

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ (*Zea mays L.*) VAR. TUSILLA BAJO LAS  
CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN CUMANDÁ, PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”.

Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado  
de Ingeniero Agropecuario

**AUTOR:**

DENNYS ALEXANDER GUZMÁN BUÑAY

**TUTOR:**

ING. ALBERTO GUTIÉRREZ A.

**CUMANDÁ**

**2017**

“El suscrito DENNYS ALEXANDER GUZMÁN BUÑAY, portador de cédula de identidad número: 0925840258, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAIZ (*Zea mays L.*) VAR. TUSILLA BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN CUMANDÁ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

---

Dennys Alexander Guzmán Buñay

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAIZ (*Zea mays L.*) VAR. TUSILLA BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN CUMANDÁ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agropecuario, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta 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 este Informe Final, o de parte de él”.

---

Dennys Alexander Guzmán Buñay

“ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAIZ (*Zea mays L.*) VAR. TUSILLA BAJO LAS  
CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN CUMANDÁ, PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”

**REVISADO POR:**

---

Ing. Mg. Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán

**TUTOR**

---

Ing. Mg. Juan Carlos Aldás

**ASESOR DE BIOMETRÍA**

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**

**FECHA**

---

Ing. Mg. Hernán Zurita

**PRESIDENTE TRIBUNAL**

---

Ing. Mg. Juan Carlos Aldás

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

---

Ing. Mg. Santiago Espinoza

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud a la Universidad Técnica de Ambato de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias a las autoridades, docentes y personal administrativo que con sus palabras y conocimientos, me brindaron una formación académica de excelencia para alcanzar mi meta como Ingeniero Agropecuario.

Al Ing. Agr. Alberto Gutiérrez A. Mg. Tutor de tesis quién con su apoyo y conocimientos ayudó a culminar la investigación.

A los Ing. Mg. Juan Carlos Aldás. Asesor de Biometría e Ing. Mg. Santiago Espinoza. Asesora de Redacción Técnica quienes que con sus sabios consejos supieron en su determinado momento asesorarme para que los resultados alcanzados en el trabajo de investigación sean fructíferos.

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por darme la vida, y quien ha sido mi guía durante este proceso de estudio.

Al ser que me dio la vida mi padre Víctor Manuel Guzmán, ejemplo de sacrificio, esfuerzo y trabajo.

A mi Madre Bélgica Buñay, por ser el pilar más importante en mi vida y por demostrarme su apoyo incondicional día tras día, ejemplo de constancia y perseverancia.

## Índice de contenido

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	3
MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	3
2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.2.1. CLIMATOLOGÍA .....	5
2.2.2. ETAPAS FENOLÓGICAS .....	9
2.2.3. CULTIVO DE MAÍZ.....	14
CAPÍTULO III.....	24
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	24
3.1. HIPÓTESIS .....	24
3.2. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	24
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	24
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	24
3.3. OBJETIVOS.....	24
3.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
CAPÍTULO IV.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO).....	26
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR .....	26
4.2.1. SUELO.....	26
4.2.2. CLIMA.....	26
4.2.3. AGUA.....	26
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES .....	27
4.3.1. EQUIPOS.....	27
4.3.2. MATERIALES.....	27

4.4. FACTORES EN ESTUDIO .....	27
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	28
4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL .....	29
4.7. VARIABLES RESPUESTAS.....	29
4.7.1. ALTURA DE LA PLANTA EN CADA ETAPA FENOLÓGICA.....	29
4.7.2. PROFUNDIDAD DE LA RAÍZ EN CADA ETAPA FENOLÓGICA DE LA PLANTA. ....	29
4.7.3. ETAPAS FENOLÓGICAS.....	30
4.7.4. NÚMERO DE DÍAS A LA COSECHA. ....	30
4.7.5. CURVA DE COEFICIENTE DEL CULTIVO (KC).....	30
4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	31
4.8.1. PREPARACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.....	31
4.8.2. SIEMBRA.....	32
4.8.3. FERTILIZACIÓN .....	32
4.8.4. CONTROL DE MALEZAS. ....	32
4.8.5. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	32
4.8.6. COSECHA.....	32
4.9. DATOS CLIMÁTICOS REGISTRADOS.....	33
4.10. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	34
CAPÍTULO V .....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1. RESULTADOS.....	35
5.1.1. ALTURA DE LA PLANTA EN CADA ETAPA FENOLÓGICA.....	35
5.1.2. PROFUNDIDAD RADICULAR EN CADA ETAPA FENOLÓGICA DE LA PLANTA Y RELACIÓN ENTRE ALTURA DE PLANTA Y PROFUNDIDAD RADICAL.....	36
5.1.3. ETAPAS FENOLÓGICAS.....	38
5.1.4. NÚMERO DE DÍAS A LA COSECHA. ....	39
5.1.5. CURVA DE COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc).....	40
5.2. DISCUSIÓN.....	41



CAPÍTULO VI.....	42
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS .....	42
6.1. CONCLUSIONES.....	42
6.2. BIBLIOGRAFÍA.....	43
6.3. ANEXOS.....	46
CAPÍTULO VII .....	50
PROPUESTA.....	50
7.1 TITULO.....	50
7.2. DATOS INFORMATIVOS.....	50
7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	50
7.4. JUSTIFICACIÓN.....	50
7.5. OBJETIVO .....	51
7.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	51
7.7. FUNDAMENTACIÓN .....	51
7.8. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	51
7.8.1. PREPARACIÓN DEL SUELO.....	51
7.8.2. ÉPOCA DE SIEMBRA .....	52
7.8.3. SIEMBRA.....	52
7.8.4. RIEGO .....	52
7.8.5. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.....	53
7.8.6. CONTROL DE MALEZAS .....	53
7.8.7. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	53
7.8.8. COSECHA.....	53
7.8.9. COMERCIALIZACIÓN .....	53
7.9. ADMINISTRACIÓN .....	54
7.10. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	54

## Índice de tablas.

TABLA 1. DURACIÓN DE LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO* DEL CULTIVO PARA DISTINTOS PERIODOS DE SIEMBRA Y REGIONES CLIMÁTICAS (DÍAS).....	10
TABLA 2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ.....	15
TABLA 3. RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA PARA MAÍZ	20
TABLA 4. RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA PARA MAÍZ .....	21
TABLA 5.- PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL MAÍZ.....	22
TABLA 6. PRINCIPALES PLAGAS DEL MAÍZ.....	23
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	29
TABLA 6. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ ( <i>Zea mays.</i> ).....	39

## Índice de figuras

Figura 1. Altura de planta de maíz ( <i>Zea mays L.</i> ) (cm) .....	35
Figura 2. Profundidad radicular (cm).....	36
Figura 3. Relación Altura de planta y profundidad radicular (cm) .....	37
Figura 4. Coeficiente de cultivo de maíz .....	40

## Índice de Anexos

Anexo 1. Datos estación meteorológica “Milagro” .....	46
Anexo 2. Balance hídrico del maíz var. Tusilla .....	47
Anexo 3. Altura de las plantas de maíz (cm) .....	47
Anexo 4. Profundidad radicular de las plantas de maíz (cm) .....	47
Anexo 5. Limpieza del área experimental.....	48
Anexo 6. Siembra.....	48
Anexo 7. Toma de datos altura de planta .....	48
Anexo 8. Toma de datos profundidad radicular.....	49
Anexo 9. Control de malezas .....	49
Anexo 10. Toma de datos en la etapa final .....	49

## RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación se realizó con el objetivo de aportar y generar datos sobre el ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays L*), var. Tusilla para programar la comercialización y los volúmenes de agua a aplicar en cada etapa fenológica, para ser divulgadas a los productores y con fines educativos la experimentación se realizó en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo, en el sector conocido como “La Victoria” en la finca Rosero ubicada en la vía Bucay-Riobamba con coordenadas geográficas: Latitud: S 2° 20' y Longitud: W 79° 15' a una altitud de 312 msnm.

Se aplicó análisis estadístico con medias de tendencia central (Medias, Desviación estándar), los resultados fueron los siguientes, para la variable altura de planta en la etapa final del cultivo la media fue de 285,2 cm, para la variable profundidad radicular en la misma etapa presentó una media de 38,9 cm, relacionando altura y profundidad radical se tiene las 1/5 de la parte aérea con la profundidad radical. En la variable días a la cosecha, el tiempo transcurridos desde la siembra hasta la cosecha en seco fue 141 días esto se debe a las condiciones climáticas presentadas en el experimento especialmente con relación a la humedad relativa alta. En la variable coeficiente del cultivo de maíz se tomaron los valores dados por la FAO56 en donde el coeficiente de cultivo (Kc) para la etapa inicial es 0.7 con una duración de 21 días, en la etapa de desarrollo el coeficiente del cultivo asciende, hasta llegar a su coeficiente de cultivo (Kc) máximo que es 1.20 esto ocurre luego de 44 días, en la etapa intermedia el uso consuntivo de la planta llega a su punto más alto el valor del Kc 1.20 se mantiene constante durante 42 días, en la etapa final el Kc desciende hasta llegar a 0.60 con una duración de 34 días. Las etapas fenológicas del cultivo de maíz en las condiciones climáticas del cantón Cumandá, tuvieron estas duraciones para la etapa inicial 21 días, para la etapa de desarrollo 44 días, para la etapa intermedia o mediados de temporada la duración fue 42 días y para la etapa final o de maduración 34 días, lo que nos permite conocer el momento en que el cultivo necesita mayor o menor cantidad de agua y fertilizantes además se puede programar el momento en que el producto está listo para ser comercializado.

**PALABRAS CLAVE:** Etapas fenológicas, maíz, var. Tusilla, Coeficiente de cultivo, profundidad radicular, altura de planta.

## SUMMARY

The research work was carried out with the aim of contributing and generating data on the maize (*Zea mays* L) cultivation cycle, var. Tusilla to program the commercialization and the volumes of water to be applied in each phenological stage, to be divulged to the producers and for educational purposes the experimentation was carried out in the Canton Cumandá, province of Chimborazo, in the sector known as "La Victoria" in The Rosero estate located on the Bucay-Riobamba road with geographical coordinates: Latitude: S 2 ° 20 'and Longitude: W 79 ° 15' at an altitude of 312 meters above sea level.

