de Agua de Riego (2010), menciona que el agua utilizada en la Experimental Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo, tiene las siguientes características pH de 7.4, temperatura 14 °C, conductividad eléctrica de 54 µS/cm una alcalinidad total de 100 mg/l, dureza de 88 mg/l y un caudal de 9.0 L/sg.

### **3.3.3. Ecología.**

De acuerdo con la clasificación de las zonas de la vida realizada por Holdrige (1982) el sector donde se asienta la Granja Experimental Docente “Querochaca”, se encuentra en la clasificación estepa-espinoso Montano Bajo (ee-MB), en transición con el bosque-seco montano bajo (bs - MB).

### **3.3.4. Clima.**

Los datos registrados en la estación meteorológica de la Granja Experimental Docente “Querochaca” según los promedios durante el tiempo de la investigación desde el 24 de octubre del 2012 hasta el 19 de febrero del 2013, son los siguientes:

Temperatura media .....	14,01 °C
Temperatura máxima.....	20 °C
Temperatura mínima.....	8,20 °C
Precipitación acumulada.....	216,3 mm
Humedad relativa.....	74,10 %
Viento: Frecuencia.....	Este a Oeste
Velocidad.....	1,34 m/s

### **3.4. FACTORES EN ESTUDIO.**

#### **3.4.1. Etapas fenológicas.**

Los datos tomados se registraron cuando el 75% de las plantas de la parcela cumplieron con la finalización de la etapa respectiva de acuerdo a la FAO.

#### **3.4.2. Longitud radicular.**

Se tomó al mismo tiempo que se registraba el inicio/culminación de cada etapa.

### **3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.**

Este estudio no requirió un diseño experimental ya que se tratan de observaciones directas en la parcela con enfoque exploratorio.

### **3.6. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.**

- Largo del surco.  
20 m.
- Ancho del surco.  
60 cm.
- Número de plantas de la parcela total.  
600 plantas.
- Área de la parcela total.  
120 m<sup>2</sup>.
- Área de caminos.  
6 m<sup>2</sup>
- Área total del ensayo.  
126 m<sup>2</sup>
- Muestras tomadas /etapa  
30
- Total de muestras tomadas /ciclo  
120

### **3.7. DATOS TOMADOS.**

- Etapas fenológicas: en días.
- Longitud radicular: en centímetros.

### **3.8. MANEJO DEL ENSAYO.**

#### **3.8.1. Preparación del terreno.**

Se llevó a cabo una labor precultural con el paso del arado de vertedera según las necesidades que presentó el terreno y para finalizar un pase de rastrillo, que dejó la capa superficial del suelo formada por pequeños agregados.

#### **3.8.2. Siembra.**

La siembra se realizó manualmente, antes de lo cual a esta labor se realizó la construcción de los surcos a una distancia de 60 cm entre hileras, en las cuales se colocó las semillas a golpe 3 semillas por hoyo a 5 cm de profundidad a 40 cm de distancia, con una desinfección previa de la semilla con Vitavax.

#### **3.8.3. Control de malezas.**

Las deshieras se realizaron de forma manual por 5 ocasiones durante el ciclo del cultivo. La primera deshiera se realizó a los 15 días de la emergencia y los cuatro restantes con un intervalo de 15 días.

#### **3.8.4. Riego.**

Riego gravitacional por surcos, antes de la siembra, fue necesario dar un riego para que el suelo tenga humedad suficiente cuando reciba la semilla, de ahí en adelante un riego cada 14 días fue suficiente.

### **3.8.5. Fertilización.**

La fertilización se realizó en forma manual por vía foliar con Flash Líquido 9 – 9 – 9 - 9 más micro elementos 0,3 cc/l.

### **3.8.6. Toma de muestras.**

La toma de muestras se realizó cuando el cultivo cumplió con los parámetros establecidos para cada fase, para el muestreo de la profundidad radicular se realizó el mismo día cuando se completaba cada etapa haciendo una excavación junto a la planta teniendo cuidado de no atrofiar la estructura del sistema radicular ni la distribución de ésta en el suelo, la medición se llevó a cabo con la misma regla durante cada muestreo y en cada etapa.

En cada muestreo se tomaron 30 datos, por cada una de las cuatro etapas, de manera sistemática dando un total de 120 individuos muestreados en todo el ciclo de cultivo; ya sea por ser la primera o última hilera, el principio o final de cada columna, o por la eliminación del individuo por la toma de muestras, se daba por descartado como individuo de investigación a aquella planta cuya competencia nutricional se veía alterada por la ausencia de otro individuo en cualquiera de sus contornos con el fin reducir el sesgo de resultados reales propios de un monocultivo.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos están basados de acuerdo a las características establecidas por la FAO para el cumplimiento de cada etapa, con el ensayo llevado a cabo bajo las condiciones climáticas donde se halla ubicada la Granja Experimental Docente “Querochaca” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, perteneciente al cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua.

##### 4.1.1. Etapa inicial.

La etapa inicial, tuvo una duración de 19 días, desde el 24 de octubre hasta el 12 de noviembre del 2012, en donde se constató que se aproxima más a los datos obtenidos en California con fechas de siembra Marzo/Abril, pudiendo concluirse que ésta etapa se basa en la temperatura del suelo y no tanto en los factores climáticos fuera de éste (Ver Cuadro N° 2).

Durante ésta etapa se obtuvieron los siguientes datos promedio:

Temperatura:	13,6 °C,
Humedad Relativa:	74,3 %
Precipitación Acumulada:	70,3 mm.
Profundidad radicular:	7,9 cm.

**CUADRO N° 2. Longitud de la etapa inicial del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.**

<b>Cultivo</b>	<b>Inicio (días)</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Región</b>
	15	Mayo	California USA
Arveja	20	Marzo/Abril	California USA
(Guisantes)	35	Abril	Mediterráneo
	<b>19</b>	<b>Octubre</b>	<b>Querochaca</b>

#### **4.1.2. Etapa de desarrollo.**

La etapa de desarrollo, tuvo una duración de 29 días, desde el 13 de noviembre hasta el 11 de diciembre del 2012, obteniéndose como resultado una etapa con una mayor duración con respecto a los referentes de USA y el Mediterráneo, según la publicación de la universidad de Utah State. A diferencia de la etapa inicial, ésta etapa depende principalmente de los factores de clima (Ver Cuadro N° 3).

Durante ésta etapa se obtuvieron los siguientes datos promedio:

Temperatura:	14,6 °C
Humedad Relativa:	71,97 %
Precipitación acumulada:	15 mm.
Profundidad Radicular:	14,9 cm.



**CUADRO N° 3. Longitud de la etapa de desarrollo del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.**

<b>Cultivo</b>	<b>Desarrollo (días)</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Región</b>
	25	Mayo	California USA
Arveja	20	Marzo/Abril	California USA
(Guisantes)	25	Abril	Mediterráneo
	<b>29</b>	<b>Octubre</b>	<b>Querochaca</b>

#### **4.1.3. Etapa de intermedia.**

La etapa intermedia tuvo una duración de 36 días, desde el 12 de diciembre del 2012 hasta el 16 de enero del 2013, al igual que en la etapa anterior tomó más tiempo que en comparación con las demás regiones de donde se posee los datos; al igual que la etapa de desarrollo, ésta etapa depende principalmente de los factores de clima (Ver Cuadro N° 4).

Durante ésta etapa se obtuvieron los siguientes datos promedio:

Temperatura:	14,3 °C
Humedad Relativa:	73,3 %
Precipitación acumulada:	34,3 mm.
Profundidad radicular:	29,8 cm.

**CUADRO N° 4. Longitud de la etapa intermedia del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.**

<b>Cultivo</b>	<b>Intermedia (días)</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Región</b>
	35	Mayo	California USA
Arveja	35	Marzo/Abril	California USA
(Guisantes)	30	Abril	Mediterráneo
	<b>36</b>	<b>Octubre</b>	<b>Querochaca</b>

#### **4.1.4. Etapa final.**

La etapa final, tuvo una duración de 34 días, desde el 17 de enero hasta el 19 de febrero del 2013, finalmente ésta etapa es la que presenta mayor diferencia con las demás regiones, esto se puede explicar por las bajas temperaturas y la alta humedad relativa presente en la Granja Docente “Querochaca” (Ver Cuadro N° 5).

Durante ésta etapa se obtuvieron los siguientes datos promedio:

Temperatura:	14,2 °C
Humedad Relativa:	76,5 %
Precipitación acumulada:	96,7 mm
Profundidad radicular:	29,9 cm.

**CUADRO N° 5. Longitud de la etapa final del cultivo de arveja para diferentes climas y fechas de siembra.**

<b>Cultivo</b>	<b>Final (días)</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Región</b>
	15	Mayo	California USA
Arveja	15	Marzo/Abril	California USA
(Guisantes)	20	Abril	Mediterráneo
	<b>34</b>	<b>Octubre</b>	<b>Querochaca</b>

A continuación se puede observar los datos registrados para establecer el ciclo real del cultivo de arveja *Pisum Sativum L.* (ver Tabla N° 2), Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ver Tabla N° 3), Curva del coeficiente del cultivo (ver Figura N° 1); curva de desarrollo radicular (ver Figura N° 2). Relación entre Kc y zr (ver Figura N° 3).

