

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“ESTUDIO FENOLÓGICO DE DOS VARIETADES DE AMARANTO EN LAS
CONDICIONES AGROMETEREOLÓGICAS DE QUEROCHACA”**

**Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de
ingeniero agrónomo**

AUTOR:

Jhon Ángel Illescas Carvajal

TUTOR:

Dr. Pedro Pablo Pomboza Tamaquiza

CEVALLOS – ECUADOR

2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“El suscrito JHON ÁNGEL ILLESCAS CARVAJAL, portador de la cédula de identidad número 1804772349, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: **“ESTUDIO FENOLÓGICO DE DOS VARIEDADES DE AMARANTO EN LAS CONDICIONES AGROMETEREOLÓGICAS DE QUEROCHACA”** es original, auténtico 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.”

JHON ÁNGEL ILLESCAS CARVAJAL

DERECHOS DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: **“ESTUDIO FENOLÓGICO DE DOS VARIEDADES DE AMARANTO EN LAS CONDICIONES AGROMETEREOLÓGICAS DE QUEROCHACA”** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo 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.”

JHON ÁNGEL ILLESCAS CARVAJAL

**“ESTUDIO FENOLÓGICO DE DOS VARIEDADES DE AMARANTO EN LAS
CONDICIONES AGROMETEREOLÓGICAS DE QUEROCHACA”**

REVISADO POR:

Dr. Pedro Pablo Pomboza Tamaquiza, PhD.

TUTOR

Ing. Mg. Juan Carlos Aldás Jarrín

BIOMETRISTA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

Ing. Mg. Hernán Zurita Vázquez

Ing. Msc. Olguer Alfredo León Gordón

Ing. Msc. Rita Cumandá Santana Mayorga

AGRADECIMIENTO

Mi principal agradecimiento va dirigido a Dios que es el encargado de darme todos los días la oportunidad de vivir, de guiar mis pasos y dirigir todos mis pensamientos hacia un futuro de trabajo y sacrificio, el cual me servirá para ayudar a toda mi familia.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica quien me recibió en cada una de sus aulas dándome así la oportunidad de adquirir conocimientos y experiencias, las cuales serán de gran importancia para mi desempeño profesional.

A cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, quienes compartieron sus conocimientos, fundamentales para mi formación académica, en especial al Dr. Pedro Pablo Pomboza tutor de la investigación el cual con su experiencia supo guiarme desde el inicio hasta la culminación del presente proyecto. De igual manera al Ing. Juan Carlos Aldás asesor de Biometría y a la Ing. Rita Santana asesora de Redacción Técnica por todas sus recomendaciones en este proyecto.

Al Ing. Alberto Gutierrez por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente, enriqueciendo prácticamente los conocimientos adquiridos académicamente, y a todos mis amigos y allegados que con sus palabras de apoyo me supieron incentivar para seguir adelante en momentos de flaqueza.

DEDICATORIA

El presente Proyecto de Investigación va dedicado principalmente a Dios que es el encargado de culminar mi carrera.

A mi amada madre.....

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	2
MARCO TEÓRICO	2
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	2
2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL	6
2.2.1 Variable independiente: Condiciones agroecológicas.....	6
• Temperatura	6
• Altitud	6
• Precipitación	6
• Luminosidad	7
• Radiación	7
• Vientos	7
2.2.2 Variable dependiente: Fenología del cultivo de Amaranto y Evapotranspiración del cultivo	7
• Fenología del Cultivo.....	7
• Evapotranspiración del cultivo	9
2.2.3 Unidad de análisis: Cultivo de Amaranto.....	11
• Origen y distribución	11
• Taxonomía	12

• Características Botánicas	12
• Manejo del cultivo	16
• Raleos.....	18
• Fertilización	18
• Plagas y enfermedades.....	19
• Cosecha y trilla	20
• Rendimientos	20
• Usos	21
CAPÍTULO III	22
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	22
3.1 HIPÓTESIS	22
3.2 OBJETIVOS.....	22
3.2.1 Objetivo general	22
3.2.2 Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO IV	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO	23
4.2 CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	23
4.2.1 Clima	23
4.2.2 Suelo	23
4.2.3 Agua	23
4.2.4 Zona de vida	24
4.3 EQUIPOS Y MATERIALES	24
4.3.1 Equipos	24
4.3.2 Materiales	24
4.4 FACTORES EN ESTUDIO.....	25
4.4.1 Variedades de Amaranto	25