Statistical analysis was applied with means of central tendency (Means, Standard deviation), the results were as follows, for the plant height variable in the final stage of the culture the average was 285.2 cm, for the root depth variable in the Same stage presented an average of 38.9 cm, relating height and radical depth we have 1/5 of the aerial part with the radical depth. In the variable days at harvest, the time from planting to dry harvest was 141 days. This is due to the climatic conditions presented in the experiment especially in relation to the high relative humidity. In the variable coefficient of the maize crop, the values given by FAO56 were taken where the coefficient of cultivation (Kc) for the initial stage is 0.7 with a duration of 21 days, at the development stage the crop coefficient increases, up to To reach its maximum crop coefficient (Kc), which is 1.20, this occurs after 44 days, in the intermediate stage the consumptive use of the plant reaches its highest point the value of Kc 1.20 remains constant for 42 days, in the Final stage the Kc descends until reaching 0.60 with a duration of 34 days. The phenological stages of maize cultivation in the climatic conditions of Cumandá, had these durations for the initial stage 21 days, for the stage of development 44 days, for the intermediate stage or mid season the duration was 42 days and For the final stage or maturing 34 days, which allows us to know when the crop needs more or less water and fertilizers in addition can be scheduled the moment the product is ready to be marketed

**KEYWORDS:** Phenological stages, maize, var. Tusilla, Cultivation coefficient, root depth, plant height.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales cultivos transitorios del país y se lo cultiva en todo el territorio nacional ya que tiene un papel importante en toda la población; es su principal fuente de alimentación y de ingresos, ya sea comercializándolo o utilizándolo como materia primas para la alimentación humana y animal. En el Cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo el 39% de la población económicamente activa está ligada a la producción agropecuaria y el 3,2% de la superficie total del mismo está dedicada a cultivos transitorios, entre los cuales se encuentra el maíz (Cañizares, et al 2015).

En Ecuador, la mayoría de productores de esta gramínea manejan una agricultura de subsistencia, constantemente limitada por factores climáticos, edáficos, inadecuado uso del recurso hídrico y patrones culturales que limitan la producción. En este sentido, en el Cantón Cumandá se encuentran varias problemáticas que limitan la producción de maíz duro variedad tusilla, considerado precoz, como; el desconocimiento por parte de los agricultores de la duración de las etapas fenológicas del cultivo, el desconocimiento de los requerimientos climáticos y edáficos necesarios para la producción de esta variedad, la poca información de la zona, y dependencia de datos que no se acercan a la realidad de nuestro medio para calcular la demanda de agua para cada etapa fenológica, dando como resultado, un decremento en la productividad del cultivo por un inadecuado programa de riego (Oñate, 2016).

Para un buen desarrollo el maíz requiere de 550 a 650 mm de lluvia, lo cual hace que la reducción de la competencia de las malezas durante este período sea sumamente importante a través de todo el ciclo. Sin embargo, si el perfil del suelo está en su capacidad de campo en el momento de la siembra, 350 a 400 mm de lluvias bien distribuidas durante el ciclo de crecimiento serán suficientes para producir un buen cultivo. Para un crecimiento óptimo, el contenido de humedad del suelo debería ser de cerca de 60 a 70% de la capacidad de campo. Un buen suelo profundo que permita el crecimiento de las raíces hasta 1,5 m de profundidad puede tener una capacidad de  $1 \text{ cm}^3$

de agua por cada  $6 \text{ cm}^3$  de suelo, equivalente a cerca de 250 mm de agua. Las pérdidas de rendimiento debido al estrés de agua, desde la emisión de la panoja hasta el estado de grano pastoso, pueden llegar a más del 30%. Las principales fuentes de agua del cultivo de maíz provienen de la humedad almacenada en el suelo antes de la siembra, de la lluvia durante el ciclo del cultivo, de la irrigación, y en mucha menor cantidad del rocío que se condensa en las hojas y que llega a la base de las plantas. (Violic, 2001).

Las necesidades hídricas de los cultivos están relacionadas directamente entre el ciclo del cultivo, el desarrollo tanto de la parte aérea y la profundidad radicular, parámetros que al desconocerse no permiten programar las cosechas. Por otro lado no se consiguen máximos rendimientos por cuanto la aplicación del agua es deficiente y no oportuna o está en demasía, e inclusive perdiendo importantes recursos económicos con los fertilizantes. (Tenesaca, 2015).



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Granados, R. y Sarabia, A. (2013) sostienen que los ciclos biológicos de los organismos están íntimamente relacionados con las condiciones ambientales en que se desarrollan, por tanto, es evidente que pueden verse afectados por el cambio de temperatura y precipitación futuras. Los requerimientos térmicos óptimos del cultivo del maíz. En el departamento de Toluca se determinaron las etapas fenológicas de maíz blanco, la duración desde la germinación hasta la madurez fue de 298 días, registrados en el ensayo de esta manera: la germinación se registró en el mes de mayo, el crecimiento vegetativo en los meses de junio y julio, la floración en el mes de agosto, la formación del fruto en septiembre y la madurez en noviembre, es necesario recordar que la fecha de siembra indicada fue el 12 de Mayo. Debido al cambio climático, el aumento de la temperatura esperado favorecerá en general todas las fases fenológicas de maíz, mientras que la escasez de agua en la fase fenológica de floración, así como excedente agua en el estado lechoso-masoso, podría provocar el desarrollo de plagas y enfermedades que impactarán en la producción.

Liendo, *et al* 2004, citado por Martin en el 2006, mencionan que la duración de las etapas fenológicas de los cultivos están relacionadas directamente con las condiciones climáticas de un determinado sector geográfico y sostiene que el maíz presenta las siguientes etapas fenológicas: VE (Emergencia), V1 (Primera hoja), V2 (Segunda hoja), Vn (enésima hojas), VT (panojamiento), R1 (Emergencia de estigmas), R2 (Cuaje o ampolla), R3 (grano lechoso), R4 (grano pastoso), R5 (Grano duro o dentado) y R6 (madurez fisiologica). en su trabajo determinaron La dinámica de crecimiento del cultivo en el Noa, Norte de Argentina muestra que: A los 14 días de VE (entre V5 y V6), comienza el alargamiento de entrenudos con una altura de planta de 0,35 cm, a los 21 días el cultivo está entre V7 y V8 con 0,56 cm de altura, a los 40 días está entre V9 y V10, con 1,10 a 1,20 m de altura, a los 52 días está en V12 a V13 con más de 1,80 m y

que el sistema radicular del maíz incrementa su peso total y crece en longitud hasta los 80 días del cultivo; luego permanece estable 2 semanas y durante el período reproductivo, decrece gradualmente. La máxima densidad de raíces se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad.

Noriega *et al* 2011, en su investigación denominada Fenología, Crecimiento Y Sincronía Floral De Los Progenitores Del Híbrido De Maíz QPM H-374C, realizada en el estado de México, determinaron que los progenitores del híbrido H-374C mostraron diferencia en los días requeridos para que se presenten sus etapas fenológicas. El progenitor femenino CML 176\*CML 142 y el progenitor masculino CML 186 del híbrido H-374C, se deben sembrar en la misma fecha; mientras que para la formación de la cruce simple, el progenitor masculino CML 142, se debe sembrar 30 días antes que el progenitor femenino CML 176, lo cual corresponde a dos días, es decir la fenología y el crecimiento depende de los factores climáticos y genéticos de los cultivos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2006, la duración de las etapas de crecimientos del cultivo de maíz, para el clima árido en Estados Unidos es de 140 días, distribuidos de la siguiente manera; la etapa inicial de crecimiento dura 25 días, la etapa de desarrollo del cultivo, 40 días, la etapa de mediados de temporada o floración, dura 45 días y la etapa final de temporada tarda 30 días.

En 2016, Oñate determino que las etapas fenológicas del cultivo de maíz variedad blanco harinoso criollo sujetas a las condiciones climáticas de Cevallos, Tungurahua, en donde, la duración de la etapa inicial fue de 32 días, la etapa de desarrollo 84 días, etapa intermedia 35 días, la final 81días y el ciclo de cultivo ciclo es de 232 días. En relación a la profundidad radicular por etapa fenológica, determinó que en la etapa inicial se obtuvo una longitud del sistema radicular de 22,2 cm, en la etapa de desarrollo 38,2cm; etapa intermedia 42,3 cm y en la etapa fina 62,9 cm, respectivamente.

## **2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. CLIMATOLOGÍA**

El clima es el estado típico de la atmosfera en un lugar y periodo determinados; es la dinámica habitual de “tiempo” en una cierta región, entendido por la manifestación diaria de los elementos meteorológicos tales como temperatura, humedad, viento, radiación, etc. (Heuveldop, *et al* 1986, p. 7).

Las plantas cultivadas muestran, en su distribución actual, la influencia ejercida por las condiciones ambientales, en especial por los elementos climáticos. Así mismo, el clima tiene gran influencia sobre la distribución y comportamiento de las especies animales y vegetales. El comportamiento de los elementos climáticos es influenciado por determinados factores, que situamos en los grupos siguientes:

- a) Ubicación geográfica: latitud y longitud, que guardan estrecha relación con el ángulo de incidencia y magnitud de las radiaciones solares; altitud, que genera variación de temperatura y presión atmosférica.
- b) Topográficos: tienen que ver con la configuración superficial del terreno y con la orientación de las pendientes, y que tienen considerables efectos sobre las lluvias y el movimiento del aire.
- c) De distribución de las masas de agua con respecto a la superficie sólida: la porción entre ambas influye sobre la dinámica de la temperatura y la humedad.
- d) Geología y botánicos, que se refiere al tipo de suelo y al tipo de cubierta de éste, que modifican el comportamiento climático, por ejemplo, el balance de radiación (Heuveldop, *et al* 1986).

## - **Efecto de las condiciones agroclimáticas**

Las plantas, al igual que los animales e insectos, están estrechamente ligadas al desarrollo de los fenómenos atmosféricos, reaccionan ante los factores y elementos del clima que hace o ha hecho; algunas plantas e insectos son especialmente sensibles a determinados elementos meteorológicos. Las plantas, como seres vivos, se pueden considerar como aparatos meteorológicos registradores que tienen la ventaja de ser sensibles, a la vez, a varios elementos meteorológicos: temperatura, lluvia, vientos, iluminación, etc. (Fuentes Yague, 1996) (Arguello y Guevara, 2011).

El maíz se produce en todos los climas, pues es una de las plantas que mayor poder de adaptación tiene y se da desde unos metros sobre el nivel del mar hasta cerca de los 3 000 msnm en nuestro país, pero para esto hay que tener en cuenta los tipos que se deben sembrar, de acuerdo precisamente con la altura sobre el nivel del mar. Dentro del clima se deben considerar los factores favorables y desfavorables para el cultivo de maíz, entre los cuales se tiene: la temperatura, la luz y la humedad. Dentro de los desfavorables cabe mencionar el granizo, las heladas, el viento. (Díaz del Pino, 1964).

SICA, 1999, citado por Oñate en 2016 indica que el maíz se desarrolla muy bien cuando recibe una pluviosidad de 1000 a 2000 mm durante el ciclo, una temperatura promedio de 24,5°C y un mínimo de 2,2 horas de luz diariamente.

## - **Temperatura**

Este factor ejerce una influencia decisiva en la germinación de la semilla y tiene una gran importancia en los procesos vegetativos de la planta; a mayor intensidad del calor se acorta el periodo vegetativo del maíz. La germinación del maíz se puede iniciar a una temperatura de 4°C; durante la floración y la fructificación se hacen necesarios de 25°C a 30°C, pudiendo soportar más temperatura en los climas cálidos. Con el calor aumenta la transpiración de la planta, lo que hace que se formen con cierta rapidez los elementos que la constituyen (Díaz del Pino., 1964).