**CUADRO N° 6. Resultados de la duración de los datos registrados para establecer el ciclo real del cultivo.**

<b>ETAPA</b>	<b>DÍAS</b>	<b>PROFUNDIDAD RADICULAR (cm)</b>
<b>Inicial</b>		
12/11/2012	19	7,9
<b>Desarrollo</b>		
11/12/2012	29	14,9
<b>Intermedia</b>		
16/01/2012	36	29,8
<b>Final</b>		
19/02/2013	34	29,9
<b>Total</b>	<b>118</b>	-

**TABLA N° 1. Calculo de la Evapotranspiración del cultivo (ETc). Método de tanque evaporímetro Clase”A”.**

MES	FECHA	T° máx.	T°med .	T° mín.	Ev. (A) (mm/día)	HR %	V.V. (Km/h)	V.V. (Km/día)	V.V. (m/s)	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)
<b>OCTUBRE</b>	24	15,30	11,10	6,90	2,20	86	13,30	319,70	3,70	0,75	1,65	0,45	0,74
	25	17,50	13,00	8,40	3,20	76	28,10	673,90	7,80	0,65	2,08	0,45	0,94
	26	18,50	12,20	5,80	3,70	70	33,50	803,50	9,30	0,60	2,22	0,45	1,00
	27	18,10	12,20	6,30	3,50	74	41,40	993,60	11,50	0,60	2,10	0,45	0,95
	28	18,80	12,70	6,60	3,00	69	24,80	596,20	6,90	0,60	1,80	0,45	0,81
	29	19,50	14,20	8,90	3,00	72	18,40	440,60	5,10	0,65	1,95	0,45	0,88
	30	19,70	14,30	8,90	4,50	74	20,50	492,50	5,70	0,65	2,93	0,45	1,32
	31	19,60	14,20	8,70	3,30	74	21,20	509,80	5,90	0,65	2,15	0,45	0,97
<b>NOVIEMBRE</b>	1	20,70	13,10	5,50	3,20	69	31,70	760,30	8,80	0,55	1,76	0,45	0,79
	2	17,90	11,70	5,50	2,70	76	28,10	673,90	7,80	0,65	1,76	0,45	0,79
	3	20,40	12,80	5,10	3,10	70	29,90	717,10	8,30	0,60	1,86	0,45	0,84
	4	21,20	13,40	5,50	2,90	71	16,90	406,10	4,70	0,75	2,18	0,45	0,98
	5	19,00	13,40	7,70	2,50	86	19,10	457,90	5,30	0,65	1,63	0,45	0,73
	6	18,60	14,00	9,40	2,40	89	12,20	293,80	3,40	0,75	1,80	0,45	0,81
	7	18,20	13,20	8,20	2,70	74	19,40	466,60	5,40	0,65	1,76	0,45	0,79
	8	17,20	12,00	6,70	2,60	77	29,20	699,80	8,10	0,60	1,56	0,45	0,70
	9	20,10	12,50	4,90	2,90	71	28,80	691,20	8,00	0,65	1,89	0,45	0,85
	10	22,10	13,20	4,20	4,10	66	22,30	535,70	6,20	0,60	2,46	0,45	1,11
	11	21,20	15,00	8,80	4,80	80	28,10	673,90	7,80	0,65	3,12	0,45	1,40
	12	20,90	13,70	6,50	3,10	75	15,50	371,50	4,30	0,75	2,33	0,45	1,05
	13	21,60	15,80	9,90	3,30	72	13,70	328,30	3,80	0,75	2,48	0,47	1,17
	14	21,20	15,60	9,90	3,40	79	20,20	483,80	5,60	0,65	2,21	0,49	1,09
	15	20,10	14,50	8,90	2,70	78	28,40	682,60	7,90	0,65	1,76	0,52	0,90
	16	22,00	14,40	6,80	2,80	65	38,50	924,50	10,70	0,55	1,54	0,54	0,83
	17	20,40	12,60	4,70	3,70	68	36,40	872,60	10,10	0,55	2,04	0,56	1,14

MES	FECHA	T° máx.	T° med .	T° mín.	Ev. (A) (mm/día)	HR %	V.V. (Km/h)	V.V. (Km/día)	V.V. (m/s)	Ktan	ETp (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)
	18	23,30	13,40	3,50	4,10	64	20,50	492,50	5,70	0,60	2,46	0,58	1,43
	19	21,80	16,30	10,80	3,60	74	15,10	362,90	4,20	0,75	2,70	0,60	1,62
	20	21,20	15,10	8,90	3,30	68	19,10	457,90	5,30	0,60	1,98	0,62	1,23
	21	21,80	15,20	8,50	3,10	73	18,70	449,30	5,20	0,65	2,02	0,65	1,30
	22	21,20	15,90	10,50	3,60	72	19,40	466,60	5,40	0,65	2,34	0,67	1,56
	23	22,30	15,60	8,80	4,10	67	19,40	466,60	5,40	0,60	2,46	0,69	1,69
	24	18,40	13,90	9,30	2,30	77	18,00	432,00	5,00	0,65	1,50	0,71	1,06
	25	18,50	14,30	10,00	2,60	75	18,70	449,30	5,20	0,65	1,69	0,73	1,24
	26	17,00	13,70	10,30	1,40	81	13,70	328,30	3,80	0,75	1,05	0,75	0,79
	27	22,00	15,50	9,00	4,10	71	26,30	630,70	7,30	0,65	2,67	0,78	2,07
	28	23,50	16,30	9,00	4,50	72	30,20	725,80	8,40	0,60	2,70	0,80	2,15
	29	18,60	14,10	9,50	2,50	84	27,40	656,60	7,60	0,65	1,63	0,82	1,33
	30	20,70	13,90	7,10	2,80	64	36,00	864,00	10,00	0,55	1,54	0,84	1,29
<b>DICIEMBRE</b>	1	22,30	13,90	5,40	5,00	69	32,40	777,60	9,00	0,55	2,75	0,86	2,37
	2	21,80	15,00	8,10	3,30	66	28,80	691,20	8,00	0,60	1,98	0,88	1,75
	3	23,40	14,90	6,40	4,40	64	37,80	907,20	10,50	0,55	2,42	0,91	2,19
	4	22,00	13,90	5,70	3,60	74	33,50	803,50	9,30	0,60	2,16	0,93	2,00
	5	21,20	14,50	7,70	2,90	71	31,70	760,30	8,80	0,60	1,74	0,95	1,65
	6	23,40	14,30	5,20	3,30	63	19,10	457,90	5,30	0,60	1,98	0,97	1,92
	7	22,50	16,10	9,70	3,10	70	26,60	639,40	7,40	0,65	2,02	0,99	2,00
	8	17,90	13,80	9,70	2,80	76	41,80	1002,20	11,60	0,60	1,68	1,01	1,70
	9	16,40	13,20	9,90	2,20	76	39,60	950,40	11,00	0,60	1,32	1,04	1,37
	10	16,70	13,00	9,20	2,00	80	19,80	475,20	5,50	0,65	1,30	1,06	1,37
	11	19,60	14,70	9,70	2,50	74	18,40	440,60	5,10	0,65	1,63	1,08	1,75
	12	19,90	13,80	7,70	2,00	69	18,70	449,30	5,20	0,60	1,20	1,10	1,32
	13	20,20	15,00	9,80	2,90	80	35,60	855,40	9,90	0,60	1,74	1,10	1,91
	14	21,80	13,70	5,50	3,80	63	34,90	838,10	9,70	0,55	2,09	1,10	2,30

MES	FECHA	T° máx.	T°med .	T° mín.	Ev. (A) (mm/día)	HR %	V.V. (Km/h)	V.V. (Km/día)	V.V. (m/s)	Ktan	ETp (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)
	15	23,70	14,90	6,00	3,60	58	32,40	777,60	9,00	0,55	1,98	1,10	2,18
	16	21,30	13,20	5,00	3,70	60	31,00	743,00	8,60	0,55	2,04	1,10	2,24
	17	22,70	13,80	4,90	4,30	64	23,00	553,00	6,40	0,60	2,58	1,10	2,84
	18	22,90	15,30	7,60	4,60	58	23,00	553,00	6,40	0,60	2,76	1,10	3,04
	19	21,90	15,40	8,90	3,50	71	21,20	509,80	5,90	0,65	2,28	1,10	2,50
	20	21,40	15,20	8,90	3,20	69	19,80	475,20	5,50	0,60	1,92	1,10	2,11
	21	19,70	13,30	6,80	2,90	65	14,40	345,60	4,00	0,70	2,03	1,10	2,23
	22	16,90	13,00	9,00	2,30	82	13,30	319,70	3,70	0,75	1,73	1,10	1,90
	23	19,40	13,20	6,90	2,10	79	20,50	492,50	5,70	0,65	1,37	1,10	1,50
	24	19,40	14,00	8,50	2,40	75	18,00	432,00	5,00	0,65	1,56	1,10	1,72
	25	22,30	14,40	6,50	2,90	73	16,60	397,40	4,60	0,75	2,18	1,10	2,39
	26	21,40	15,70	9,90	2,40	77	18,40	440,60	5,10	0,65	1,56	1,10	1,72
	27	17,50	13,70	9,80	2,60	77	30,20	725,80	8,40	0,60	1,56	1,10	1,72
	28	18,80	14,30	9,70	3,30	73	30,20	725,80	8,40	0,60	1,98	1,10	2,18
	29	19,90	14,60	9,30	2,80	72	21,20	509,80	5,90	0,65	1,82	1,10	2,00
	30	19,70	13,80	7,90	3,00	78	23,40	561,60	6,50	0,65	1,95	1,10	2,15
	31	16,20	12,60	8,90	1,50	79	16,20	388,80	4,50	0,75	1,13	1,10	1,24
<b>ENERO</b>	1	15,80	12,30	8,80	1,20	82	19,40	466,60	5,40	0,65	0,78	1,10	0,86
	2	17,20	12,80	7,90	1,50	90	19,80	475,20	5,50	0,65	0,98	1,10	1,07
	3	19,10	13,70	8,30	1,20	81	29,90	717,10	8,30	0,60	0,72	1,10	0,79
	4	17,20	13,40	9,60	2,00	84	40,70	976,30	11,30	0,60	1,20	1,10	1,32
	5	19,70	14,80	9,80	3,20	80	31,70	760,30	8,80	0,60	1,92	1,10	2,11
	6	19,30	14,20	9,00	3,10	76	15,50	371,50	4,30	0,75	2,33	1,10	2,56
	7	17,90	14,10	10,30	3,20	78	28,40	682,60	7,90	0,65	2,08	1,10	2,29
	8	18,80	14,50	10,10	2,60	70	27,70	665,30	7,70	0,65	1,69	1,10	1,86
	9	17,20	13,50	9,80	2,10	83	37,10	889,90	10,30	0,60	1,26	1,10	1,39
	10	18,10	14,90	11,60	2,70	79	33,10	794,90	9,20	0,60	1,62	1,10	1,78
	11	21,30	15,80	10,20	3,20	74	18,70	449,30	5,20	0,65	2,08	1,10	2,29