4.5. DISEÑO ESPERIMENTAL	25
4.6 VARIABLES RESPUESTA	25
4.6.1 Etapas fenológicas	25
4.6.2 Altura de planta	25
4.6.3 Profundidad Radical	26
4.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	26
CAPÍTULO V	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1 DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE AMARANTO <i>Amaranthus hypocondriacus</i> L. y <i>Amaranthus quitensis</i> L.	27
5.1.1 Etapa inicial	27
5.1.2 Etapa de desarrollo	27
5.1.3 Etapa de floración.....	28
5.1.4 Etapa final.....	28
5.2 COEFICIENTE DE CULTIVO K_c DE <i>Amaranthus hypocondriacus</i> L. Y <i>Amaranthus quitensis</i>	30
5.2.1 <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	31
5.2.1.1 Etapa Inicial.....	31
5.2.1.2 Etapa de desarrollo	31
5.2.1.3 Etapa de floración.....	31
5.2.1.4 Etapa final.....	31
5.2.2 <i>Amaranthus quitensis</i>	32
5.2.2.1 Etapa Inicial.....	32
5.2.1.2 Etapa de desarrollo	32
5.2.1.3 Etapa de floración.....	32
5.2.1.4 Etapa final.....	33
5.3 PROFUNDIDAD RADICULAR	34
5.3.1 <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	34

5.3.1.1 Etapa inicial	34
5.3.1.2 Etapa de desarrollo	34
5.3.1.3 Etapa de floración.....	34
5.3.1.4 Etapa final.....	35
5.3.2 <i>Amaranthus quitensis</i>	35
5.3.2.1 Etapa inicial	35
5.3.2.2 Etapa de desarrollo	36
5.3.2.3 Etapa de floración.....	36
5.3.2.4 Etapa final.....	36
5.4 ALTURA DE PLANTA.....	37
5.4.1 <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	37
5.4.1.1 Etapa inicial	37
5.4.1.2 Etapa de desarrollo	37
5.4.1.3 Etapa de floración.....	37
5.4.1.4 Etapa final.....	38
5.4.2 <i>Amaranthus quitensis</i>	38
5.4.2.1 Etapa inicial	38
5.4.2.2 Etapa de desarrollo	39
5.4.2.3 Etapa de floración.....	39
5.4.2.4 Etapa final.....	39
5.5 ANÁLISIS DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR Y ALTURA DE LA PLANTA	39
5.5.1 <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	39
5.5.1.1 Etapa inicial	40
5.5.1.2 Etapa de desarrollo	40
5.5.1.3 Etapa de floración.....	40
5.5.1.4 Etapa final.....	41

5.5.2 <i>Amaranthus quitensis</i>	41
5.5.2.1 Etapa inicial	42
5.5.2.2 Etapa de desarrollo	42
5.5.2.3 Etapa de floración.....	42
5.5.2.4 Etapa final.....	42
CAPÍTULO VI.....	43
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	43
6.1 CONCLUSIONES.....	43
6.2 BIBLIOGRAFÍA	45
6.3 ANEXO	48
CAPÍTULO VII.....	69
PROPUESTA	69
7.1 DATOS INFORMATIVOS.....	69
7.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	69
7.3 JUSTIFICACIÓN.....	70
7.4 OBJETIVO	71
7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	71
7.6 FUNDAMENTACIÓN	71
7.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	72
7.7.1 Preparación del terreno.....	72
7.7.2. Siembra y tiempo de siembra	73
7.7.3. Riego.....	73
7.8 ADMINISTRACIÓN	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica del amaranto (Sauer, 1976).....	12
Tabla 2: Plagas del cultivo de Amaranto.....	19
Tabla 3: Duración días etapas fenológicas	28
Tabla 4: Parámetros climáticos para <i>A. quitensis</i> y <i>A. hypocondriacus</i>	30
Tabla 5: Relación profundidad radical y altura de verde para <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	39
Tabla 6: Relación profundidad radical y altura de verde para <i>Amaranthus quitensis</i>	41
Tabla 7: Valores parámetros climáticos para Etapa inicial <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	48
Tabla 8: Parámetros climáticos para la etapa de desarrollo en <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	49
Tabla 9: Parámetros climáticos etapa de floración para <i>Amaranthus hypocondriacus</i> ..	52
Tabla 10: Parámetros climáticos etapa final para <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	56
Tabla 11: Parámetros climáticos etapa 1 para <i>Amaranthus quitensis</i>	59
Tabla 12: Parámetros climáticos etapa de desarrollo para <i>Amaranthus quitensis</i>	60
Tabla 13: Parámetros climáticos etapa de floración para <i>Amaranthus quitensis</i>	63
Tabla 14: Parámetros climáticos etapa final para <i>Amaranthus quitensis</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula para calcular el Kc (Penman-Monteith, 2010)	11
Figura 2: Ejemplos de tipos de inflorescencia en amaranto	14
Figura 3: Pixidio unilocular de amaranto	15
Figura 4: Diagrama de sección transversal (a) y longitudinal (b) de la semilla de amaranto	16
Figura 5: Kc <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	32
Figura 6: Kc <i>Amaranthus quitensis</i>	33
Figura 7: Profundidad radicular para <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	34
Figura 8: Profundidad radicular en <i>Amaranthus quitensis</i>	35
Figura 9: Altura de planta para <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	37
Figura 10: Altura de planta para <i>Amaranthus quitensis</i>	38
Figura 11: Relación profundidad radical y altura de planta para <i>Amaranthus hypocondriacus</i>	40
Figura 12: Relación profundidad radicular y altura de planta para <i>Amaranthus quitensis</i>	41
Figura 13: Fórmula para el cálculo de lámina neta (Penman-Monteith, 2010).....	73