### - **Heliofanía**

Según Llanos, 1984, citado por Arguello y Guevara en 2011 mencionan que la luz y la heliofanía son indispensables para la vida de las plantas, pues a ellas se debe la formación de la clorofila y la actividad de la misma, es decir la fijación del anhídrido carbónico del aire y la consiguiente asimilación del carbono y el desprendimiento del oxígeno. Fuera de la luz cesa la asimilación del carbono y, por lo tanto la formación de la materia orgánica. Se sabe que el 93 % de los elementos de que está constituida la planta, lo integran el carbono, el oxígeno y el hidrógeno, elementos que en la atmósfera existen en grandes cantidades. De esto se desprende que, cuando existe más heliofanía y luminosidad, habrá mucha asimilación de carbono para la formación de los hidratos de carbono, como son: la celulosa, el almidón, la glucosa, etc.

### - **Humedad del suelo**

La cantidad total de la lluvia caída durante el periodo vegetativo y, más aun, su distribución a lo largo del mismo, son fundamentales para el crecimiento y el rendimiento en grano de maíz. Para que haya buen rendimiento de maíz, es indispensable que exista en el suelo cierto grado de humedad, que satisfaga la exigencia de la planta. Hay dos épocas en que el maíz necesita más agua: cuando está en su primera fase de crecimiento y cuando está en el tiempo de la floración y fructificación. Cuando el agua escasea en el período de crecimiento, la planta toma un color cenizo, las hojas tienden a enrollarse hacia su nervadura central, como disminuyendo la superficie de transpiración, el crecimiento se detiene, estimulándose la floración, como una lucha de la planta a perpetuar la especie dentro de estas condiciones desfavorables (Llanos, 1984).

Según Llanos (1984), cuando escasea el agua durante el periodo de floración, se observa que las plantas igualmente toman un color cenizo, enrollándose las hojas y no hay fructificación. En vista de lo anterior, hay que procurar que en estas dos fases tenga la planta suficiente humedad, y esto solamente se logra cuando se cuenta con agua de

riego, porque cuando un cultivo está sujeto al temporal, es decir al agua de lluvia, por lo general esta no es regular ni suficiente en la mayoría de los casos, en las distintas zonas agrícolas, para que satisfagan las necesidades de la planta, con lo que los rendimientos son muy escasos y en muchas de las ocasiones nulos.

Hay que tomar en cuenta que en el extremo opuesto de la falta de agua, o sea un exceso de humedad en el suelo, que permita que el agua se estanque y permanezca mucho tiempo en contacto con las raíces, entonces estas sufren grandes trastornos, con lo que las plantas se amarillan y no dan fruto (Llanos, 1984) (Arguello, M., Guevara, L., 2011).

#### - **Evapotranspiración – ET**

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 (FAO, 2006).

#### - **Factores que afectan la evapotranspiración**

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas (FAO, 2006).

## - Coeficiente de cultivo - Kc

El coeficiente de cultivo, Kc, expresa la relación entre el uso consuntivo del cultivo en consideración, ETc, y la evapotranspiración del cultivo de referencia:

$$Kc = \frac{ETc \text{ (mm/día)}}{ETo \text{ (mm/día)}}$$

Por lo tanto:

$$ETc \text{ (mm/día)} = ETo \text{ (mm/día)} \times Kc$$

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Kc= Coeficiente de cultivo

Dichos coeficientes se determinan empíricamente comparando el uso consuntivo del cultivo, ETc, con el cultivo de referencia, ETo, bajo idénticas condiciones, de acuerdo a las características del cultivo y de las fases de su desarrollo. Los valores de Kc presentados en publicaciones de diversa índole, obtenidos bajo condiciones locales específicas de cultivo y clima, pueden ser muy útiles, a condición de que sean empleados siguiendo fielmente al método original con el que fueron estimados.

### 2.2.2. ETAPAS FENOLÓGICAS

Yzarra, 2014, citado por Tenesaca en 2015 sostiene que la fenología es la descripción de cada una de las etapas de la vida de la planta. Estas etapas deben ser conocidas y distinguidas, porque cada una representa distintas funciones metabólicas, requerimientos de agua, cantidad de nutrientes y balance de los mismos.

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 (Gastiazoro, J., 2006).

**TABLA 1. DURACIÓN DE LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO\* DEL CULTIVO PARA DISTINTOS PERIODOS DE SIEMBRA Y REGIONES CLIMÁTICAS (DÍAS)**

Cultivo	Inicio	Desarrollo	Mediados de temporada	Final	Total	Región
Maíz	30	50	60	40	180	África Este
	25	40	45	30	140	Clima Árido
	20	35	40	30	125	Nigeria
	30	40	50	30	150	España(California EU)

Fuente: FAO, 2006.

#### - **Estadíos vegetativos y reproductivos**

Según Fassio *et al* 1998, el desarrollo del cultivo consiste en una sucesión obligatoria de etapas o fases dadas en un orden riguroso e irreversible, correspondiendo a la iniciación de órganos nuevos, es un fenómeno puramente cualitativo. Se llama ciclo de desarrollo al conjunto de fases que van desde la germinación de la semilla hasta la floración y formación del fruto. Este ciclo comprende dos etapas bien definidas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo. En el maíz, se distinguen los estadíos Vegetativo y Reproductivo, los cuales se describen a continuación:



- **Vegetativo**, en el cual se diferencian las siguientes etapas:
  - VE: emergencia.- Una vez que la semilla ha completado su fase de imbibición, aparece la radícula; posteriormente, se produce la elongación del hipocótilo, el cual conducirá al cotiledón por sobre la superficie del suelo.
  - V1: primera hoja.- Es el apareamiento de la primera hoja, inmediatamente luego de la emergencia.
  - V2: segunda hoja.-inmediatamente luego del apareamiento de la primera hoja, la segunda hoja aparece y se forma el primer par de hojas verdaderas.
  - V3: tercera hoja.- Aproximadamente a los 8 días posteriores a la emergencia la planta presenta 2 hojas y a los doce días 3 hojas. En V3 el ápice del tallo aún se encuentra por debajo de la superficie del suelo. En este momento se inician todas las hojas y espigas que la planta podría eventualmente producir. La ocurrencia de granizo, viento o heladas que puedan dañar las hojas expuestas en V3 tiene un efecto pequeño o nulo sobre el punto de crecimiento o el rendimiento final de grano.
  - V(n): enésima hoja.- La planta de maíz presenta en promedio, 14 hojas, 56 días después de la emergencia y 15 hojas a los 2 meses de la misma y está a 10 a 12 días de la etapa R1 Este estadio es el comienzo del período más importante e términos de determinación del rendimiento de grano.
  - VT: Panojamiento.- la fase VT se inicia aproximadamente 2-3 días antes de la emergencia de barbas, tiempo durante el cual la planta de maíz ha alcanzado su altura final y comienza la liberación del polen. El tiempo entre VT y R1 puede variar considerablemente en función del cultivar y de las condiciones ambientales.

- **Reproductivo**, en el cual se diferencian las siguientes etapas:

-R1: barbas.- La etapa R1 comienza cuando algunas barbas son visibles fuera de las vainas, aproximadamente 66 días después de la emergencia. La polinización ocurre cuando los granos de polen se depositan sobre las barbas. Generalmente se necesitan entre 2 y 3 días para que todas las barbas de una espiga queden expuestas y sean polinizadas. Las mayores reducciones en rendimientos de grano resultarán por efecto de estrés hídrico entre 2 semanas antes y 2 semanas después de R1. Esto también es cierto con otros tipos de estrés como deficiencias en nutrientes, altas temperaturas o granizo. Este período de 4 semanas alrededor del período de floración es el más importante para la aplicación de riego.

-R2: ampolla.- Aproximadamente 10-14 días después de emergencia de barbas, la mazorca está casi por alcanzar, o ya alcanzó, su tamaño completo. Las barbas, habiendo completado su función de floración, se oscurecen y comienzan a secarse.. Los granos presentan cerca de 85% de humedad, porcentaje que irá descendiendo gradualmente hasta la cosecha.

-R3: lechoso.- Lechoso.- Aproximadamente 18-22 días después de emergencia de barbas, el grano es externamente de un color amarillo y el fluido interno es blanco lechoso debido a la acumulación de almidón. Los granos presentan una rápida acumulación de materia seca y contiene aproximadamente 80% de humedad. El rendimiento final depende del número de granos que se desarrolle y del tamaño final o peso de los granos. Aunque no tan severo como en R1, deficiencias en R3 pueden tener un efecto profundo en el rendimiento reduciendo ambos componentes de rendimiento.

-R4: pastoso.- La continua acumulación de almidón en el endospermo provoca que el fluido interno se transforme en una consistencia pastosa.

–R5: dentado.- Los granos se secan comenzando por la parte superior donde aparece una capa dura de almidón. Condiciones adversas en esta etapa reducirán el rendimiento a través de una disminución del peso de los granos y no del número de granos. Una helada severa puede cortar la acumulación de materia seca y causar la formación prematura de punto negro. También puede causar reducción en el rendimiento retrasando las operaciones de cosecha, debido a que en los maíces dañados por heladas el grano se seca más lentamente.

–R6: madurez fisiológica.- El estadio R6 se define cuando todos los granos en la espiga han alcanzado su máximo peso seco o máxima acumulación de materia seca y se forma una absición marrón o negra en la zona de inserción del grano a la mazorca. Esta absición es un buen indicador de la máxima acumulación de materia seca y señala el final de crecimiento del grano. El promedio de humedad de grano en R6 es 30-35%, sin embargo, esto puede variar entre cultivares y condiciones ambientales.

#### - **Profundidad radicular**

García, 2014, menciona que la profundidad radicular corresponde a la profundidad a la cual se realiza una extracción de agua por las raíces, de modo que crece en función del cultivo, el suelo, el agua y las condiciones climáticas.

El crecimiento radicular está determinado por factores genéticos y del medio. Entre los factores del medio se destacan las propiedades físicas y químicas del suelo, además de las variables que afectan el desarrollo aéreo del cultivo. Estas últimas pueden alterar drásticamente el crecimiento de las raíces debido a su dependencia de los productos de fotosíntesis proporcionados por la parte aérea. Desde un punto de vista físico, el crecimiento radicular depende en gran medida del agua. El potencial de presión en el interior de las células, el cual proporciona la fuerza necesaria para la elongación celular (Brouwer, *et al* 1968).

### - **Altura de planta**

La altura de planta es la característica más notable usada como un criterio de crecimiento, especialmente donde la temperatura es baja o cuando el agua es profunda. Se mide desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de la hoja más alta. Después del crecimiento lento durante el estado de plántula, la altura de la planta incrementa rápida y casi linealmente hasta la floración, cuando el crecimiento vertical cesa (Arregacéz, 1980).