MES	FECHA	T° máx.	T°med .	T° mín.	Ev. (A) (mm/día)	HR %	V.V. (Km/h)	V.V. (Km/día)	V.V. (m/s)	Ktan	ETp (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)
	12	23,90	16,60	9,30	5,10	74	23,00	553,00	6,40	0,65	3,32	1,10	3,65
	13	24,00	16,80	9,50	4,80	69	20,50	492,50	5,70	0,60	2,88	1,10	3,17
	14	22,60	15,40	8,20	5,50	64	35,30	846,70	9,80	0,55	3,03	1,10	3,33
	15	23,10	13,30	3,50	4,80	66	29,20	699,80	8,10	0,55	2,64	1,10	2,90
	16	23,90	14,70	5,50	4,00	65	17,60	423,40	4,90	0,70	2,80	1,10	3,08
	17	22,30	15,90	9,40	4,10	65	18,70	449,30	5,20	0,60	2,46	1,10	2,70
	18	17,50	13,70	9,80	2,30	79	28,40	682,60	7,90	0,65	1,50	1,09	1,64
	19	17,90	11,40	4,90	1,60	74	13,70	328,30	3,80	0,75	1,20	1,09	1,31
	20	20,60	15,20	9,70	3,20	67	28,40	682,60	7,90	0,60	1,92	1,09	2,09
	21	21,40	16,00	10,50	5,00	66	30,20	725,80	8,40	0,55	2,75	1,09	2,99
	22	22,30	16,10	9,80	4,50	72	38,50	924,50	10,70	0,60	2,70	1,08	2,92
	23	18,10	11,80	5,40	2,30	80	20,50	492,50	5,70	0,65	1,50	1,08	1,61
	24	23,30	14,40	5,40	4,60	70	26,60	639,40	7,40	0,65	2,99	1,08	3,22
	25	23,70	15,80	7,80	4,80	69	22,30	535,70	6,20	0,60	2,88	1,07	3,09
	26	21,50	16,20	10,90	3,80	70	22,70	544,30	6,30	0,65	2,47	1,07	2,65
	27	20,20	14,60	8,90	2,70	71	21,20	509,80	5,90	0,65	1,76	1,07	1,88
	28	17,40	13,80	10,10	1,40	81	27,40	656,60	7,60	0,65	0,91	1,07	0,97
	29	20,30	15,10	9,90	3,40	71	24,10	578,90	6,70	0,65	2,21	1,06	2,35
	30	19,80	15,20	10,50	3,10	74	27,40	656,60	7,60	0,65	2,02	1,06	2,14
	31	21,10	16,00	10,80	3,90	70	28,10	673,90	7,80	0,65	2,54	1,06	2,68
<b>FEBRERO</b>	1	24,20	16,20	8,10	4,70	65	19,40	466,60	5,40	0,60	2,82	1,05	2,97
	2	19,50	14,20	8,80	2,20	74	15,80	380,20	4,40	0,75	1,65	1,05	1,73
	3	22,10	15,60	9,10	3,60	71	15,10	362,90	4,20	0,75	2,70	1,05	2,83
	4	14,50	12,30	10,10	0,60	93	7,60	181,40	2,10	0,75	0,45	1,05	0,47
	5	15,80	12,30	8,70	2,00	92	11,2	267,8	3,1	0,75	1,50	1,04	1,56
	6	20,10	14,40	8,60	2,70	79	12,6	302,4	3,5	0,75	2,03	1,04	2,11
	7	20,30	13,60	6,90	3,10	69	19,4	466,6	5,4	0,60	1,86	1,04	1,93
	8	22,90	15,30	7,70	3,00	69	18,0	432,0	5,0	0,60	1,80	1,03	1,86

MES	FECHA	T° máx.	T° med .	T° mín.	Ev. (A) (mm/día)	HR %	V.V. (Km/h)	V.V. (Km/día)	V.V. (m/s)	Ktan	ETp (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)
	9	14,80	11,90	9,00	1,60	88	15,8	380,2	4,4	0,75	1,20	1,03	1,24
	10	19,00	13,50	8,00	1,70	83	15,1	362,9	4,2	0,75	1,28	1,03	1,31
	11	20,60	15,50	10,30	3,10	80	20,5	492,5	5,7	0,65	2,02	1,03	2,07
	12	14,50	11,90	9,30	1,00	87	3,2	77,8	0,9	0,85	0,85	1,02	0,87
	13	19,90	14,80	9,60	2,60	82	16,6	397,4	4,6	0,75	1,95	1,02	1,99
	14	18,20	13,50	8,70	1,90	84	12,2	293,8	3,4	0,75	1,43	1,02	1,45
	15	19,50	14,40	9,20	3,40	78	14,0	337,0	3,9	0,75	2,55	1,01	2,59
	16	17,30	12,20	7,00	1,50	83	11,2	267,8	3,1	0,75	1,13	1,01	1,14
	17	19,10	14,20	9,30	2,90	74	14,8	354,2	4,1	0,75	2,18	1,01	2,19
	18	17,40	13,30	9,10	2,30	84	16,9	406,1	4,7	0,75	1,73	1,01	1,73
	19	14,20	11,50	8,80	1,30	87	13,3	319,7	3,7	0,75	0,98	1,00	0,98

**Ev. (A)** = Evaporación del tanque evaporímetro clase "A"

**Kc** = Coeficiente del cultivo

**V.V.** = Velocidad del viento

**T°** = Temperatura en grados centígrados

**Ktan** = Coeficiente de instalación del tanque evaporímetro

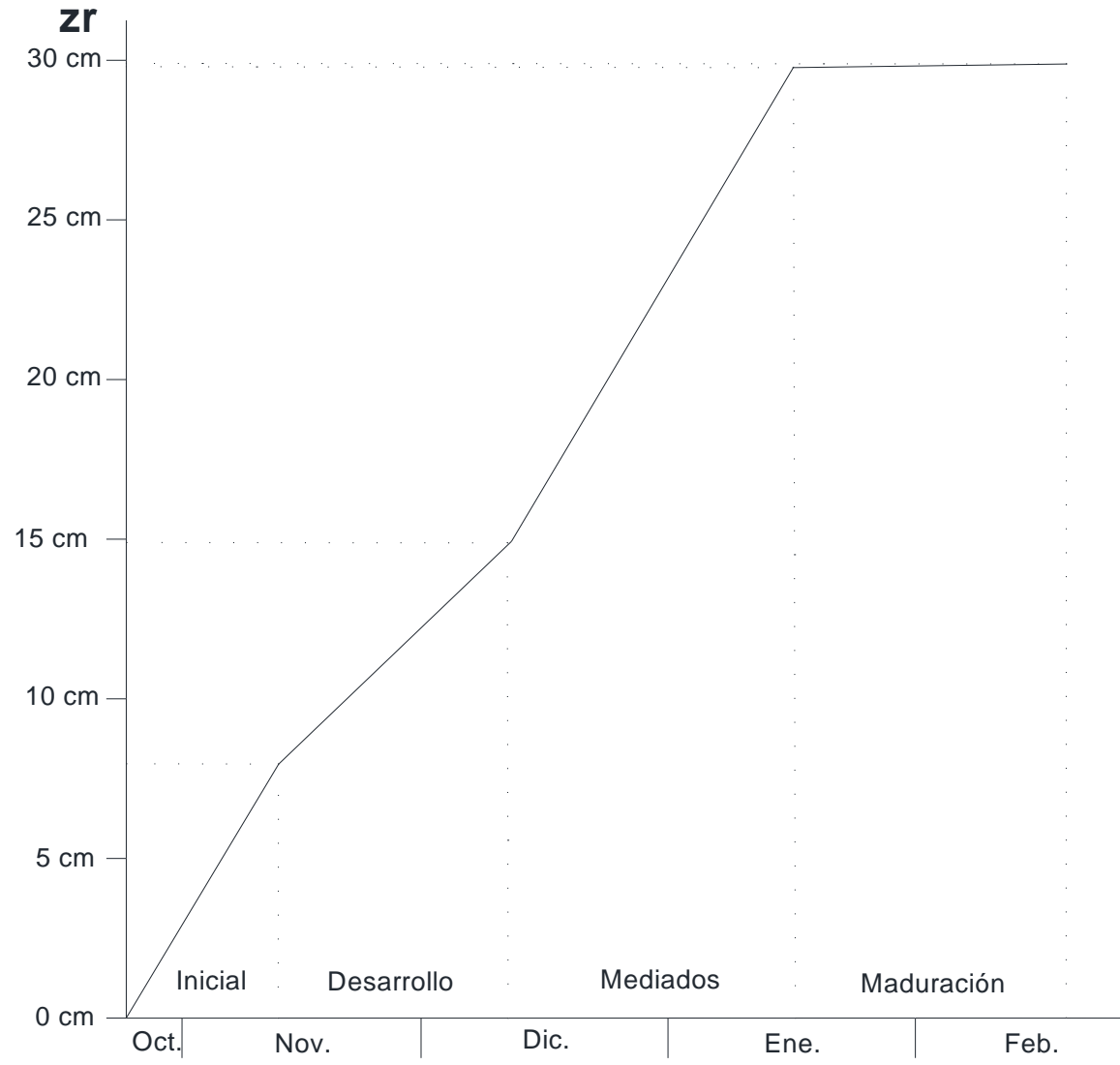
**HR%** = Humedad relativa en porcentaje