RESUMEN

Este ensayo se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias sector Querochaca, ubicada en el cantón Cevallos sus coordenadas son latitud de 1° 22'08", longitud 78° 36'22" y hallándose a una altitud de 2880 msnm. (IGM, 2016)

En la actualidad se desconoce la duración de cada una de las etapas fenológicas del cultivo de amaranto a nivel local y nacional por parte de agricultores y técnicos agrícolas, esto dificulta calcular las necesidades hídricas de este cultivo a aplicarse mediante el riego, en consecuencia se hace indispensable conocer la duración de las etapas fenológicas que son propias para amaranto bajo condiciones agroecológicas presentes en las áreas de investigación o estudio. Este desconocimiento del tiempo de duración de cada una de las etapas fenológicas influye directamente en los requerimientos hídricos en amaranto. Debido a la importancia que tiene la fenología en el manejo productivo, resulta indispensable realizar un estudio que detalle las necesidades hídricas de este cultivo para mejorar su rendimiento.

En relación a las etapas fenológicas de las variedades de amaranto, el ciclo de cultivo de *A. hypocondriacus* fue de 216 días, con una duración de 16 días en la etapa inicial, 56 días en la etapa de desarrollo, 86 días en la etapa de floración y finalmente con 58 días en la etapa final. El ciclo de cultivo para *A. quitensis* fue de 221 días, con una duración de 18 días en la etapa inicial, 65 días en la etapa de desarrollo, 65 días en la etapa de floración y finalmente con 73 días en la etapa final. Para las condiciones agrometeorológicas se tomó en cuenta la precipitación acumulada, humedad relativa, heliofanía y velocidad del viento.

El Kc de *A. hypocondriacus* es 0,30 en la etapa inicial; 1,15 en la etapa de desarrollo, manteniéndose así hasta la etapa de floración; bajando a 0,40 en la etapa final. El Kc de *A. quitensis* es el mismo que la variedad anterior con la diferencia de la duración en días de cada etapa.

Palabras claves: Amaranto, fenología, ciclo del cultivo

ABSTRACT

This study was carried out at the Technical University of Ambato, Faculty of Agricultural Sciences in the Querochaca area, located in the Cevallos canton. Its coordinates are 1 22'08 "latitude, 78 ° 36'22" longitude and being at an altitude of 2880 m. (IGM, 2016)

At present the duration of each of the phenological stages of amaranth cultivation at local and national level by farmers and agricultural technicians is unknown, this makes it difficult to calculate the water needs of this crop to be applied through irrigation, it is essential to know the duration of the phenological stages that are suitable for amaranth under agroecological conditions present in the areas of research or study. This lack of knowledge of the duration of each of the phenological stages directly influences the water requirements in amaranth. Due to the importance of phenology in productive management, it is essential to carry out a study that details the water needs of this crop to improve its yield.

In relation to the phenological stages of the amaranth varieties, the cultivation cycle of *A. hypocondriacus* was 216 days, with a duration of 16 days at the initial stage, 56 days at the development stage, 86 days at the stage of flowering and finally with 58 days in the final stage. The cultivation cycle for *A. quitensis* was 221 days, with a duration of 18 days in the initial stage, 65 days in the development stage, 65 days in the flowering stage and finally with 73 days in the final stage. For agrometeorological conditions, cumulative precipitation, relative humidity, heliophania and wind velocity were taken into account.

The K_c of *A. hypocondriacus* is 0.30 in the initial lid; 1.15 in the developmental phase, remaining in this stage until the flowering stage; dropping to 0.40 in the final stage. The K_c of *A. quitensis* is the same as the previous variety with the difference in duration in days of each stage.