Los factores climáticos tales como la temperatura, la radiación solar, la humedad, el suelo, las plagas, enfermedades y los nutrientes, en especial el nitrógeno, tienen influencia sobre el crecimiento de la planta (Chaudhary, et al 2004).

### **2.2.3. CULTIVO DE MAÍZ.**

#### - **Origen**

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7000 y 10000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Wilkes, 1979, 1985) (Paliwal, R., 2017).

También existen teorías de que el maíz se habría originado en los altos Andes de Bolivia, Ecuador y Perú. La principal justificación para esta hipótesis fue la presencia de maíz reventón en América del Sur y la amplia diversidad genética presente en los maíces andinos, especialmente en las zonas altas de Perú. (Mangelsdorf y Reeves, 1959) (FAO, 2017).

- **Taxonomía**

**TABLA 2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ**

---

<b>TAXÓN</b>	<b>NOMBRE</b>
Reino:	Vegetal
División:	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledoneae
Subclase:	Glumiflorae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceas o Gramineas
Tribu:	Maydeae
Género:	Zea
Especie:	Zea mays L.

---

Fuente: Ortega, 2014

- **Morfología**

Fassio, *et al.*, 1998 describen la morfología de los órganos del maíz de la siguiente manera:

**Raíz:** es fibrosa, blanca y cubierta de radículas capilares. A más de la raíz principal, el maíz arroja otras raíces en los nudos de la cofia que están cerca del cuello de esta y tienen la propiedad de arrojar no solamente un tallo o caña principal, sino varios que son otras plantas con una raíz común.

Tallo: el tallo o caña es erecto, cilíndrico, aunque algo comprimido en la parte superior, y nudoso o dividido de trecho en trecho por nudos muy marcados. En el interior del tallo existe una sustancia blanca, esponjosa, jugosa y formada de tubos muy delgados, llenos de jugo aguoso y dulce.

Hojas: las hojas del maíz son alternas, venosas, ásperas, aserradas en los bordes, presentan nervaduras en forma longitudinal y nacen en los nudos del tallo y la envuelven en su base. Estas hojas son alargadas y aguzadas en la parte superior: se levantan con dirección a la caña y se doblan tomando la figura de un arco.

Flores: Posee dos aparatos florales diferentes, y que deben ser separadamente examinados; la espiga o panoja, colocada en el extremo superior del tallo, y la mazorca, o espiga verdadera, que nace siempre en los nudos de la misma caña; los dos aparatos florales son esenciales para la fecundación y fructificación de la planta.

Espiga: la panoja del maíz es una especie de ramillete formado de numerosas espigas. En cada uno de los dientes de las espigas se encuentran dos florecillas que polinizan el aparato floral femenino.

Mazorca: La mazorca o fruto, está formado por una parte central llamado zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varias decenas por cada mazorca. El 46% del peso total de la mazorca corresponde al peso de las brácteas y el 54% restante al raquis y a los granos, del cual el 29% es materia comestible. El fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de un cariósipide brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como granos dentro del fruto que es el ovario maduro, la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen, pesa aproximadamente 0,3 gramos (Sánchez y Villamizar, 2003).

## - **Variedad Tusilla**

Se adapta desde los 90 m.s.n.m. hasta los 1500 m.s.n.m., produce mazorcas medianas, flexibles, delgadas y cilíndricas. Granos redondos, tipo duro, color amarillo naranja. Hay mazorcas con hileras rectas y granos salientes, tusas delgadas y blancas. Las plantas son fuertemente macolladas, altas y de aspecto andrajoso, sus hojas largas, delgadas y rígidas. Los tallos son delgados, con nudos bien pronunciados (Arguello y Guevara, 2011).

## - **Requerimientos del cultivo**

### **Climáticos**

El maíz requiere de condiciones hídricas, de temperatura y de iluminación adecuadas para su crecimiento. Por otra parte se trata de una especie de día corto, lo que significa que es inducida a florecer con menos de 10 horas de luz. Sin embargo, debido a su gran adaptación, tolera también días largos, con 12 a 14 horas de luz y una temperatura de 20 °C a 30 °C. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura del suelo debe situarse entre los 15 a 20 °C, llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30 °C., pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. El maíz es una planta con mucha superficie foliar que se traduce en una gran capacidad para la fotosíntesis, pero también para la evapotranspiración, por eso es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad en el suelo. La temperatura ideal para la fructificación es de 20 a 32°C (Villacesa, 1987).

### **Suelo**

Es una planta de gran desarrollo vegetativo, en consecuencia, posee un abundante y profundo arraigamiento. Se estima como óptima una profundidad del suelo superior a 100 cm para lograr altos rendimientos, aun cuando puede ser cultivado en suelos de

profundidad efectiva superior a 40 cm, siempre que descansa sobre un sustrato abierto al paso de las raíces. En cuanto a texturas, lo óptimo son suelos de texturas medias. Sin embargo, el cultivo tolera texturas que varían de moderadamente gruesas a finas. El grado de acidez o alcalinidad, denominado pH, que soporta, varía de 5,6 a 8,4, siendo óptimo un pH de 5,6 a 6,5. El maíz puede prosperar en suelos con un drenaje imperfecto pero es afectado por un drenaje más restringido. El óptimo corresponde a un suelo sin problemas de drenaje. Lo adecuado para este cultivo son los suelos no salinos de conductividad eléctrica entre 0 y 2 mmhos/cm\* (Villacesa, 1987).

## **Agua**

Yáñez, et al 2013 sostiene que es un cultivo que a lo largo de su ciclo requiere de una adecuada humedad. Los riegos varían a lo largo del cultivo así: cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero si mantener una humedad constante. La fase de crecimiento de la planta es la etapa en la que la cantidad de agua no debe faltar, se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. La fase de floración es el período más crítico en el crecimiento de la planta porque de esta fase depende el cuajado y la cantidad de producción obtenida. Por esta razón, se aconsejan riegos constantes que mantengan la humedad. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

### **- Manejo del cultivo**

Las labores culturales del cultivo de maíz dependen del sistema de producción, la mecanización agrícola y el tipo de agricultura que realiza el productor. Yáñez, et al 2013 mencionan las principales labores culturales desarrolladas en el Ecuador para este cultivo, entre las cuales están:



## **Preparación del suelo.**

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda preparar el suelo con dos meses de anticipación ya que esto permitirá que el terreno quede suelto y sea capaz de captar agua sin que se produzcan encharcamientos. Además, esto permitirá la descomposición de residuos, el control de las malezas e insectos y la suavidad del terreno. Se debe realizar, con tractor o con yunta, una labor de arado, una de rastra y la surcada, cuidando de no desmenuzar demasiado el suelo.

## **Siembra**

Época: la fecha de la siembra varía desde septiembre hasta mediados de enero, dependiendo de la zona o localidad del cultivo y de la disponibilidad de agua de riego o de la cantidad de lluvias.

Cantidad de semilla: para la siembra se debe disponer de semilla de buena calidad, se requiere de 30 kg/ha.

Sistemas de siembra: existen dos sistemas de siembra; solo: en el cual se utiliza dos semillas por sitio distanciados a 0,80 m entre surcos y a 0,50 entre sitios, o una semilla cada 0,25m.

## **Raleo**

Es una labor de cultivo que sea realizado cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 0,25 m a 0,30 m y consiste en dejar de una a dos plantas por golpe.

## **Rascadillo**

Consiste en realizar una limpieza manual de las malezas cuando éstas se presentan sobre todo en la época crítica de competencia, entre los 0-45 días después de la siembra.

Además sirve para romper la costra endurecida del terreno para ayudar a que las raíces se desarrollen. En caso de una infestación agresiva de malezas se usa herbicidas a base de atrazina en dosis de 2 kg/ ha o 2 l/ha dependiendo de la formulación.

### **Aporque**

Esta labor se realiza a los 45 días después de la siembra. El aporque consiste en arrimar tierra alrededor de la planta en la parte inferior del tallo, con el objeto de ayudar al sostén de la planta, aflojar el suelo y mantener la humedad de la tierra.

### **Fertilización Química**

Se efectúa según las características de la zona de producción. Para una adecuada fertilización es necesario realizar el análisis químico del suelo por lo menos dos meses antes de la siembra. Se recomienda aplicar en suelos de fertilidad intermedia, 80 kg/ha de nitrógeno (N) y 40 kg de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), lo que se cubre con los fertilizantes indicados a continuación:

**TABLA 3. RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA PARA MAÍZ**

Fertilizante	Área			
	Hectárea (10000 m <sup>2</sup> )	Cuadra (7056 m <sup>2</sup> )	Solar (1764 m <sup>2</sup> )	Cantero (441 m <sup>2</sup> )
10-30-10	135 Kg	95 Kg	24 Kg	6 Kg
Urea	145 Kg	102 Kg	26 Kg	7 Kg

Fuente: Dpto. Manejo de Suelos y Aguas y Programa de Maíz del INIAP-EESC

El fertilizante compuesto se debe aplicar a la siembra a chorro continuo al fondo del surco. El nitrógeno debe ser aplicado en complemento a los 45 días después de la siembra a los lados, a 10 cm de las plantas e incorporar con la labor de aporque.

Otros elementos como boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), molibdeno (Mo) y cinc (Zn) son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta pero que también son indispensables para el normal desarrollo de la planta. Se los puede utilizar también después de que el cultivo haya sufrido una helada no muy severa acompañado de un riego por gravedad o aspersión.

### Fertilización Orgánica

Se recomienda realizar un abonamiento por una sola vez durante el ciclo del cultivo. Se puede utilizar: compost, lombrinaza, bocashi, pollinaza y estiércol de vaca bien descompuesta, siempre y cuando el abono orgánico sea de buena calidad y contenga al menos el 1% o más de nitrógeno, en este caso se recomienda aplicar entre 100 quintales por hectárea y 200 quintales por hectárea.

**TABLA 4. RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA PARA MAÍZ**

Abono (Quintal)	Orgánico	Área			
		Hectárea (10000 m <sup>2</sup> )	Cuadra (7056 m <sup>2</sup> )	Solar (1764 m <sup>2</sup> )	Cantero (441 m <sup>2</sup> )
		100-200	71-142	18-36	5-10
Compost, gallinaza, etc.	humus,	Quintales	Quintales	Quintales	Quintales
Aplicar 200-400 gramos por sitio					

Fuente: Dpto. de Manejo de Suelos y Aguas y Programa de Maíz del INIAP-EESC

## Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades realiza según la incidencia de las mismas, y se realiza usando métodos de control químico, entre las principales enfermedades del maíz tenemos:

**TABLA 5.- PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL MAÍZ**

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>AGENTE CAUSAL</b>
Pudrición de la mazorca	<i>Fusarium moniliforme</i>
Pudrición del tallo	<i>Erwinia chrysanthemi</i> pv <i>zear</i>
Carbón del maíz	<i>Ustilago maidis</i>
Roya	<i>Puccinia sorghi</i>
Tizón foliar	<i>Helminthosporium turcicum</i>
Mancha foliar	<i>Cercospora zear-maydis</i>
Mancha de asfalto	<i>Phyllachora maydis</i> , <i>Monographella maydis</i> , <i>Coniothyrium phyllachorae</i>

Fuente: Yànez, et al 2013

**TABLA 6. PRINCIPALES PLAGAS DEL MAÍZ**

<b>Plaga (N. común)</b>	<b>Plaga (N. científico)</b>
Gusano alambre	<i>Conoderus sp.</i>
Mosca de la semilla	<i>Delia platura</i>
Gusano grasiento	<i>Agrotis ípsilon</i>
Gusano áspero	<i>Agrotis malefida</i>
Gusano blanco	<i>Diloboderus abderus</i>
Barrenador del tallo	<i>Diatraea saccharalis</i>
Gusano cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>
Chinche verde	<i>Nezara viridula</i>

Fuente: Martin, 2006.