**ETp** = Evapotranspiración potencial

**ETc** = Evapotranspiración del cultivo



**FIGURA N°1. Curva de profundidad radicular zr.**



#### **4.1.5. Descripción FIGURA N° 1. Curva de profundidad radicular zr.**

##### **Etapa inicial.**

La etapa inicial, tuvo una duración de 19 días, donde se observa que desde el 24 de octubre hasta el 12 de noviembre del 2012, la profundidad radicular empieza con 0 cm. hasta alcanzar al final de la etapa una profundidad radicular de 7,9 cm.

##### **Etapa de desarrollo.**

La etapa de desarrollo, tuvo una duración de 29 días, iniciándose desde el 13 de noviembre con una profundidad radicular de 7,9 cm. hasta terminar la etapa el 11 de diciembre del 2012 con 14,9 cm. de profundidad radicular.

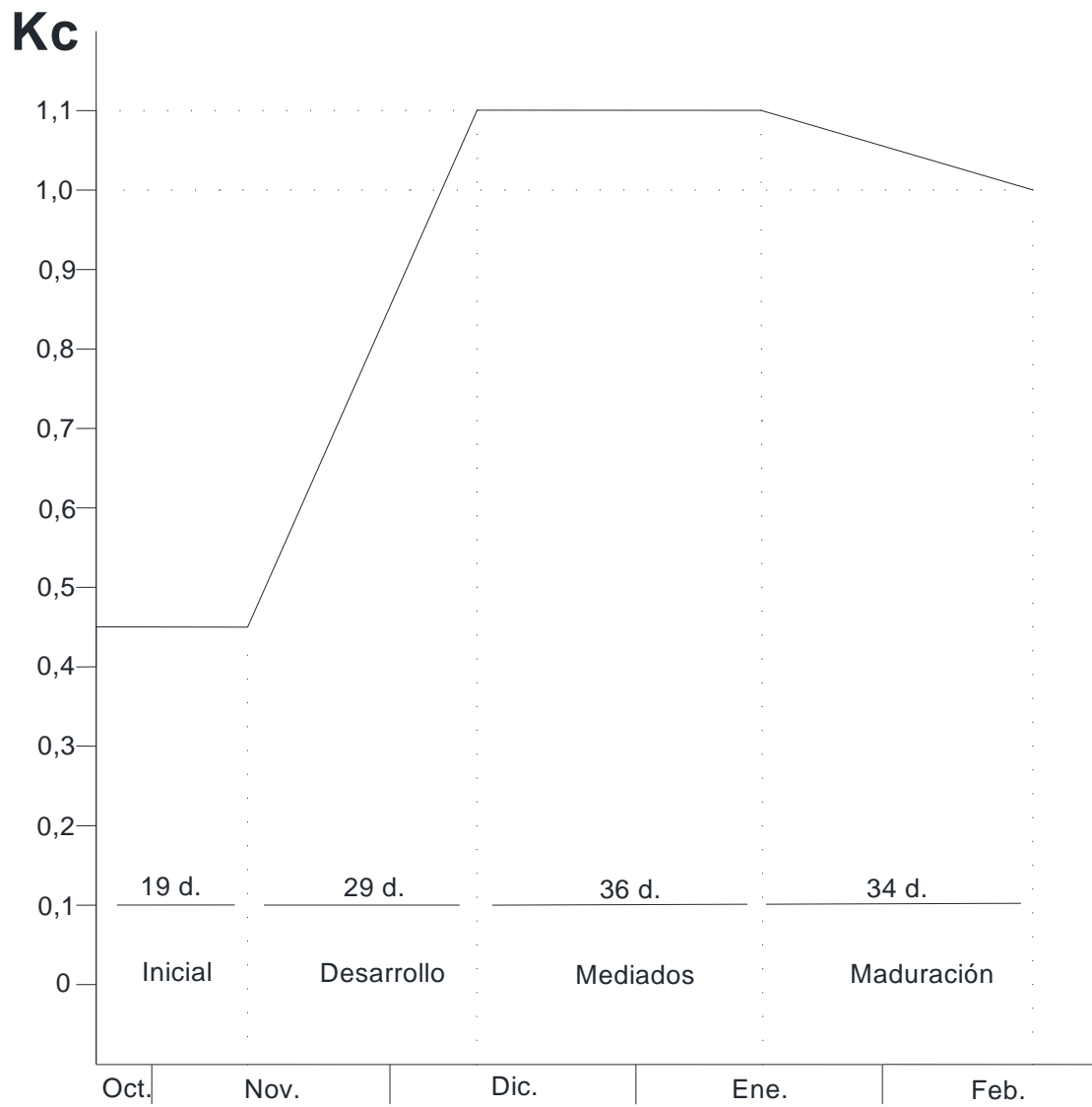
##### **Etapa de intermedia.**

La etapa intermedia tuvo una duración de 36 días, desde el 12 de diciembre del 2012 en donde tiene una profundidad radicular de 14,9 cm. hasta el 16 de enero del 2013, en donde alcanzo una profundidad radicular de 29,8 cm.

##### **Etapa final.**

La etapa final, tuvo una duración de 34 días, desde el 17 de enero hasta el 19 de febrero del 2013 con una profundidad radicular que va de 29,8 cm. hasta alcanzar un máximo de 29,29 cm.

**FIGURA N° 2. Curva de coeficiente del cultivo Kc.**



#### **4.1.6. Descripción FIGURA N° 2. Curva de coeficiente del cultivo Kc.**

##### **Etapa inicial.**

La etapa inicial, tuvo una duración de 19 días, donde se observa que desde el 24 de octubre el coeficiente del cultivo empieza con un valor constante de 0,45 hasta el 12 de noviembre del 2012, fecha en la que termina la etapa.

##### **Etapa de desarrollo.**

La etapa de desarrollo, tuvo una duración de 29 días, iniciándose desde el 13 de noviembre con un coeficiente del cultivo gradualmente ascendente de 0,45 hasta terminar la etapa el 11 de diciembre del 2012 con un coeficiente del cultivo de 1,1.