Key words: Amaranth, phenology, crop cycle

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se desconoce la duración de cada una de las etapas fenológicas del cultivo de amaranto a nivel local y nacional por parte de agricultores y técnicos agrícolas, esto dificulta calcular las necesidades hídricas de este cultivo a aplicarse mediante el riego, en consecuencia se hace indispensable conocer la duración de las etapas fenológicas que son propias del amaranto bajo condiciones agroecológicas de cultivo. Este desconocimiento del tiempo de duración de cada una de las etapas fenológicas influye directamente en los requerimientos hídricos en amaranto. Debido a la importancia que tiene la fenología en el manejo productivo, resulta indispensable realizar un estudio que detalle las necesidades hídricas de este cultivo para mejorar su rendimiento.

Las necesidades hídricas de los cultivos están relacionadas directamente entre la edad de la planta, 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 o está en demasía.

El amaranto es un cultivo ideal para zonas de secano, ya que su requerimiento de agua es un 40% más bajo que de otros cultivos similares de la zona como quinua y hasta un 60% menos exigente que el cultivo de papa. A pesar de ser un cultivo poco exigente a los factores hídricos, es importante determinar las etapas fenológicas de este cultivo para identificar en cuál de estas etapas tiene mayor requerimiento hídrico.

La especie más conocida en nuestro país es *Amaranthus quitensis* H.B.K. conocido comúnmente como sangoracha, sangorache o ataco, y es mayormente cultivado en las provincias de Pichincha (26,2%), Tungurahua (17,7%) y Cañar (14,2%) (Caicedo, 1994) La especie *Amaranthus hypocondriacus* L. es originaria de Mesoamérica, cuyas condiciones climáticas son más de clima cálido y seco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El amaranto es un cultivo de interés dado que se adapta a diferentes condiciones climáticas y que el grano posee un importante contenido de proteínas de alto valor biológico. Estas características lo transforman en un cultivo factible de introducir en las zonas de producción del Valle inferior del Río Negro en Argentina. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, el desarrollo fenológico y la calidad nutricional de *Amarantus cruentus* cultivar Don Guien . El rendimiento, la altura de planta y la biomasa tuvieron una tendencia a aumentar con la dosis de nitrógeno. Los rendimientos en grano fueron de 2220 ± 70 , 3037 ± 180 , 3255 ± 210 , 3828 ± 240 y 3592 ± 270 kg/ha, respectivamente. Los valores de altura de planta fueron: $1,4 \pm 0,1$; $1,7 \pm 0,2$; $1,7 \pm 0,1$; $1,9 \pm 0,2$ y $1,9 \pm 0,1$ m. Los valores de biomasa fueron: $1,55 \pm 0,15$; $1,52 \pm 0,13$; $1,5 \pm 0,2$; $1,64 \pm 0,1$; $1,65 \pm 0,1$ kg/m² y para el largo de panoja 41 ± 4 ; 47 ± 6 ; 53 ± 5 ; 53 ± 7 ; 51 ± 6 cm, respectivamente. En conclusión el cultivo de amaranto responde a la fertilización nitrogenada alcanzando su máxima eficiencia a 150 kg N/ha. $1,4 \pm 0,1$ $1,7 \pm 0,2$ $1,7 \pm 0,1$ $1,9 \pm 0,2$ $1,9 \pm 0,1$ (Zubillaga, Quichán, & Barrio, 2011).

El amaranto (*Amaranthus spp.*) es una especie originaria de América con gran valor agronómico, nutricional, de mucho potencial económico y ampliamente dispersada. El presente estudio se realizó con el objeto de caracterizar poblaciones nativas procedentes de los estados centrales de México y dos especies sudamericanas. Las características agronómicas de mayor importancia para diferenciar a las poblaciones fueron: días a la floración y a la madurez, altura de planta y tamaño de hoja. Los grupos formados con las poblaciones nativas claramente separaron las especies y razas. Se observó variabilidad de colores en diferentes estructuras de la planta. El análisis bromatológico determinó que las especies mexicanas son similares en sus valores nutritivos y tienen mayor contenido de proteína que *A. caudatus*; *A. hybridus* sobresalió por el contenido de cenizas, grasa y fibra cruda. El análisis genético con 11 isoenzimas identificó 15 loci

con 37 alelos. Se observó 86.6% de polimorfismo entre poblaciones. La distribución de las poblaciones en el plano de los dos primeros componentes separó a las variedades mejoradas entre ellas, y de las poblaciones nativas. Se identificaron enzimas y alelos específicos en las especies y en las poblaciones. El estudio de radiosensibilidad clasificó a las poblaciones en tolerantes o susceptibles a la radiación. La variedad Revancha fue la más susceptible a la radiación en la dosis de 300 Gy, con una mortalidad superior a 90%; las poblaciones nativas presentaron una DL_{50} cerca de los 300 Gy. La especie *A. hybridus* de grano negro, proveniente de Ecuador fue la más resistente a la radiación gamma (Subía García, 2012)