### **Cosecha**

La época de cosecha varía de acuerdo con la variedad, temperatura y altitud.

Se puede realizar la cosecha en choclo y en seco. Para conocer el momento de la cosecha del choclo, se puede abrir un poco las hojas que cubren la mazorca y se comprueba el grado de desarrollo de los granos. También se puede guiar por el color del “pelo” del choclo y se afirma que cuando pasan del dorado al castaño, el maíz estaría listo para cosecharlo. Para la cosecha en seco se realiza la cosecha cuando el grano este en madurez fisiológica o dejando secar la mazorca en la planta hasta que esté lo suficientemente seca. Actualmente existen aparatos de muy bajo costo que permiten determinar la humedad directamente en el campo. Si se cosecha con un alto contenido de humedad es necesario poner a secar las mazorcas debido a que los granos con mucha humedad son susceptibles a pudriciones, evitando se produzca un recalentamiento por alta temperatura (Yáñez, G., *et al* 2013).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

Al determinar y establecer parámetros radiculares y fenológicos se puede asegurar el adecuado proceso de cultivo del maíz (*Zea mays L*), variedad Tusilla, bajo las condiciones climáticas y de suelo predominantes en el cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo.

#### **3.2. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.**

##### **3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

- Condiciones climáticas del Cantón Cumandá

##### **3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.**

- Altura de la planta.
- Profundidad radicular.
- Etapas fenológicas del cultivo de fréjol
- Número de días a la cosecha.

#### **3.3. OBJETIVOS.**

##### **3.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Aportar y generar datos sobre el ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays L*), variedad Tusilla para programar la comercialización y los volúmenes de agua a aplicar en cada etapa fenológica, para ser divulgadas a los productores y con fines educativos.

### 3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el tiempo de cada una de las etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) var. Tusilla, bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo.
- Determinar el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) de cada una de las etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) Var. Tusilla.
- Calcular la evapotranspiración ( $E_{To}$ ) del cultivo del maíz (*Zea mays L.*), Var. Tusilla.

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO)**

El trabajo de investigación y experimentación se realizó en el Cantón Cumandá, provincia de Chimborazo, en el sector conocido como “La Victoria” en la finca Rosero a 312 metros sobre el nivel del mar ubicada en la vía Bucay-Riobamba con coordenadas geográficas: Latitud: S 2° 20' y Longitud: W 79° 15'

#### **4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

##### **4.2.1. SUELO**

En la finca Rosero, en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo, el suelo es de tipo arenoso y clasificado como tipo I, lo cual lo convierte en apto para el cultivo del maíz (*Zea mays*).

##### **4.2.2. CLIMA**

El clima en el cantón Cumandá es clasificado como tropical, en invierno hay menos lluvia que en verano. La precipitación promedio es de 911 mm, su temperatura oscila entre los 16°C y 26°C. (Parrales 2015).

##### **4.2.3. AGUA**

El recurso hídrico utilizado para labores de riego se obtiene principalmente de las vertientes del río blanco cercano a la finca Rosero.



### **4.3. EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **4.3.1. EQUIPOS**

- Balanza.
- Bomba de mochila.

#### **4.3.2. MATERIALES.**

- Semillas de maíz Var. Tusilla.
- Flexómetro.
- Rastrillo.
- Azadón.
- Estacas.
- Machete.
- Fertilizantes.

### **4.4. FACTORES EN ESTUDIO**

- a. La profundidad radical del cultivo, al finalizar cada una de las etapas fenológicas.
- b. Altura de la planta al finalizar cada una de las etapas fenológicas.
- c. Tiempo de duración de cada una de las etapas del cultivo, a partir de la referencia del procedimiento de la FAO, la misma que se describe a continuación:

#### **Tiempo de Duración de la etapa inicial o del establecimiento del cultivo:**

Desde la siembra y hasta que el cultivo quede plenamente establecido en el campo: en esta etapa se ha desarrollado las primeras hojas verdaderas, y el cultivo cubre un 10 % de la superficie.

**Tiempo de Duración de la etapa de desarrollo:**

Desde el final de la etapa inicial hasta que el cultivo cubra efectivamente la superficie del suelo, (es decir, no menos de un 70 – 80 %).

**Tiempo de Duración de la etapa Mediados de temporada o de máximo uso consuntivo:**

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

**Tiempo de Duración de la etapa Final o de maduración:**

Esta etapa termina con la maduración del cultivo o su cosecha. Durante esta etapa el consumo del agua disminuye paulatinamente. Es la época en la cual se aplica el último riego de la temporada, con un valor de  $K_c$  para el final de la temporada establecido por la FAO.

**4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados fueron realizados mediante análisis estadístico con medias de tendencia central (Medias, Desviación estándar).

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

**TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
Largo de parcela	5 m
Ancho de Parcela	5 m
Distancia entre hileras	0,60 m
Distancia entre plantas	0,50 m
Nº plantas por parcela	83
Distancia de parcelas	5x5m
Superficies de parcela	25 m <sup>2</sup>
Distancias de bordes	0,25 m

Elaborado por: Guzmán (2017)

#### **4.7. VARIABLES RESPUESTAS.**

##### **4.7.1. ALTURA DE LA PLANTA EN CADA ETAPA FENOLÓGICA.**

Con un flexómetro se midió la altura de 5 plantas al azar de la parcela neta al finalizar cada etapa fenológica.

##### **4.7.2. PROFUNDIDAD DE LA RAÍZ EN CADA ETAPA FENOLÓGICA DE LA PLANTA.**

Al finalizar cada etapa fenológica se extrajeron 5 plantas al azar de la parcela neta para medir la longitud de la raíz esto se lo realizó con ayuda de un flexómetro.

### **4.7.3. ETAPAS FENOLÓGICAS.**

**Número de días a la etapa inicial.-** Desde la fecha de siembra y hasta que el cultivo quedo plenamente establecido en el campo. En esta etapa se han desarrollado las primeras hojas verdaderas y el cultivo cubrió un 10% la superficie.

**Número de días de la etapa de desarrollo.-** 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% de ésta).

**Número de días de la etapa mediados de temporada.-** Desde el final de la etapa del desarrollo, y hasta el inicio de la maduración del cultivo, la cual se manifiesta por la senectud del follaje. Durante esta época el cultivo alcanza el máximo uso consuntivo.

**Número de días de la etapa final.-** Desde el inicio de la madurez del cultivo hasta la maduración del mismo o su cosecha. Durante esta etapa el uso consuntivo del agua disminuye paulatinamente.

### **4.7.4. NÚMERO DE DÍAS A LA COSECHA.**

Se contabilizaron el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día de la cosecha en seco del grano.

### **4.7.5. CURVA DE COEFICIENTE DEL CULTIVO (KC)**

- 1.- Sobre una hoja cuadriculada se marca la fecha sobre la abscisa y los coeficientes Kc sobre la ordenada y sobre la fecha de siembra introduzca el valor del Kc inicial
- 2.- Marcar las fases del cultivo sobre una barra horizontal, en la base del gráfico añadiendo el número de días correspondiente a cada fase
- 3.- Se añade dos líneas al gráfico:
  - La correspondiente a la fase inicial.

-El valor de  $K_c$  (max) durante la tercera fase.

Añadir el valor  $K_c$  para el final de la temporada

4.- Conectar con una recta el final de la primera fase con el inicio de la tercera fase.

5.- Añadir una línea entre el final de la 3ª fase con el valor de  $K_c$  al final de la temporada

El coeficiente de cultivo,  $K_c$ , expresa la relación entre el uso consuntivo del cultivo en consideración,  $ET_c$ , y la Evapotranspiración del cultivo de Referencia,  $ET_o$ .

$$K_c = \frac{ET_c \text{ (mm/ día)}}{ET_o \text{ (mm/ día)}}$$

$$ET_c \text{ (mm/día)} = ET_o \text{ (mm/día)} \times K_c$$

Dónde:

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

$ET_o$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

$K_c$  = Coeficiente de cultivo. (Avidan, 1994)

Los coeficientes se determinan empíricamente comparando el uso consuntivo del cultivo,  $ET_c$ , con el cultivo de referencia,  $ET_o$ , bajo idénticas condiciones, de acuerdo a las características del cultivo y de las fases de su desarrollo. Los valores de  $K_c$  presentados en publicaciones de diversa índole, obtenidos bajo condiciones locales específicas de cultivo y clima, pueden ser muy útiles, a condición de que sean empleados siguiendo fielmente al método original con el que fueron estimados.

## **4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO.**

### **4.8.1. PREPARACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.**

Con el fin de limpiar, desmenuzar los terrones y mejorar la aireación del suelo se procedió a realizar una arada y rastrada del suelo. La preparación del suelo se la realizó

de forma manual se procedió a nivelar el terreno principalmente para tener una pendiente uniforme para realizar el encamado y/o surcado.

#### **4.8.2. SIEMBRA**

Se procedió a sembrar de 2 a 3 semillas de maíz var. Tusilla por hoyo, con el cuidado necesario para no dañar la semilla, tener una buena germinación y no tener problemas de enfermedades, las distancias a las que se colocaron las semillas fueron de 0.50 m entre plantas y 0.60 m entre hileras.

#### **4.8.3. FERTILIZACIÓN**

Se aplicó urea (46-00-00) a razón de 3 g por planta a los 32 y 70 días después de la siembra.

#### **4.8.4. CONTROL DE MALEZAS.**

Se realizó el control de malezas o deshierba, colocando Atrazina, esto se realizó cada vez que las malezas aparecían en las parcelas.

#### **4.8.5. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.**

Se aplicó Cypermotrina y Lannate para el control de plagas a los 60 y 85 días de la siembra, además se colocó el producto Topas para el control de enfermedades a los 74 y 92 días desde la siembra.

#### **4.8.6. COSECHA.**

La cosecha se realizó de forma manual retirando las mazorcas de la planta.