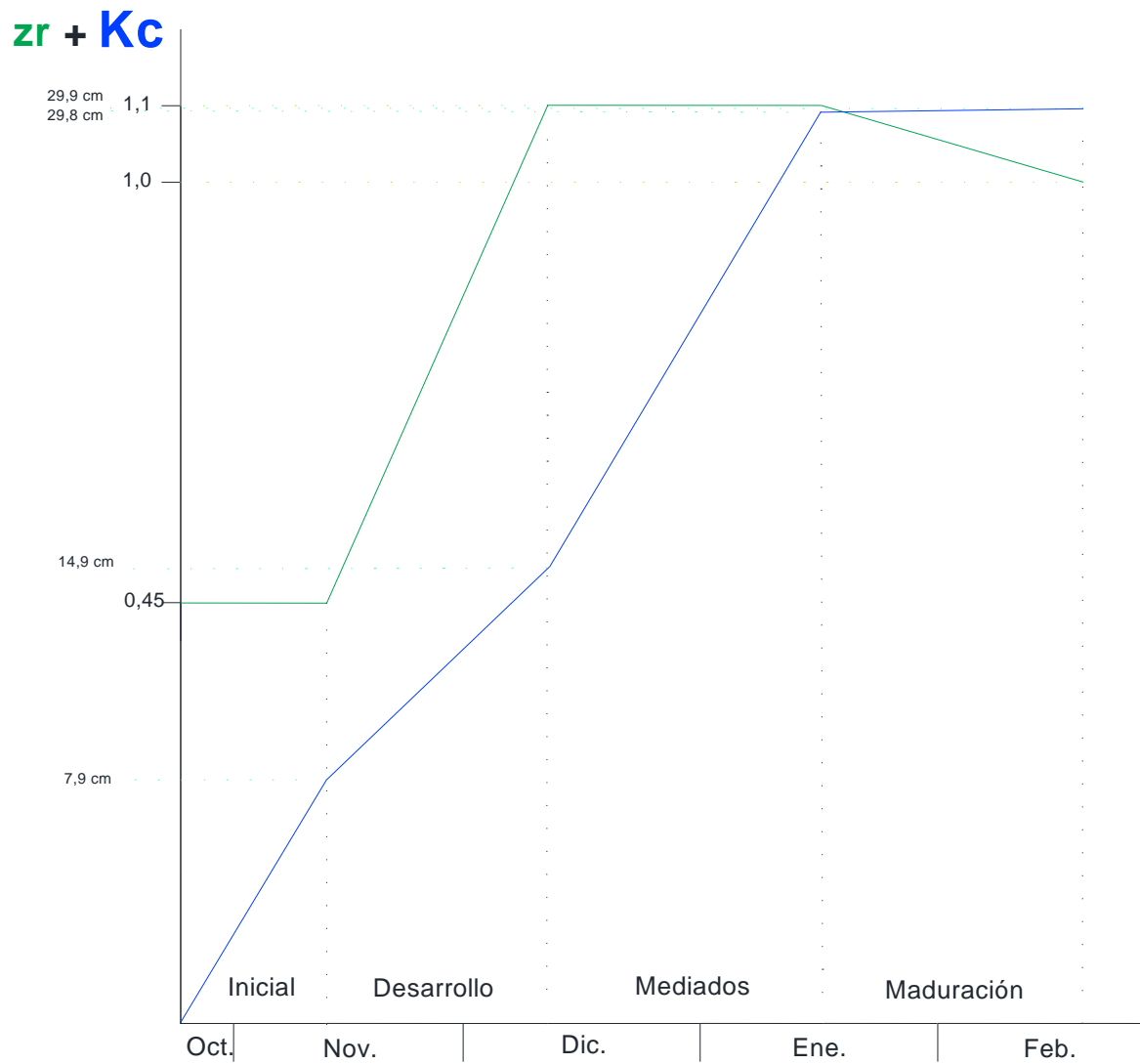
##### **Etapa de intermedia.**

La etapa intermedia, tuvo una duración de 36 días, desde el 12 de diciembre del 2012 en donde el coeficiente del cultivo se mantiene con un valor constante de 1,1 hasta el 16 de enero del 2013 donde termina la etapa intermedia.

##### **Etapa final.**

La etapa final, tuvo una duración de 34 días, desde el 17 de enero hasta el 19 de febrero del 2013, en donde se puede ver que el valor del coeficiente del cultivo descendió gradualmente desde 1,1 hasta 1.

**FIGURA N° 3. Curva de profundidad radicular y su relación en cuanto al coeficiente del cultivo.**



#### **4.1.7. Descripción FIGURA N° 3. Curva de profundidad radicular y su relación en cuanto al coeficiente del cultivo.**

##### **Etapa inicial.**

La etapa inicial, tuvo una duración de 19 días, desde el 24 de octubre hasta el 12 de noviembre del 2012 donde se puede observar que el desarrollo de la profundidad radicular funciona de manera muy independiente del coeficiente del cultivo pues mientras que a la profundidad radicular le toma toda la etapa ir desde 0 cm. hasta alcanzar un máximo de 7,9 cm. el coeficiente del cultivo empieza con un valor de 0,45 que se mantiene hasta el final de la etapa.

##### **Etapa de desarrollo.**

La etapa de desarrollo, tuvo una duración de 29 días, iniciándose desde el 13 de noviembre hasta el 11 de diciembre del 2012, aquí se observa una relación directa entre el desarrollo radicular y el coeficiente del cultivo pues ambos ascienden gradualmente, la profundidad radicular con un valor desde 7,9 cm hasta 14,9 cm y el coeficiente del cultivo ascendente de 0,45 hasta alcanzar un valor de 1,1.

##### **Etapa de intermedia.**

La etapa intermedia, tuvo una duración de 36 días, desde el 12 de diciembre del 2012 hasta el 16 de enero del 2013, en esta etapa se observa q la profundidad radicular continua aumentando desde 14,9 cm hasta alcanzar 29,8 cm.; a diferencia del coeficiente del cultivo que se mantiene con un valor de 1,1 hasta el final de la etapa.

##### **Etapa final.**

La etapa final, tuvo una duración de 34 días, desde el 17 de enero hasta el 19 de febrero del 2013, en esta etapa se observa que a diferencia de las etapas anteriores donde los valores aumentaban o se mantenían, ahora hay una diferencia donde la raíz crece ligeramente desde 29,8 cm. hasta 29,9 cm.; sin embargo el coeficiente del cultivo descende desde 1,1 hasta alcanzar un valor de 1.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. CONCLUSIONES.

Al término de la investigación “Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular en cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*)” se llega a las siguientes conclusiones.

En cuanto a las condiciones ambientales de la Granja Experimental Docente “Querochaca” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, perteneciente al Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, se obtuvo como total del ciclo del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*), var. Quantum es de 118 días; bajo los siguientes parámetros promedio:

Temperatura:	14,01 °C
Evaporación Tanque Evaporímetro Clase “A”:	3,04 mm/día
Humedad Relativa:	74,1 %,
Evaporación Potencial (ETo):	221,91 mm/ciclo
Precipitación acumulada:	216,3 mm/ciclo
Velocidad del viento:	1,34 m/s.

Siendo todos los datos anteriores los determinantes de la duración de cada etapa en la zona del ensayo, en donde: La duración de la etapa inicial fue de 19 días, la duración de la etapa de desarrollo es de 29 días, la duración de la etapa intermedia es de 36 días y la duración de la etapa final de 34 días. (Ver Cuadro N° 6), siendo determinante la temperatura y la humedad relativa.

Se construyó curvas de profundidad radicular ( $z_r$ ) de acuerdo a los días de duración de cada etapa en donde se observa gráficamente el crecimiento de la raíz con el paso del tiempo pudiendo concluirse de la siguiente manera; en la etapa inicial alcanzó una profundidad radicular promedio de 7,9 cm., en la etapa de desarrollo es de 14,9 cm.; en la etapa intermedia 28,9 cm. y en la etapa final de 29 cm. (Ver Figura N° 1).

En cuanto a la elaboración de la curvas del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) se puede observar gráficamente la variación del  $K_c$  siendo que; en la etapa inicial alcanzó un coeficiente de 0,45; en la etapa de desarrollo se presenta como un aumento constante hasta desde la etapa inicial hasta alcanzar como máximo el valor del coeficiente de la etapa intermedia; en la etapa intermedia se observa que ha alcanzado un valor de 1,1; en la etapa final se observa un descenso del valor del coeficiente desde 1,1 que es el valor de la etapa anterior hasta alcanzar un mínimo de 1,0. (Ver Figura N° 2).

La curva de relación entre la profundidad radicular y el coeficiente del cultivo ( $K_c$  vs.  $z_r$ ) en donde se puede observar como el coeficiente del cultivo se desenvuelve independientemente del desarrollo radicular, en conclusión la variación del  $K_c$  depende de los requerimientos fisiológicos en la maduración del cultivo; en cambio la profundidad radicular tiene una relación directa con el paso del tiempo y por ende con el desarrollo de la planta hasta alcanzar su máximo, es decir que la profundidad radicular depende de procesos morfológicos (Ver Figura N° 3).

La evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), presenta valores con variaciones muy marcadas vinculadas directamente al efecto del clima en las funciones de la planta (Ver Tabla N° 1).



## 5.2. RECOMENDACIONES.

Realizar el ensayo en zonas con diferente altura, clima y textura del suelo para ampliar más la información disponible para el manejo del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*) variedad Quantum para evaluar el comportamiento en condiciones diferentes.

Probar con productos de elongación de la raíz estableciendo diferentes dosis y su impacto en la profundidad radicular del cultivo.

Realizar el índice de ahorro de agua entre un método de riego sin calcular las necesidades hídricas del cultivo versus la aplicación de riego por un método con cálculo de las necesidades hídricas.

Investigar en otras variedades de arveja los mismos parámetros presentes en éste ensayo para determinar la diversificación de datos entre variedades.

**CAPÍTULO VI.**

**PROPUESTA**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“USO DE LA INFORMACIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS ETAPAS  
FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD RADICULAR PARA EL CULTIVO DE  
ARVEJA (*Pisum Sativum L.*) VARIEDAD QUANTUM.”**

**SANTIAGO DANIEL MERINO JIMÉNEZ**

**CEVALLOS – ECUADOR  
2015**

### **6.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**

El Programa Nacional de Leguminosas (1997), de la Estación Experimental “Santa Catalina”. Menciona que la arveja (*Pisum Sativum L.*), conocida también como alverja, constituye un cultivo importante en los sistemas de producción de las provincias de la sierra ecuatoriana y es consumida en todas las regiones del Ecuador, dentro de las leguminosas de grano comestible, la arveja está ubicada en el segundo lugar luego del fréjol. En promedio, anualmente se cosechan alrededor de 11600 ha en grano seco y 10435 ha en vaina verde y para el consumo de grano en tierno como verdura. Los agricultores han venido cultivando la arveja bajo un sistema tradicional y poco tecnificado desde el punto agronómico de la planta, con la utilización de semillas de mala calidad y cultivos en zonas no apropiadas.