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), considerado una alternativa como fuente de proteína de origen vegetal, es cultivado particularmente en temporal, por lo que es importante la búsqueda de mejores prácticas de manejo que conduzcan a un uso más eficiente de recursos, como agua y nutrimentos esenciales para un mayor rendimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia del nitrógeno y la densidad de población sobre la fenología, eficiencia en el uso de agua y de nitrógeno, la producción de biomasa y rendimiento de semilla del amaranto, sembrado el 11 de junio de 1999, con 0, 10 y 20 g m⁻² de N y 12.5, 25.0 y 33.3 plantas m⁻². Con la aplicación de N y el aumento de la densidad de población (DP) se elevó la eficiencia en el uso del agua y N y, en consecuencia, se incrementó la producción de biomasa y el rendimiento. Dichos incrementos fueron más altos con la dosis de N y la DP más altos. Así, con 20 g m⁻² de N y 33.3 plantas m⁻² se obtuvo una producción de biomasa de 2827 g m⁻² y un rendimiento de semilla de 346 g m⁻². La fenología no fue afectada por los tratamientos. El requerimiento de calor de siembra a madurez fenológica fue de 1629 UC y 385 mm de agua utilizada en evapotranspiración (Díaz-Ortega, y otros, 2004)

En San José de Minas, a 2400 m.s.n.m. se evaluó tres bioestimulantes (b1 = Basfoliar algae, b2 = Basfoliar aktiv, b3= Biol ecoplus) con tres dosis (d1 = dosis baja, d2= dosis media, d3= dosis alta), en el cultivo de Amaranto (*Amaranthus caudatus*) Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3x3+2 y cuatro repeticiones. La unidad experimental neta fue de 3.60 m². Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de germinación, altura a la cosecha, tamaño de la panoja, incidencia de plagas, rendimiento, peso hectolítrico, y análisis financiero. Del análisis de los resultados se pudo observar que el mejor bioestimulante fue Biol ecoplus con un rendimiento de 720.13 g/panoja. La mejor dosis fue la dosis alta con un rendimiento de 643.93

g/panoja. La mejor interacción fue la b3d3 (Biol Ecoplus + dosis alta 12.5 ml/litro) la cual presentó un rendimiento de 794.06 g/panoja. En cuanto al análisis económico se determinó que el mejor Beneficio/Costo se obtuvo con la interacción b3d3 (Biol ecoplus + dosis alta 12.5 ml/litro) con 1.98 de RBC (Saavedra Jimenez, 2013).

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura, con distintas coloraciones intermedias. El seguimiento del estado fenológico de los cultivos es una tarea muy importante para el agricultor, no sólo porque sirve de base para la programación de las futuras labores culturales, tales como el riego, aplicación de insecticidas, aporques, sino también porque permite evaluar el crecimiento de los cultivos y sobre todo tener una idea sobre los posibles rendimientos, ya que el estado del cultivo es el mejor indicador del resultado de las interacciones de los diferentes factores de producción, entre los cuales destacan las condiciones ambientales ocurridas desde el inicio del cultivo. Las hojas tienen más hierro que las espinacas. Contienen mucha fibra, vitamina A y C; así como, Hierro, Calcio y Magnesio. Tiene un alto nivel de proteínas que va del 15 al 18%. Tiene un buen equilibrio a nivel de aminoácidos y el hecho de que contenga lisina que es un aminoácido esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse (o en poca cantidad) en la mayoría de los cereales. Contiene entre un 5% y 8% de grasas saludables. Los estados de mayor producción de amaranto son el D.F., el estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. El trabajo se estableció con un diseño completamente al azar con tres tratamientos y veinte repeticiones con un total de 60 unidades experimentales. De las variables evaluadas que son altura de planta, número de hojas, longitud de hojas, diámetro de hojas y diámetro de tallo en los tres tratamientos, se concluye que existen diferencias entre tratamientos, resultando mejor el tratamiento tres en todas las variables, por lo que se acepta la hipótesis alterna (Mora, 2008).