#### 4.9. DATOS CLIMÁTICOS REGISTRADOS

- Temperatura (°C).
- Heliofanía (h/día)
- Evaporación del Tanque Evaporímetro Clase A, (mm/día).
- Humedad relativa (% diaria)
- Velocidad de Viento (m/s diaria)
- Precipitación (mm/día)

INAMHI, (2014) reporta los datos de la estación meteorológica de Milagro (Ingenio Valdez) (Temperatura, Precipitación, Velocidad de viento, Humedad relativa) se estableció la evapotranspiración potencial. Utilizando la fórmula:

$$ET_p = E_v(A) \times K_p.$$

Dónde:

$ET_p$  = Evapotranspiración potencial.

$E_v(A)$  = Evaporación del tanque evaporímetro Clase A.

$K_p$  = Coeficiente de Instalación.

**Coeficiente del cultivo:**

$$K_c = ET_c / ET_o$$

Dónde:

$K_c$  = Coeficiente de cultivo

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo mm/día

$ET_o$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia.

**Balance hídrico:** Determinada la evapotranspiración del cultivo ETc se resta la precipitación del lugar lo que indica se existe déficit de agua o hay que drenar. (Allen, *et, al.*, 2006.)

#### **4.10. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

El procesamiento de la información se realizó a través de medidas de tendencia central, utilizando Microsoft Excel para llegar a la interpretación de resultados.

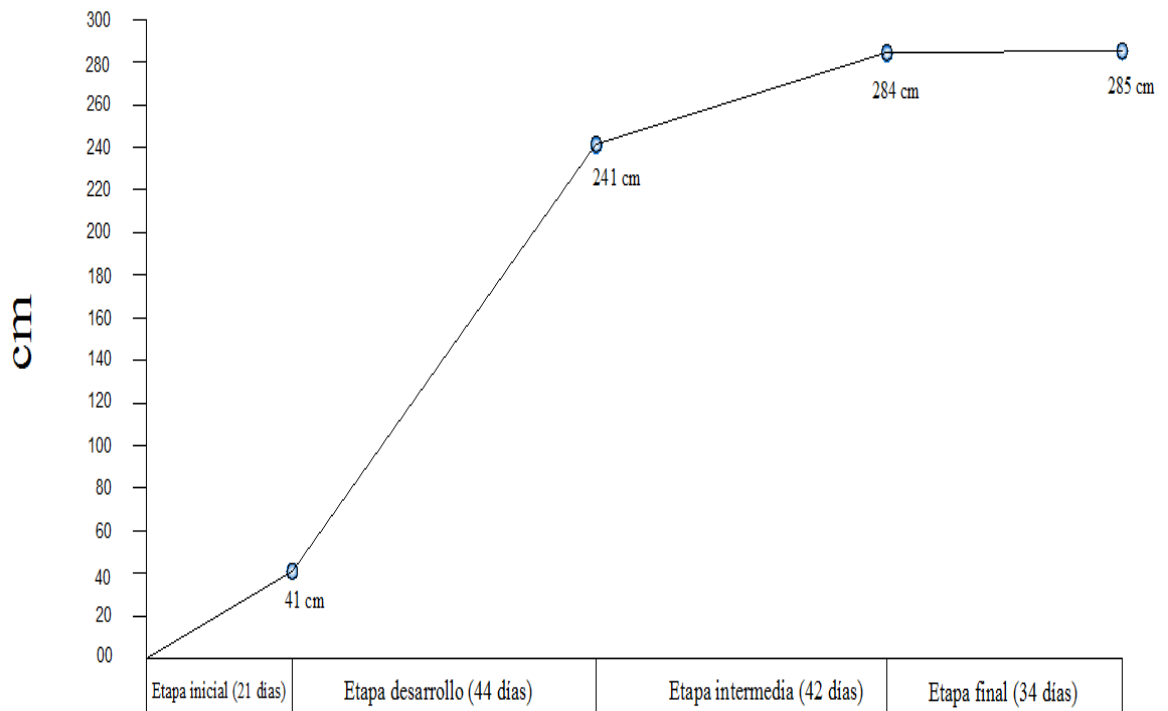


## CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. RESULTADOS.

#### 5.1.1. ALTURA DE LA PLANTA EN CADA ETAPA FENOLÓGICA.

La altura de la planta se presenta en la figura 1 para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) var. Tusilla.



**Figura 1. Altura de planta de maíz (*Zea mays L.*) (cm)**

La altura media de la planta fue 41 cm en la etapa fenológica inicial, al cabo de 21 días desde la siembra cuando aparecieron las primeras cuatro hojas verdaderas.

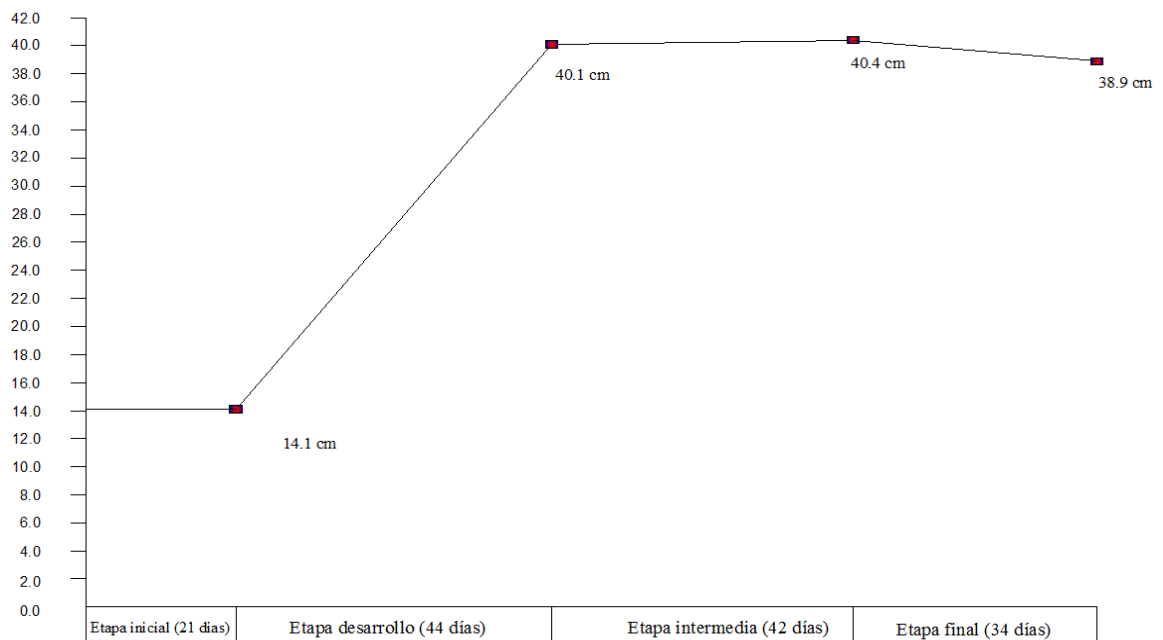
En la etapa fenológica de desarrollo desde el crecimiento de las primeras cuatro hojas verdaderas hasta el inicio de la inflorescencia del maíz presentó una altura media de 241 cm al cabo de 44 días luego de finalizar la etapa inicial.

En la etapa fenológica mediados de temporada desde el inicio de la inflorescencia hasta comenzar la madurez del cultivo de maíz, la planta alcanzó una altura promedio de 284 cm a 107 días desde la siembra.

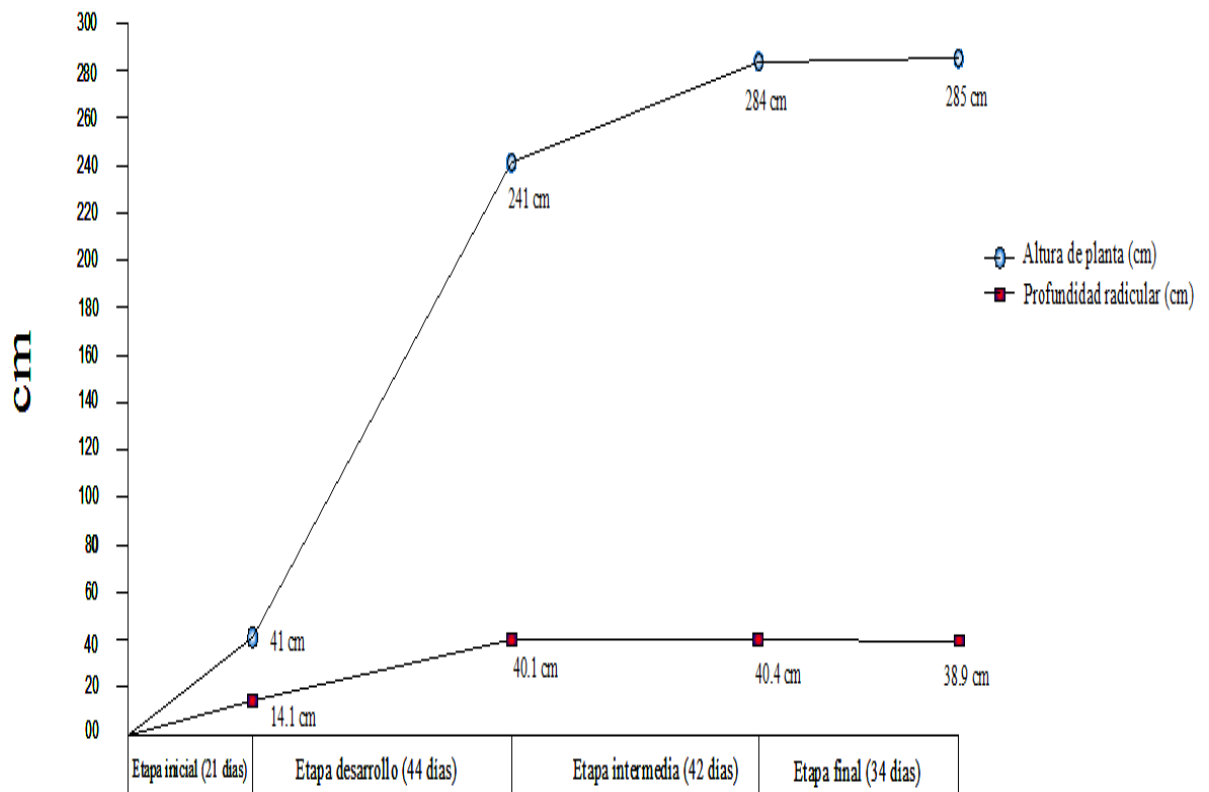
En la etapa final q va desde el comienzo de la madurez hasta la cosecha del cultivo de maíz, la planta alcanzó una altura promedio de 285 cm a 141 días de la siembra.

### 5.1.2. PROFUNDIDAD RADICULAR EN CADA ETAPA FENOLÓGICA DE LA PLANTA Y RELACIÓN ENTRE ALTURA DE PLANTA Y PROFUNDIDAD RADICAL.

En cuanto a la variable profundidad radicular se puede observar en la figura 2 y la relación entre altura de planta y profundidad radicular figura 3, los valores para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla.