### **6.2. JUSTIFICACIÓN.**

Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz; Indican que en la actualidad se dispone de suficiente información sobre los factores climáticos, edáficos y biológicos involucrados en la duración del ciclo biológico y producción de los cultivos. Sin embargo, es bastante frecuente encontrar que para referirse a un momento determinado de su ciclo biológico, esto se haga en términos de una escala de tiempo (Días Después de la Siembra, DDS) relacionándola con las observaciones y prácticas que se llevan a cabo en ellos sin tomar en cuenta el efecto de tales factores sobre la morfología de las plantas.

### **6.3. OBJETIVO.**

Determinar valores de Evapotranspiración del cultivo (ETc), Requerimientos hídricos (volúmenes), elaborar calendarios de riego o programación del riego, planificación de producción y comercialización en el ciclo del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*) en la variedad Quantum.

## **6.4. FUNDAMENTACIÓN.**

### **6.4.1. Fenología.**

En 1918 Andrew Hopkins estableció la ley Bioclimática, ampliada en 1938, donde se recomienda el uso de observaciones fenológicas en lugar de observaciones meteorológicas ya que las primeras integran los efectos del microclima y los factores edáficos en la vida de las plantas, de tal forma que otro instrumento no lo puede hacer.

### **6.4.2. Profundidad Radicular.**

Domínguez, A. (1993), señala que la rizósfera o zona del suelo explorada por las raíces es un aspecto básico para el desarrollo de los cultivos y tiene un efecto bien correlacionado con la productividad de los cultivos. Naturalmente, la profundidad que pueden alcanzar las raíces, sin limitaciones de suelo dependen del cultivo. No obstante, hay que tener en cuenta que el desarrollo del sistema radicular de las plantas está en cierta medida condicionado a satisfacer las necesidades del desarrollo general de la planta.

### **6.4.3. Coefficiente del cultivo (Kc).**

La FAO en su estudio N°56 de riego y drenaje señala que de acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo  $ET_c$  se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia,  $ET_o$  y el coeficiente del cultivo  $K_c$ :  $ET_c = K_c * ET_o$ ; donde  $ET_c$  = la evapotranspiración del cultivo [mm d-1],  $K_c$  coeficiente del cultivo [adimensional], y  $ET_o$  = la evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1].

### **6.4.4. Evapotranspiración del cultivo.**

La FAO en su estudio N°56 de riego y drenaje indica que se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

## 6.5. METODOLOGÍA Y PLAN DE ACCIÓN.

### 6.5.1. Calcular Etc.

$K_{tan}$  = Relación entre HR% y V.V. m/s

$E_{to}$  =  $E_{Tan. (A)} * K_{tan}$

**Etc** =  $E_{to} * K_c$

**Ktan** = Coeficiente de instalación del tanque evaporímetro (Método de la FAO)

**V.V.** = Velocidad del viento

**HR%** = Humedad relativa en porcentaje

**ETo** = Evapotranspiración potencial

**ETc** = Evapotranspiración del cultivo

**Kc** = Coeficiente del cultivo

### 6.5.2. Requerimientos hídricos (volúmenes).

Calcular los requerimientos hídricos tomando la Etc. y relacionando con la precipitación disponible en los meses de siembra.

### 6.5.3. Calendarios de riego o programación del riego.

Realizar los calendarios en base a la duración del ciclo del cultivo y los requerimientos hídricos.

### 6.5.4. Planificación de producción y comercialización.

Planificar la producción y comercialización de arveja teniendo en cuenta la duración del ciclo del cultivo para cosechar en la época deseada.

## **6.6. ADMINISTRACIÓN.**

Todas las actividades establecidas para la ejecución del proyecto serán debidamente consultadas previas a la ejecución.

Se registrarán todas las actividades que se realicen en el día haciendo constar: fecha, actividad, al cumplimiento de cada etapa según los parámetros establecidos por la FAO.

## **6.7. EVALUACIÓN.**

### **6.7.1. Económica.**

El ensayo no tendrá mayor impacto económico teniendo en cuenta que es un cultivo de fácil manejo y por ser un cultivo de alta densidad y de gran demanda es muy importante para la economía.

### **6.7.2. Social.**

En el cual se evaluarán los impactos que tuvieron en la planificación del cultivo, planificación del cultivo y en la ejecución del proyecto.

### **6.7.3. Evaluación Científico Técnico.**

Se evaluará la diferencia de los datos obtenidos con otros datos existentes para determinar la variación presente con la metodología empleada.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Booher, L. 197). El Riego Superficial. Cuadernos de Fomento Agrícola. FAO. # 5. ROMA. 161 p.
2. Domínguez, A. 1993. Fertirrigación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España p. 217.
3. FAO (Food and Agricultural Organization) 1998. Census of agriculture. Consultado el 05 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/statistics/census/wcares/default.asp>.
4. Fuentes, J. 2003. Técnicas de riego. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España p.483.
5. Galindo, J; Clavijo J. 2008. Fenología del cultivo de arveja (*Pisum Sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica, Revista Corpoica–Ciencia y Tecnología Agropecuaria págs. 5-15.
6. Hernández, L. 2010. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus Vulgaris*L.La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2006, 75 p.
7. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, EC). 2002. III Censo Nacional Agropecuario. Resultados nacionales y provinciales. Quito, EC. p.66-72.
8. Infoagro, 2012. *Pisum Sativum*. Consultado el 15 de noviembre de 2013  
Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/guisantes.htm>.
9. Lesur, L. 2006. Manual de riego agrícola. Editorial Trillas. México. Págs.12-13.
10. Mayorga, S. 2000. Determinación de la longitud radicular de fréjol y arveja, Tesis Ing. Agr. Ecuador, UTA.

11. Nazareno, H. 1989. Tomo 1 de Leguminosas. Editorial Multimundo.
12. Peralta, E. 1998. "Manual agrícola de leguminosas". Editorial INIAP. Quito – Ecuador.
13. Peralta, E; Pinzón, J; Vásquez, J; Lépiz, R. 1992. —El fréjol arbustivo en Imbabura: Sugerencias para su cultivo. Quito, EC. PROTECA (Programa Tecnológico Agropecuario, EC)/ INIAP. 24p.
14. Pico, T; Chango, H. 2005. Introducción de tres híbridos de arveja con tres distancias de siembra, Tesis Ing. Agr. Ecuador, UTA.
15. PROGRAMA NACIONAL DE LEGUMINOSAS, (septiembre 1997). Variedades mejoradas de arveja (*Pisum Sativum* L.) de tipo enana-erecta para la sierra ecuatoriana". Plegable Divulgativo No 161.
16. Ruiz, A. 1991. Caracterización Fenológica del Guayabo (*Psidium Guajava* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. p. 78.
17. Schwartz, M. D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. 42:113-118.
18. Singh, S. 1999. Integrated genetic improvement. In: Common bean improvement in the twenty-first century. Singh, S. ed. Khrwer Academic Publishers. Dordrecht, p 1-24; 98-99.
19. Solórzano, V. 1994. Guías fenológicas para cultivos básicos, oleaginosos, sacaríferos, tubérculos y fibras. Universidad Autónoma de Chapingo, Dpto. de Fitotecnia, Fenología Agrícola. p. 162.
20. Torres, R. E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D.F. p. 154.



21. Villalpando, J. y A. Ruiz. 1993. Observaciones Agrometeorológicas y su uso en la agricultura, Editorial Lumusa, México. p. 133.
22. Volpe, C. A. 1992. Citrus Phenology. In: Proceedings of the Second International Seminar on Cítrus Physiology, p. 103-122.
23. Wikipedia, 2012. Pisum Sativum. Consultado el 15 de noviembre de 2013  
Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Pisum\\_sativum](http://es.wikipedia.org/wiki/Pisum_sativum).