Durante la temporada agrícola 1993 - 1994 se caracterizó el crecimiento y desarrollo del cultivo amaranto (*Amaranthus cruentos L.*) y se describió el grado de incidencia de malezas, plagas y enfermedades. Junto con ello, se evaluó la Influencia de 5 épocas de siembra y 2 poblaciones de plantas sobre la respuesta productiva y nutricional del cultivo manejado bajo condiciones agroecológicas de valle central de la novena región del país. La investigación se ajustó a un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar. El análisis estadístico no evidenció interacción significativa entre la fecha de siembra y la población de plantas. La fenología de la

planta se desarrolló de acuerdo a las características de la especie, necesitando un promedio de 144 días para cubrir el periodo de siembra a cosecha. Como resultado, el cultivo no presentó daño agronómico importante como consecuencia del ataque de malezas, plagas u enfermedades, el rendimiento de grano no mostró diferencias estadísticas en relación a las distintas épocas de siembra utilizadas, logrando un valor máximo de 26,83 qq/ha en la primera época, 6 de octubre. Del mismo modo, las poblaciones de plantas usadas no produjeron diferencias significativas en el rendimiento, alcanzando como máximo 23,61 qq/ha con la población de 100 mil plantas/ha. La producción de materia seca total (MST) no presentó diferencias significativas con respecto a la época de siembra, obteniéndose un máximo de 9,57 ton/ha en la cuarta época, 20 de noviembre. Una situación similar ocurrió con la respuesta a la densidad poblacional. Se obtuvo un máximo de 7,6 ton/ha con una población de 160 mil plantas por ha. La evaluación nutricional realizada confirma el alto contenido proteico del grano, con un 16,82% y los aceptables niveles de lisina, de 3,22g/16g N, en relación al trigo (Salazar, 1996).

Los sistemas de policultivo surgieron desde las culturas prehispánicas. Estos sistemas tienen muchas ventajas a comparación de los sistemas de monocultivo como la biodiversidad, control de plagas y enfermedades, entre otros. Actualmente se están retomando los policultivos debido a que se busca tener una agricultura sustentable. En este trabajo se evaluaron los sistemas de policultivo compuesto por cinco especies (chile, jitomate, maíz, frijol y amaranto), dado que tienen gran valor nutracéutico y son de mayor consumo en México. Esto bajo condiciones de invernadero para analizar diferentes niveles de radiación solar, y así evaluar el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos. Los resultados mostraron que no existe un nivel de radiación adecuado para todas las especies en conjunto. En el jitomate los resultados muestran que entre mayor radiación haya, mayor es el desarrollo de la planta. Sin embargo, los frutos tienen un mayor rendimiento en el 50% de radiación. En el chile y maíz el 100% de radiación es el más favorable para el desarrollo tanto en la planta como en los frutos. En el elote el 50% de radiación tubo buena respuesta, pues la cantidad de proteínas es mayor. Para el frijol existe un mayor desarrollo de las plantas y un mayor rendimiento en los frutos en el 20% de radiación. Para el amaranto el 100% de radiación fue el mejor tratamiento tanto como desarrollo de la planta como el rendimiento y en el 20% de radiación fue donde se vio el menor desarrollo (Díaz, 2013).

2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Variable independiente: Condiciones agroecológicas

- **Temperatura**

La temperatura óptima de germinación de semillas es de 25°C, y la mayor eficiencia fotosintética ocurre a 28°C. La temperatura mínima de crecimiento ha sido estimada en 8°C y sufre daño por enfriamiento con temperaturas menores a 4°C. (AMA, 2016).

- **Altitud**

El amaranto tiene un amplio rango de adaptación que va desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm. (Mujica, 1997). El amaranto presenta un rango de adaptación entre 1500 y 2800 msnm, es decir que puede ser cultivada en los valles bajos de la Sierra. En localidades exentas de la presencia de heladas se puede sembrar a mayor altitud, pero en ningún caso se recomienda la siembra en sitios con una altitud superior a los 3200 msnm, puesto que es fuertemente afectada por las bajas temperaturas. Las localidades más aptas para el cultivo estarían situadas entre 2000 y los 2600 msnm (Caicedo, et al,1994).

- **Precipitación**

El amaranto se desarrolla adecuadamente con precipitaciones que varían de 400 – 2000 mm de lluvia anual, resistiendo adecuadamente períodos de déficit hídrico (Mujica, 1997). De las pruebas de adaptación, realizado en diferentes localidades y años, se encontró que esta variedad no es exigente en humedad; se considera que con 400 a 600 mm de precipitación anual se puede obtener cultivos rentables, sin embargo las épocas fisiológicas críticas de requerimiento de humedad son; Entre la siembra y el apareamiento de las dos primeras hojas verdaderas, entre el panojamiento y la floración y, durante la formación de granos (Caicedo, et al, 1994).