**Figura 2. Profundidad radicular (cm)**



**Figura 3. Relación Altura de planta y profundidad radicular (cm)**

La etapa fenológica inicial del maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla a los 21 días desde la siembra, la raíz alcanzó un crecimiento promedio de 14,1 cm, dando una relación de 1 a 3 entre la parte aérea y la raíz.

Al final de la etapa de desarrollo, 44 días luego de concluir la etapa inicial, alcanzó un crecimiento promedio de 40,1 cm, de profundidad radicular, siendo la relación de 1 a 5 entre la altura de la planta y la profundidad radical.

Al inicio de la maduración, en la etapa intermedia, esto es a los 107 días desde la siembra la profundidad radicular alcanzó un crecimiento promedio de 40,4 cm, con una relación de 1/5, en esta etapa existe mayor desarrollo del cultivo debido a que la planta realiza toda su actividad fisiológica tanto en la parte aérea como en la subterránea.

Al concluir la etapa final, esto es a los 34 días desde la etapa intermedia, la profundidad de la raíz alcanzó una media de 38,9 cm, con una relación 1/5 entre la parte aérea y la profundidad radicular.

### **5.1.3. ETAPAS FENOLÓGICAS.**

Las condiciones climáticas para el periodo en el que se realizó la investigación fueron las siguientes: temperatura media 25,03 °C, humedad relativa media 76%, precipitación media para este periodo: 6,48 mm, la altura en la que se realizó la investigación es de 312 msnm.

La duración de la etapa fenológica inicial para el cultivo de maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla, tuvo un período de 21 días (desde el 22 de julio del 2 016 hasta el 11 de agosto del 2 016), se estableció en 23 días.

El cultivo de maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla cumplió con 44 días en la etapa de desarrollo (12 de agosto del 2 016 hasta el 24 de septiembre del 2 016).

La etapa fenológica intermedia del cultivo de maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla se estableció en 42 días, (25 de septiembre del 2 016 hasta el 05 de noviembre del 2 016).

La duración de la etapa fenológica final para el cultivo de maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla, se estableció en 34 días, (06 de noviembre del 2 016 hasta el 09 de diciembre del 2 016).

**TABLA 8. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ (*Zea mays*.)**

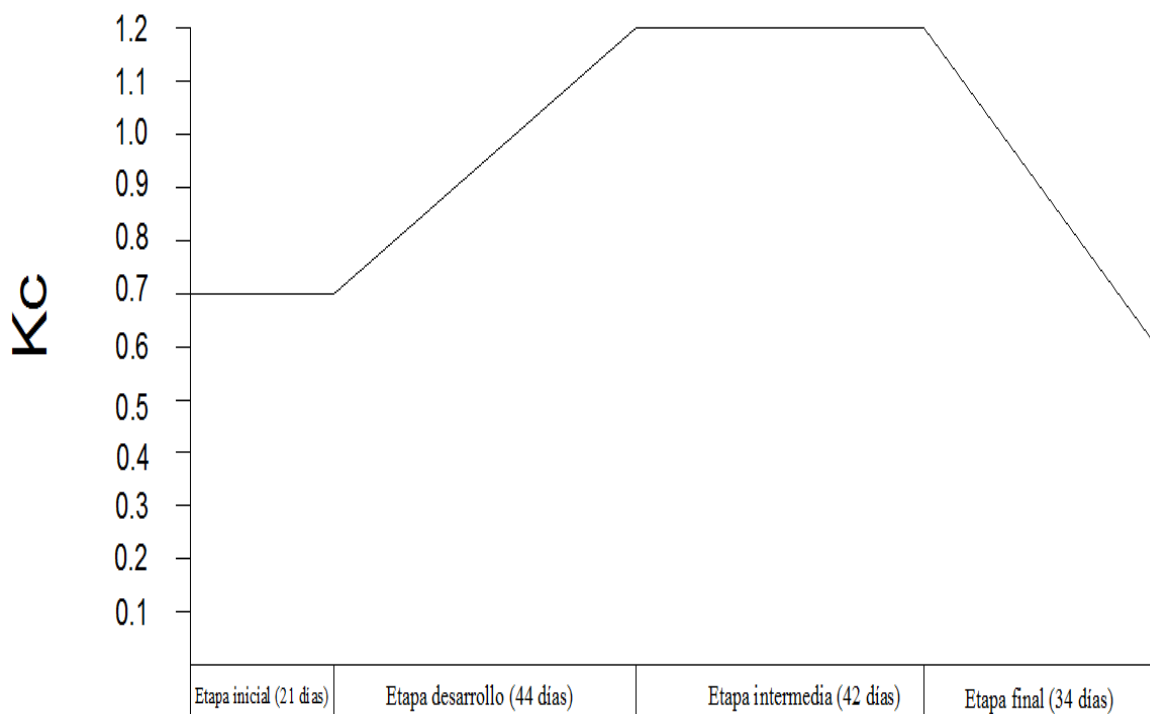
Cultivo	Inicio	Desarrollo	Mediados de temporada	Final	Total	Región
Maíz	30	50	60	40	180	África Este
	25	40	45	30	140	Clima Árido
	20	35	40	30	125	Nigeria
	30	40	50	30	150	España(California EU)

Fuente: FAO citado en Trezza y Andino (2001).

#### **5.1.4. NÚMERO DE DÍAS A LA COSECHA.**

En el cultivo de maíz (*Zea mays L*) var. Tusilla, los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha fueron 141, al comparar con la publicación de la FAO citado en Trezza y Andino (2001), con el clima árido se observa que los días a la cosecha en el cantón Cumandá es mayor por un día esto posiblemente se debe a la variedad utilizada en la investigación o a las condiciones climáticas del lugar de investigación.

### 5.1.5. CURVA DE COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc).



**Figura 4. Coeficiente de cultivo de maíz**

#### **Etapa inicial**

En la etapa inicial el cultivo de fréjol presenta un coeficiente de cultivo (Kc) de 0.70 durante 21 días, desde el 22 de julio del 2016 hasta el 11 de agosto del 2016.

#### **Etapa de desarrollo**

Desde el 12 de agosto del 2016 hasta el 24 de septiembre del 2016 en los 44 días de la duración de la etapa de desarrollo, los valores del coeficiente del cultivo (Kc) van ascendiendo desde 0.70 hasta 1.20.

### **Etapa intermedia**

En la etapa intermedia, desde el 25 de septiembre hasta el 05 de noviembre del 2016, el coeficiente del cultivo (Kc) fue constante en 1,20 y tuvo una duración de 42 días.

### **Etapa final**

De acuerdo con las características establecidas en los 34 días de la duración de la etapa final, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) registrado van descendiendo desde 1.20 hasta 0.60 a partir del 06 de noviembre del 2 016 hasta el 09 de diciembre del 2 016.

## **5.2. DISCUSIÓN**

Las etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) que se presentan en el cantón Cumandá fueron para la etapa inicial 21 días, etapa de desarrollo 44 días, etapa intermedia 42 días y la etapa final 34 días, teniendo un total de 141 días desde la siembra hasta la cosecha lo que difiere con el estudio presentado por la FAO citado en Trezza y Andino (2001) para el clima árido el estudio para la etapa inicial presenta 25 días, la etapa de desarrollo 40 días, la etapa intermedia 45 días y la etapa final 30 días, teniendo un total de 140 días desde la siembra hasta la cosecha siendo el estudio realizado en el cantón Cumandá mayor en un día.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

#### 6.1. CONCLUSIONES

El Ciclo de cultivo en las condiciones climáticas del cantón Cumandá durante los meses de septiembre a diciembre las medias mensuales de temperatura 25,03 °C, humedad relativa 76 %, precipitación para este periodo: 6,48 mm siendo los meses más secos del año, bajo estas condiciones el ciclo se cumple en 141 días desde la siembra hasta la cosecha en grano.

Bajo estas condiciones las fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) var. Tusilla se completan de la siguiente manera: Fase Inicial 21 días, desarrollo 44 días, la fase de mediados de temporada o intermedia con 42 días y 34 días de la etapa final.

La altura de planta al finalizar el ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays L.*) var. Tusilla, se concluye que llega alcanzar los 285,2 cm y la profundidad radicular media es de 40,4 cm.

El Coeficiente de cultivo de maíz (*Zea mays L.*) var. Tusilla, para la etapa inicial es de 0.70, para la etapa de mediados de temporada o intermedia el valor es de 1.20 y para la etapa final es de 0.60.



## 6.2. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R; Pereira, L; Raes, D y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Arguello, M., Guevara, L., (2011). EFECTO DE LAS CONDICIONES AGROMETEOROLÓGICAS SOBRE UN CULTIVAR CRIOLLO Y DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN CUATRO FECHAS DE SIEMBRA. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO. Sto. Domingo, Ec.
- Arregacéz, O. (1980). Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. CIAT. Cali, Co.
- Avidan, A, (1994). La evapotranspiración de los cultivos. Dan Scheuer. Estado de Israel. Ministerio de agricultura.
- Brouwer, R. y Wit, C. (1968). A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences. Institute for Biological and Chemical Research on Field Crops And Herbage. Wageningen, Países Bajos.
- Cañizares, F., Alarcón, P., Segovia, J. y Cuadrado, F. (2015). Plan del territorio del cantón Cumandá. SNGR, Cumanda, Ec.
- Chaudhary, R., Nanda, J., Tran, D. (2003). Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. FAO. Roma, Italia.
- Díaz del Pino, A. (1964). El maíz: cultivo, fertilización, cosecha. 2 Ed. Editorial Trucco. México, DF. 393 pag.

- Fassio, A., Carriquiry, A., Yojo, C, Romero, A. (1998). Maíz: aspectos sobre fenología. INIA. Montevideo, Uruguay.
- García, A. (2014). Infraestructuras para establecer la implantación de cultivos. Ediciones Paraninfo, España.
- Gastiazoro, J. (2006). Bioclimatología Agrícola. Recuperado de: <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/clima/Fenogia-%20Ledesma.pdf>
- Granados R., & Sarabia, A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(3), 435-446.
- Heuvel, J., Pardo, J., Espinoza, L., (1986). Agro climatología tropical. San José, Costa Rica, Editorial: UENED
- INAMHI (2014). Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Martín, G. (2006). Cultivo del maíz. Universidad en San Miguel de Tucumán. Argentina
- Noriega González, Luis Alberto, Preciado Ortiz, Ricardo Ernesto, Andrio Enríquez, Enrique, Terrón Ibarra, Arturo Daniel, & Covarrubias Prieto, Jorge. (2011). Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz QPM H-374C. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(4), 489-500.
- Oñate, A. (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*Zea mays*) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos. Trabajo de investigación estructurado de manera

independiente como requisito para optar por el título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ec.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma. 289 pág.
- Ortega, I. (2014). Maíz. Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 151-171
- Paliwal, R. (2017). Origen, evolución y difusión del maíz. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s03.htm>
- Sánchez, G.; Villamizar, H. 2003. Obtención de mote a partir de maíz (*Zea mays L.*) variedad Iniap-111 Guagal mejorado, mediante la utilización de diferentes niveles de hidróxido de calcio cal-p24 y control de tiempos de cocción, para la remoción de la cutícula. Recuperado de: [//www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/951/1/0.32%20AI.pdf](http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/951/1/0.32%20AI.pdf).
- Tenesaca, C. (2015). Fenología y profundidad radical del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) var. sunbright en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ec.
- Trezza y Andino. (2001). Determinación de la Evapotranspiración de los cultivos. Universidad de Utah.
- Villacesa, S. (1987). Requerimientos de suelo y clima del maíz. Recuperado de: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR05871.pdf>
- Violic, A. (2011). Manejo integrado de cultivos. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s22.htm>

- Yáñez G., C., Zambrano Mendoza, J., Caicedo, M., y Heredia, J. (2013). Guía de producción de maíz de altura. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Guía no. 96).