## ANEXOS.

### DATOS TOMADOS.

#### ANEXO 1. DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS.

<b>DURACION DE LAS ETAPAS FENOLOGICAS</b>			
<b>FECHA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Duración de cada etapa</b>	<b>Días desde la siembra</b>
10/10/2012	Preparación del terreno	X	X
24/10/2012	Siembra	0	0
12/11/2012	Primera etapa	19	19
11/12/2012	Segunda Etapa	29	48
16/01/2013	Tercera etapa	36	84
19/02/2013	Cuarta Etapa	34	118

#### ANEXO 2. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA INICIAL.

<b>PRIMERA ETAPA</b>		
12/11/2012	Profundidad de la raíz (cm)	
7,8	8,0	8,1
8,2	7,8	7,7
7,6	7,8	7,8
7,9	8,2	7,9
8,2	8,0	7,9
8,3	8,1	7,6
8,0	7,8	8,0
7,8	7,9	7,9
7,8	8,0	7,8
7,9	8,0	7,6
X		<b>7,9</b>

### ANEXO 3. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA DE DESARROLLO.

SEGUNDA ETAPA		
11/12/2012	Profundidad de la raíz (cm)	
14,8	15,1	15,0
15,0	15,3	14,9
14,5	14,7	14,9
14,9	14,5	14,9
14,7	14,9	14,8
15,2	15,5	14,6
14,8	15,2	15,1
14,9	14,8	15,2
15,2	14,8	15,1
15,2	14,9	14,8
$\bar{x}$		<b>14,9</b>

### ANEXO 4. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA INTERMEDIA.

TERCERA ETAPA		
16/01/2013	Profundidad de la raíz (cm)	
30,2	28,9	29,8
30,0	29,3	30,0
29,6	30,3	29,8
29,8	30,0	29,8
29,6	29,6	29,7
29,8	29,6	30,1
30,2	30,1	29,8
29,8	29,7	30,0
30,2	29,5	29,8
29,7	30,1	29,9
$\bar{x}$		<b>29,8</b>

## ANEXO 5. PROFUNDIDAD RADICULAR EN LA ETAPA FINAL.

CUARTA ETAPA		
19/02/2013	Profundidad de la raíz (cm)	
29,8	30,0	30,0
30,0	29,9	30,2
29,8	29,8	30,0
30,1	29,9	29,9
29,9	29,9	29,9
30,0	29,9	29,9
29,8	30,0	29,8
29,8	30,0	29,9
29,9	30,2	29,9
29,9	29,7	30,2
x̄		<b>29,9</b>

**ANEXO 6. RESULTADOS DE LA EVOPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO ETc Y BALANCE HÍDRICO DURANTE LAS CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS.**

MES	FECHA	Tºmed.	ETan. (A) (mm/día)	HR %	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Precipitación (mm/día)	Balance Hídrico (mm)
<b>OCTUBRE</b>	24	11,10	2,20	86	0,75	1,65	0,45	0,74	4,80	-4,06
	25	13,00	3,20	76	0,65	2,08	0,45	0,94	0,00	0,94
	26	12,20	3,70	70	0,60	2,22	0,45	1,00	0,00	1,00
	27	12,20	3,50	74	0,60	2,10	0,45	0,95	0,00	0,95
	28	12,70	3,00	69	0,60	1,80	0,45	0,81	0,20	0,61
	29	14,20	3,00	72	0,65	1,95	0,45	0,88	1,00	-0,12
	30	14,30	4,50	74	0,65	2,93	0,45	1,32	0,00	1,32
	31	14,20	3,30	74	0,65	2,15	0,45	0,97	0,00	0,97
<b>NOVIEMBRE</b>	1	13,10	3,20	69	0,55	1,76	0,45	0,79	0,00	0,79
	2	11,70	2,70	76	0,65	1,76	0,45	0,79	0,00	0,79
	3	12,80	3,10	70	0,60	1,86	0,45	0,84	0,00	0,84
	4	13,40	2,90	71	0,75	2,18	0,45	0,98	8,90	-7,92
	5	13,40	2,50	86	0,65	1,63	0,45	0,73	2,90	-2,17
	6	14,00	2,40	89	0,75	1,80	0,45	0,81	0,10	0,71
	7	13,20	2,70	74	0,65	1,76	0,45	0,79	0,30	0,49
	8	12,00	2,60	77	0,60	1,56	0,45	0,70	0,00	0,70
	9	12,50	2,90	71	0,65	1,89	0,45	0,85	0,00	0,85
	10	13,20	4,10	66	0,60	2,46	0,45	1,11	0,00	1,11
	11	15,00	4,80	80	0,65	3,12	0,45	1,40	0,00	1,40

MES	FECHA	T°med.	ETan. (A) (mm/día)	HR %	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Precipitación (mm/día)	Balance Hídrico (mm)
<b>1ra ETAPA</b>	12	13,70	3,10	75	0,75	2,33	0,45	1,05	0,20	0,85
<b>PROMEDIO</b>		<b>13,10</b>	<b>3,17</b>	<b>75</b>	<b>0,65</b>		<b>0,45</b>			
<b>SUMA</b>						<b>40,95</b>		<b>18,43</b>	<b>18,40</b>	<b>0,03</b>
	13	15,80	3,30	72	0,75	2,48	0,47	1,17	0,50	0,67
	14	15,60	3,40	79	0,65	2,21	0,49	1,09	0,60	0,49
	15	14,50	2,70	78	0,65	1,76	0,52	0,90	0,30	0,60
	16	14,40	2,80	65	0,55	1,54	0,54	0,83	0,00	0,83
	17	12,60	3,70	68	0,55	2,04	0,56	1,14	0,00	1,14
	18	13,40	4,10	64	0,60	2,46	0,58	1,43	2,40	-0,97
	19	16,30	3,60	74	0,75	2,70	0,60	1,62	0,00	1,62
	20	15,10	3,30	68	0,60	1,98	0,62	1,23	0,00	1,23
	21	15,20	3,10	73	0,65	2,02	0,65	1,30	0,80	0,50
	22	15,90	3,60	72	0,65	2,34	0,67	1,56	0,00	1,56
	23	15,60	4,10	67	0,60	2,46	0,69	1,69	1,20	0,49
	24	13,90	2,30	77	0,65	1,50	0,71	1,06	1,60	-0,54
	25	14,30	2,60	75	0,65	1,69	0,73	1,24	0,00	1,24
	26	13,70	1,40	81	0,75	1,05	0,75	0,79	2,10	-1,31
	27	15,50	4,10	71	0,65	2,67	0,78	2,07	0,00	2,07
	28	16,30	4,50	72	0,60	2,70	0,80	2,15	0,00	2,15
	29	14,10	2,50	84	0,65	1,63	0,82	1,33	0,00	1,33
	30	13,90	2,80	64	0,55	1,54	0,84	1,29	0,00	1,29
<b>DICIEMBRE</b>	1	13,90	5,00	69	0,55	2,75	0,86	2,37	0,70	1,67

MES	FECHA	T°med.	ETan. (A) (mm/día)	HR %	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Precipitación (mm/día)	Balance Hídrico (mm)
	2	15,00	3,30	66	0,60	1,98	0,88	1,75	0,00	1,75
	3	14,90	4,40	64	0,55	2,42	0,91	2,19	0,00	2,19
	4	13,90	3,60	74	0,60	2,16	0,93	2,00	1,40	0,60
	5	14,50	2,90	71	0,60	1,74	0,95	1,65	0,10	1,55
	6	14,30	3,30	63	0,60	1,98	0,97	1,92	0,00	1,92
	7	16,10	3,10	70	0,65	2,02	0,99	2,00	0,00	2,00
	8	13,80	2,80	76	0,60	1,68	1,01	1,70	2,00	-0,30
	9	13,20	2,20	76	0,60	1,32	1,04	1,37	1,00	0,37
	10	13,00	2,00	80	0,65	1,30	1,06	1,37	0,30	1,07
<b>2da ETAPA</b>	11	14,70	2,50	74	0,65	1,63	1,08	1,75	0,00	1,75
<b>PROMEDIO</b>		<b>14,60</b>	<b>3,21</b>	<b>71,97</b>	<b>0,63</b>		<b>0,78</b>			
<b>SUMA</b>						<b>57,71</b>		<b>43,97</b>	<b>15,00</b>	<b>28,97</b>
	12	13,80	2,00	69	0,60	1,20	1,10	1,32	0,00	1,32
	13	15,00	2,90	80	0,60	1,74	1,10	1,91	0,80	1,11
	14	13,70	3,80	63	0,55	2,09	1,10	2,30	0,00	2,30
	15	14,90	3,60	58	0,55	1,98	1,10	2,18	0,00	2,18
	16	13,20	3,70	60	0,55	2,04	1,10	2,24	0,00	2,24
	17	13,80	4,30	64	0,60	2,58	1,10	2,84	0,00	2,84
	18	15,30	4,60	58	0,60	2,76	1,10	3,04	0,90	2,14
	19	15,40	3,50	71	0,65	2,28	1,10	2,50	0,80	1,70
	20	15,20	3,20	69	0,60	1,92	1,10	2,11	0,00	2,11
	21	13,30	2,90	65	0,70	2,03	1,10	2,23	4,80	-2,57
	22	13,00	2,30	82	0,75	1,73	1,10	1,90	0,60	1,30