- **Luminosidad**

Siendo el amaranto una planta C4, este tipo de plantas reducen al mínimo la fotorrespiración separando la fijación inicial de CO₂ y el ciclo de Calvin en el espacio al realizar estos pasos en tipos de células diferentes, es por esto que esta variedad, responde con mayor eficiencia y se adapta mejor en los valles con alta luminosidad (Caicedo, et al, 1994)

- **Radiación**

La radiación es muy importante, porque regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre y además influye en las posibilidades agrícolas de cada región. El amaranto soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los Andes, sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. En las zonas de mayor producción el amaranto de Perú, el promedio anual de la radiación global que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día; y en la costa (Arequipa), alcanza a 510 cal/cm²/día; mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm²/día; y en La Paz, es de 433 cal/cm²/día (Diaz, 2004)

- **Vientos**

En experiencias realizadas con el cultivo de amaranto en diferentes localidades se pudo observar que el cultivo al entrar en la época de floración se torna más voluptuoso, lo que se convierte en un factor negativo, sobre todo con la presencia de fuertes vientos, si la zona donde se cultiva es muy propensa a fuertes vientos, es necesario colocar barreras rompe vientos naturales con plantas de retama u otros arbustos medianos para mermar la fuerza del viento contra el cultivo de amaranto y evitar el acamamiento de las plantas (Aldás, 2015).

2.2.2 Variable dependiente: Fenología del cultivo de Amaranto y Evapotranspiración del cultivo

- **Fenología del Cultivo**

El objetivo principal en la identificación de cada etapa fenológica, permite diagnosticar en forma adecuada los problemas que con ella surgen en el campo, o bien estimar el comportamiento del cultivo en un determinado tiempo. La identificación de cada etapa se hace con base a un código

que consta de una letra que corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece cada etapa en particular; es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa, o R si pertenece a la reproductiva (Solórzano Vega, 2007). La descripción de los estados fenológicos del amaranto fue presentada por Mujica, (1989) y Henderson, (1993). Los estados fenológicos en que coinciden los dos autores son los siguientes:

- *Emergencia: (E)*

Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50% de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agroclimáticas.

- *Fase vegetativa: (V₁.....V_n)*

Estas, se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidos por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V₁ el segundo es V₂ y así sucesivamente; a medida que las hojas basales senescen, la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda. La planta comienza a ramificarse en estado V₄.

- *Fase reproductiva:*

- Inicio de panoja (R1):*

El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de la siembra.

- Panoja (R2):*

La panoja tiene al menos 2 cm de largo.

- Término de la panoja (R3):*

La panoja tiene al menos 5 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debería ser clasificada en la etapa siguiente.

- Antesis (R4):*

Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales

de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al stress hídrico. Este estado puede ser dividido en varios sub estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado la antesis, el estado será R4.2 y si es 50%, el estado correspondería a R4.5. La floración debe observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas; durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.

Llenado de granos (R5):

La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja. Esta etapa según (Mujica & Quillahuamán, 1989), puede ser dividida en:

- Grano lechoso:
Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.
- Grano pastoso:
Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

Madurez fisiológica (R6):

Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además, las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En este estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.

Madurez de cosecha (R7):

Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

• **Evapotranspiración del cultivo**

Avidan, (2001), manifiesta que la evapotranspiración de los cultivos o uso consuntivo, representa la suma de la transpiración y de la evaporación. Por el proceso de la transpiración, el agua absorbida por las raíces de las plantas es emitida por las hojas en forma de vapor de agua y

reintegrada a la atmósfera. La evaporación representa el agua evaporada de la superficie del suelo y del follaje (las gotas de rocío y las que la lluvia deposita sobre las hojas de las plantas).

El uso consuntivo del cultivo se expresa mediante la tasa de evaporación, ET_c (mm/día) o (mm/mes), la cual depende, además de los factores del clima que afectan a la evaporación (la temperatura y la humedad del aire, el régimen de viento y la intensidad de la radiación solar), de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y de la disponibilidad de agua en el suelo para satisfacer la demanda hídrica de la planta.

- *La Evapotranspiración del Cultivo de Referencia- ET_o*

La evapotranspiración potencial, ET_o (mm/día), de un cultivo estándar o de referencia fue definida por Doorenbos y Pruitt (1975) como:

“La tasa de evaporación (mm/día) de una extensa superficie de pasto (grama) verde, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea completamente la superficie del suelo y que no sufre de escasez de agua.”