### 6.3. ANEXOS

#### Anexo 1. Datos estación meteorológica “Milagro”

Mes	Tem °C	HR %	Ev (mm)	V.V m/s	Precipitación (mm)	Kp	ETp (mm/mes)
Ene	26	79	98,15	0,64	158,1	0,85	83,4275
Feb	26,3	82	95,85	0,55	263,2	0,85	81,4725
Mar	27,6	74	143,55	0,64	39,2	0,85	122,0175
Abr	26,8	82	125,15	0,55	393,8	0,85	106,3775
May	26,6	79	120,89	0,64	0,6	0,85	102,7565
Jun	25,6	82	77,35	0,55	18,3	0,85	65,7475
Jul	24,9	83	71,65	0,67	31,5	0,85	60,9025
Agos	24,3	80	76,15	0,72	0,1	0,85	64,7275
Sep	25	77	105,48	1,00	0,0	0,85	89,658
Oct	24,1	76	96,25	0,97	0,0	0,85	81,8125
Nov	25,2	71	120,75	0,97	0,5	0,85	102,6375
Dic	26,7	69	128,18	0,83	6,8	0,75	96,135

Tem = Temperatura

HR = Humedad relativa

Ev = Evaporación tanque evaporímetro clase “A”

V. V. = Velocidad de viento m/s

Kp = Coeficiente de instalación del tanque.

ETp = Evapotranspiración potencial.

## Anexo 2. Balance hídrico del maíz var. Tusilla

	Ev	Kp	ETp	Kc	ETc	Precipitación	Balance hídrico
Jul	71,65	0,85	60,90	0,70	42,63	31,5	11,13
Agos	76,15	0,85	64,73	0,70	45,31	0,1	45,21
Sep	105,48	0,85	89,66	1,20	107,59	0,00	107,59
Oct	96,25	0,85	81,81	1,20	98,18	0,00	98,18
Nov	120,75	0,85	102,64	0,60	61,58	0,50	61,08
Dic	128,18	0,75	96,14	0,60	57,68	6,80	50,88
					325,03		

Ev = Evaporación tanque evaporímetro clase "A"

Kp = Coeficiente de instalación del tanque.

ETp = Evapotranspiración potencial.

Kc = Coeficiente de cultivo para pimiento.

ETc = Evapotranspiración del cultivo.

## Anexo 3. Altura de las plantas de maíz (cm)

ETAPA FENOLÓGICA	PLANTAS					Promedio
	I	II	III	IV	V	
Fin Inicial	40,0	42,0	41,5	41,0	40,5	41,0
Fin Desarrollo	231,0	255,0	245,0	239,0	235,0	241,0
Fin Medios	280,0	272,0	293,0	285,0	290,0	284,0
Fin Final	290,0	279,0	284,0	280,0	292,0	285,0

## Anexo 4. Profundidad radicular de las plantas de maíz (cm)

ETAPA FENOLÓGICA	PLANTAS					PROMEDIO
	I	II	III	IV	V	
FIN INICIAL	13,6	15,0	14,2	14,0	13,8	14,1
FIN DESARROLLO	38,0	42,0	41,5	40,0	39,2	40,1
FIN MEDIADOS	41,0	38,0	39,5	41,5	42,0	40,4
Fin Final	40,0	39,0	37,0	38,0	40,5	38,9

### **Anexo 5. Limpieza del área experimental**



### **Anexo 6. Siembra**



### **Anexo 7. Toma de datos altura de planta**



### **Anexo 8. Toma de datos profundidad radicular**



### **Anexo 9. Control de malezas**



### **Anexo 10. Toma de datos en la etapa final**



## **CAPÍTULO VII**

### **PROPUESTA**

#### **7.1 TITULO**

Producción comercial de maíz (*Zea mays. L*) var. Tusilla aplicando láminas de riego de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

#### **7.2. DATOS INFORMATIVOS**

El trabajo de investigación y experimentación se realizó en el Cantón Cumandá, provincia de Chimborazo, en el sector conocido como “La Victoria” en la finca Rosero a 312 metros sobre el nivel del mar ubicada en la vía Bucay-Riobamba con coordenadas geográficas: Latitud: S 2° 20' y Longitud: W 79° 15'

#### **7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Bajo las condiciones climáticas registradas en el cantón Cumandá se obtuvieron los siguientes resultados para el cultivo de maíz var. Tusilla, al conocer cada etapa fenológica del cultivo de maíz se puede dar fertilizaciones y riegos adecuados para cada una de estas, así se puede obtener un mejor desarrollo del cultivo y nos permite conocer la época a la que el cultivo estará listo para su comercialización.

#### **7.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo se realizó para obtener una mejor producción comercial del maíz var. Tusilla, conocidos los días que duran cada una de las etapas fenológicas y en función del desarrollo radicular, permite una racional aplicación del volumen de agua a través del riego aumentando la eficiencia tanto del agua como la de los fertilizantes que se aplican al cultivo, de esta manera se reducirán los costos de producción y se aumentará la rentabilidad.



## **7.5. OBJETIVO**

Mejorar la rentabilidad del productor de maíz (*Zea mays. L*) var. Tusilla, aplicando láminas de riego de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

## **7.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Existen varias razones con la finalidad de mejorar los ingresos económicos de los productores aplicando cantidades de agua y fertilizante según las necesidades del cultivo en cada una de las etapas fenológicas ya que los costos de producción se reducirán y los rendimientos del cultivo aumentarán. El trabajo se realizará en las zonas agrícolas dedicadas a este cultivo, que no conozcan las etapas de desarrollo del cultivo de maíz.

## **7.7. FUNDAMENTACIÓN**

La falta de información del desarrollo del cultivo de maíz var. Tusilla (etapas fenológicas), no permite dar un manejo adecuado al cultivo, principalmente es por este caso que el cultivo de maíz var. Tusilla se ha convertido en una de las causas principales para conocer las etapas fenológicas para un manejo adecuado del agua y de los fertilizantes, además conocer la fecha en que el producto estará en el mercado utilizando una programación adecuada a las necesidades de la demanda.

## **7.8. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.**

### **7.8.1. PREPARACIÓN DEL SUELO.**

Con el fin de limpiar, desmenuzar los terrones y mejorar la aireación del suelo se procedió a realizar una arada y rastrada del suelo. La preparación del suelo se la realiza de forma manual se procede a nivelar el terreno principalmente para tener una pendiente uniforme para realizar el encamado y/o surcado.

### 7.8.2. ÉPOCA DE SIEMBRA

El maíz puede ser cultivado durante todo el año ya que es un cultivo de ciclo corto, que dura entre 120 a 180 días, es cultivable tanto en época seca (si se cuenta con riego), como lluviosa, para mantener la oferta al mercado local.

### 7.8.3. SIEMBRA

Se procederá a sembrar de 2 a 3 semillas de maíz var. Tusilla por hoyo, con el cuidado necesario para no dañar la semilla, tener una buena germinación y no tener problemas de enfermedades, las distancias a las que se colocaron las semillas fueron de 0.50 m entre plantas y 0.60 m entre hileras.

### 7.8.4. RIEGO

**Ejemplo desde el inicio: mes de enero, con valores del Anexo 1**

<b>ETp</b> <b>(mm/día)</b>	<b>Kc</b>	<b>Etapa</b>	<b>Tiempo</b> <b>(Días)</b>	<b>ETc</b> <b>(mm/día)</b>	<b>Volumen</b> <b>(l/m<sup>2</sup>)</b>
2,69	0,7	I	21	1,88	1,88
2,69 – 2,91	0,7 – 1,15	II	44	1,88 – 3,35	1,88 – 3,35
3,94	1,15	III	42	4,53	4,53
3,94 – 3,53	1,15 – 0,5	IV	34	4,53 – 1,76	4,53 – 1,76

El volumen a aplicar para la primera etapa será de 1,88 l/m<sup>2</sup> durante la duración de la etapa que es de 21 días, la segunda etapa o etapa de desarrollo (44 días) los volúmenes van desde 1,88 a 3,35 l/m<sup>2</sup> debido a que el Kc fluctúa desde 0,7 a 1,15, en la tercera etapa o mediados de temporada (42 días) el volumen será de 4,53 l/m<sup>2</sup> durante toda la etapa se mantiene el mismo volumen porque es Kc es de 1,15, y finalmente en la etapa de maduración o cuarta etapa el Kc va de 1,15 a 0,5 dando volúmenes a aplicar mediante riego desde 4,53 a 1,76 l/m<sup>2</sup>, estos datos obtenidos se basan en la ETp del ANEXO 1,

tomando a enero como el mes de inicio, basado en que  $ET_c = ET_p * K_c$ , este procedimiento se lo puede realizar con cualquier mes del año.

#### **7.8.5. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES**

Se aplicará urea (46-00-00) a razón de 3 g por planta a los 32 y 70 días después de la siembra.

#### **7.8.6. CONTROL DE MALEZAS**

Se debe realizar el control de malezas o deshierba, colocando Atrazina, esto se realizará cada vez que aparezcan malezas, en las parcelas.

#### **7.8.7. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Las plantas de maíz se revisarán diariamente, se aplicará Cypermctrina y Lannate para el control de plagas a los 60 y 85 días de la siembra, además se colocará el producto Topas para el control de enfermedades a los 74 y 92 días desde la siembra.

#### **7.8.8. COSECHA**

La cosecha se realizará de forma manual retirando las mazorcas de la planta.

#### **7.8.9. COMERCIALIZACIÓN**

Para la comercialización las mazorcas se las venderá de manera directa en mercados locales.

## **7.9. ADMINISTRACIÓN**

Este proyecto estará administrado por la Universidad técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias y específicamente la carrera de Ingeniería Agropecuaria, quienes brindaran una ayuda a los agricultores de las zonas aledañas para que mejoren sus ingresos económicos en diversos cultivos.

## **7.10. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

Después de seis meses, se hará una evaluación del alcance de la propuesta en la zona de influencia donde se desarrolló la investigación, esto se realizara mediante una encuesta a los agricultores, para así fomentar más estudios acerca de este tema.