MES	FECHA	T°med.	ETan. (A) (mm/día)	HR %	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Precipitación (mm/día)	Balance Hídrico (mm)
	23	13,20	2,10	79	0,65	1,37	1,10	1,50	1,40	0,10
	24	14,00	2,40	75	0,65	1,56	1,10	1,72	0,30	1,42
	25	14,40	2,90	73	0,75	2,18	1,10	2,39	0,70	1,69
	26	15,70	2,40	77	0,65	1,56	1,10	1,72	0,10	1,62
	27	13,70	2,60	77	0,60	1,56	1,10	1,72	0,20	1,52
	28	14,30	3,30	73	0,60	1,98	1,10	2,18	0,00	2,18
	29	14,60	2,80	72	0,65	1,82	1,10	2,00	1,10	0,90
	30	13,80	3,00	78	0,65	1,95	1,10	2,15	0,00	2,15
	31	12,60	1,50	79	0,75	1,13	1,10	1,24	0,10	1,14
<b>ENERO</b>	1	12,30	1,20	82	0,65	0,78	1,10	0,86	1,20	-0,34
	2	12,80	1,50	90	0,65	0,98	1,10	1,07	7,30	-6,23
	3	13,70	1,20	81	0,60	0,72	1,10	0,79	9,40	-8,61
	4	13,40	2,00	84	0,60	1,20	1,10	1,32	1,60	-0,28
	5	14,80	3,20	80	0,60	1,92	1,10	2,11	1,00	1,11
	6	14,20	3,10	76	0,75	2,33	1,10	2,56	1,00	1,56
	7	14,10	3,20	78	0,65	2,08	1,10	2,29	0,00	2,29
	8	14,50	2,60	70	0,65	1,69	1,10	1,86	0,50	1,36
	9	13,50	2,10	83	0,60	1,26	1,10	1,39	0,10	1,29
	10	14,90	2,70	79	0,60	1,62	1,10	1,78	0,40	1,38
	11	15,80	3,20	74	0,65	2,08	1,10	2,29	0,00	2,29
	12	16,60	5,10	74	0,65	3,32	1,10	3,65	0,00	3,65
	13	16,80	4,80	69	0,60	2,88	1,10	3,17	0,00	3,17
	14	15,40	5,50	64	0,55	3,03	1,10	3,33	0,00	3,33



MES	FECHA	T°med.	ETan. (A) (mm/día)	HR %	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Precipitación (mm/día)	Balance Hídrico (mm)
	15	13,30	4,80	66	0,55	2,64	1,10	2,90	0,00	2,90
<b>3ra ETAPA</b>	16	14,70	4,00	65	0,70	2,80	1,10	3,08	0,00	3,08
<b>PROMEDIO</b>		<b>14,27</b>	<b>3,06</b>	<b>73,25</b>	<b>0,63</b>		<b>1,10</b>			
<b>SUMA</b>						<b>68,74</b>		<b>75,61</b>	<b>34,30</b>	<b>41,31</b>
	17	15,90	4,10	65	0,60	2,46	1,10	2,70	1,90	0,80
	18	13,70	2,30	79	0,65	1,50	1,09	1,64	0,00	1,64
	19	11,40	1,60	74	0,75	1,20	1,09	1,31	0,00	1,31
	20	15,20	3,20	67	0,60	1,92	1,09	2,09	0,00	2,09
	21	16,00	5,00	66	0,55	2,75	1,09	2,99	0,00	2,99
	22	16,10	4,50	72	0,60	2,70	1,08	2,92	0,00	2,92
	23	11,80	2,30	80	0,65	1,50	1,08	1,61	0,00	1,61
	24	14,40	4,60	70	0,65	2,99	1,08	3,22	0,00	3,22
	25	15,80	4,80	69	0,60	2,88	1,07	3,09	0,00	3,09
	26	16,20	3,80	70	0,65	2,47	1,07	2,65	0,30	2,35
	27	14,60	2,70	71	0,65	1,76	1,07	1,88	0,70	1,18
	28	13,80	1,40	81	0,65	0,91	1,07	0,97	2,20	-1,23
	29	15,10	3,40	71	0,65	2,21	1,06	2,35	0,00	2,35
	30	15,20	3,10	74	0,65	2,02	1,06	2,14	0,30	1,84
	31	16,00	3,90	70	0,65	2,54	1,06	2,68	0,00	2,68
<b>FEBRERO</b>	1	16,20	4,70	65	0,60	2,82	1,05	2,97	0,00	2,97
	2	14,20	2,20	74	0,75	1,65	1,05	1,73	2,50	-0,77
	3	15,60	3,60	71	0,75	2,70	1,05	2,83	0,00	2,83
	4	12,30	0,60	93	0,75	0,45	1,05	0,47	12,70	-12,23

MES	FECHA	T°med.	ETan. (A) (mm/día)	HR %	Ktan	ET <sub>0</sub> (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Precipitación (mm/día)	Balance Hídrico (mm)
	5	12,30	2,00	92	0,75	1,50	1,04	1,56	0,20	1,36
	6	14,40	2,70	79	0,75	2,03	1,04	2,11	0,50	1,61
	7	13,60	3,10	69	0,60	1,86	1,04	1,93	0,00	1,93
	8	15,30	3,00	69	0,60	1,80	1,03	1,86	30,20	-28,34
	9	11,90	1,60	88	0,75	1,20	1,03	1,24	1,20	0,04
	10	13,50	1,70	83	0,75	1,28	1,03	1,31	1,00	0,31
	11	15,50	3,10	80	0,65	2,02	1,03	2,07	24,90	-22,83
	12	11,90	1,00	87	0,85	0,85	1,02	0,87	2,10	-1,23
	13	14,80	2,60	82	0,75	1,95	1,02	1,99	9,00	-7,01
	14	13,50	1,90	84	0,75	1,43	1,02	1,45	0,00	1,45
	15	14,40	3,40	78	0,75	2,55	1,01	2,59	0,00	2,59
	16	12,20	1,50	83	0,75	1,13	1,01	1,14	0,00	1,14
	17	14,20	2,90	74	0,75	2,18	1,01	2,19	2,70	-0,51
	18	13,30	2,30	84	0,75	1,73	1,01	1,73	4,20	-2,47
<b>4ta ETAPA</b>	19	11,50	1,30	87	0,75	0,98	1,00	0,98	0,10	0,88
<b>PROMEDIO</b>		<b>14,17</b>	<b>2,82</b>	<b>76,50</b>	<b>0,69</b>		<b>1,05</b>			
<b>SUMA</b>						<b>63,86</b>		<b>67,25</b>	<b>96,70</b>	<b>-29,45</b>

## **INTERPRETACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DEL CULTIVO DE ARVEJA.**

### **ETAPA INICIAL.**

La etapa comprende desde el 24/10/2012 hasta el 12/11/2012, durante los 19 días, las necesidades hídricas del cultivo de arveja es de 17,3 mm/periodo, el total de la precipitación en el periodo es de 18,4 mm/periodo; es decir existe un exceso de 1,08 mm/periodo, durante 3 días se produjeron descargas mayores a las necesidades hídricas del cultivo de arveja, éstas fechas constan en el ANEXO 6, por lo tanto el riego suplementario se realizó por el método gravitacional por surcos.

Con respecto a las necesidades hídricas diarias del cultivo de arveja, la media es de 0,97 l/m<sup>2</sup> pero en el tiempo que transcurrió esta etapa, existen valores mínimos de ET<sub>c</sub> de 0,62 mm/día el 05/11/2012 y máximo de 1,2 mm/día el 10/11/2012 lo que equivale a 1,2 l/m<sup>2</sup>.

### **ETAPA DE DESARROLLO.**

La etapa comprende desde el 13/11/2012 hasta el 11/12/2012, durante los 29 días, las necesidades hídricas del cultivo de arveja es de 41,93 mm/periodo, el total de la precipitación en el periodo es de 15 mm/periodo; es decir existe un déficit de 26,93 mm/periodo, durante 4 días se produjeron descargas mayores a las necesidades hídricas del cultivo de arveja, éstas fechas constan en el ANEXO 6, por lo tanto el riego suplementario se realizó por el método gravitacional por surcos.

Con respecto a las necesidades hídricas diarias del cultivo de arveja, la media es de 1.45 l/m<sup>2</sup> pero en el tiempo que transcurrió esta etapa, existen valores mínimos de 0,76 el 26/11/2012 y máximo de 2,37 mm/día el 01/12/2012 lo que equivale a 2,37 l/m<sup>2</sup>.

### **ETAPA DE INTERMEDIA.**

La etapa comprende desde el 12/12/2012 hasta el 16/01/2013, durante los 36 días, las necesidades hídricas del cultivo de arveja es de 73,02 mm/periodo, el total de la precipitación en el periodo es de 34,3 mm/periodo; es decir existe un déficit de 38,72 mm/periodo, durante 6 días se produjeron descargas mayores a las necesidades hídricas del cultivo de arveja, éstas fechas constan en el ANEXO 6, por lo tanto el riego suplementario se realizó por el método gravitacional por surcos.

Con respecto a las necesidades hídricas diarias del cultivo de arveja, la media es de 2,03 l/m<sup>2</sup>pero en el tiempo que transcurrió esta etapa, existen valores mínimos de 0,73 el 01/01/2013 y máximo de 3,43 mm/día el 13/01/2013 lo que equivale a 3,43 l/m<sup>2</sup>.

### **ETAPA DE FINAL.**

La etapa comprende desde el 17/01/2013 hasta el 19/02/2013, durante los 34 días, las necesidades hídricas del cultivo de arveja es de 65,21 mm/periodo, el total de la precipitación en el periodo es de 96,70 mm/periodo; es decir existe un exceso de 31,49 mm/periodo, durante 9 días se produjeron descargas mayores a las necesidades hídricas del cultivo de arveja que fue drenado por surco de desfogue, éstas fechas constan en el ANEXO 6, por lo tanto el riego suplementario se realizó por el método gravitacional por surcos.

Con respecto a las necesidades hídricas diarias del cultivo de arveja, la media es de 1,9 l/m<sup>2</sup>pero en el tiempo que transcurrió esta etapa, existen valores mínimos de 0,47 el 04/02/2013 y máximo de 3,35 mm/día el 25/01/2013 lo que equivale a 3,35 l/m<sup>2</sup>.