- *La Evapotranspiración Real – ET_r*

En la práctica, los cultivos se desarrollan en condiciones de humedad muy lejanas de las óptimas. Por este motivo el manejo del riego se basa en la evapotranspiración real – ET_r , la cual toma en consideración al agua disponible en el suelo y las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla un cultivo determinado. Siempre y cuando el cultivo en consideración disponga de agua en abundancia (tras de un riego o una lluvia intensa) y en condiciones de buena aireación del suelo- ET_r (mm/día) equivale a la evapotranspiración, ET_c

En este caso: $ET_r = ET_c$

- *Coefficiente de Cultivo*

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

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

Figura 1: Fórmula para calcular el Kc (Penman-Monteith, 2010)

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, con el cultivo de referencia, 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. (Allen, 2006)

2.2.3 Unidad de análisis: Cultivo de Amaranto

- **Origen y distribución**

Por miles de años el amaranto (*Amaranthus spp.*) constituyó un alimento importante en el continente Americano, y actualmente ha logrado captar un creciente interés debido a su potencial como alimento y su calidad nutritiva. El amaranto se distribuye ampliamente en América, donde presenta una gran variedad genética, que se aprecia en la diversidad de características de la planta, tipo de inflorescencia, color de la semilla, precocidad, contenido protéico de semilla y resistencia a plagas y enfermedades. En África el amaranto se cultiva como hortaliza. Se adapta a varios tipos

de suelos, altitudes, temperaturas y fotoperíodos, además de adaptarse a distintos requerimientos de pH y precipitación. Se conoce que en el continente Americano existen 3000 accesiones de *Amaranthus spp.* en bancos de germoplasma, lo que representa 87 especies (Jacobsen, 2002).

- **Taxonomía**

Tabla 1: Clasificación taxonómica del amaranto (Sauer, 1976)

REINO:	Plantae
DIVISIÓN:	Fanerógama
TIPO:	Embryophyta siphonogama
SUBTIPO:	Angiospermas
CLASE:	Dicotiledoneae
SUBCLASE:	Archyclamidae
ORDEN:	Centrospermales
FAMILIA:	Amaranthaceae
GÉNERO:	<i>Amaranthus</i>
SECCIÓN:	<i>Amaranthus</i>
ESPECIES:	<i>Caudatus, cruentus, hypocondriacus, quitensis, etc</i>

Elaborado por: Illescas Jhon (2017)

- **Características Botánicas**

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones inmediatas (FAO, 1992).

- *Raíz:*

Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separado de otras, alcanza dimensiones

considerables. En caso de ataque severo de nematodos se observan nodulaciones prominentes en las raicillas. (FAO, 2016)

- *Tallo*

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coinciden con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se origina de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo (Tapia, 1997)

- *Hojas*

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuesta o alterna con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6,5-15 cm.; las hojas tiernas, hasta la fase de ramificación, se consumen como hortaliza de hoja (Tapia, 1997).

- *Inflorescencia*

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas, incluso figuras caprichosas y muy elegantes. Son amarantiformes cuando los amentos de dicasios son rectilíneos o compuestos dirigidos hacia arriba o abajo según sea la inflorescencia erguida o decumbente; y es glomerulado, cuando estos amentos de dicasios se agrupan formando glomérulos de diferentes tamaños (Tapia, 1997).



Figura 2: Ejemplos de tipos de inflorescencia en amaranto

- *Flores*

El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla (Tapia, 1997).

El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente. Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae (Tapia, 1997).

- *Fruto*

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla; siendo dehiscente, por lo que deja caer fácilmente la semilla (Sánchez, 1980).

Existe algunas especies que tienen pixidio indehiscente, característica que puede ser transferida a cultivares comerciales de amaranto (Breener, 1990).

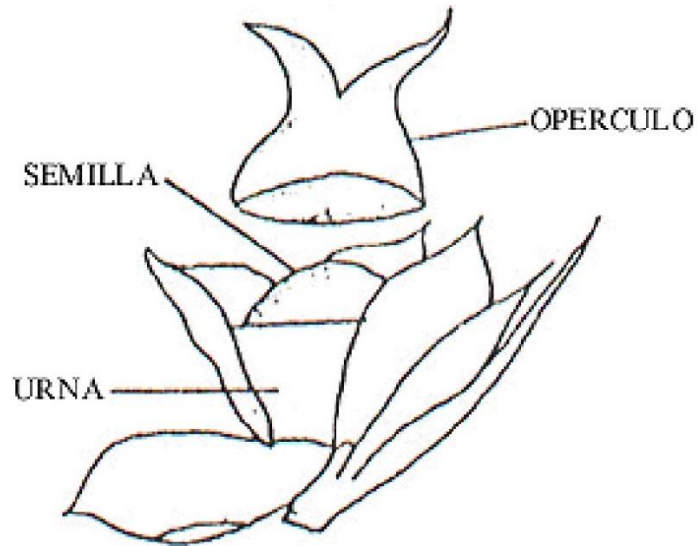


Figura 3: Pixidio unilocular de amaranto

- *Semilla*

La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm. de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1989).

Las especies silvestres presentan granos de color negro con el episperma muy duro; en el grano se distinguen cuatro partes importantes: episperma que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas; endosperma que viene a ser la segunda capa; embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones (Irvin, Betschart, & Saunder, 1999).

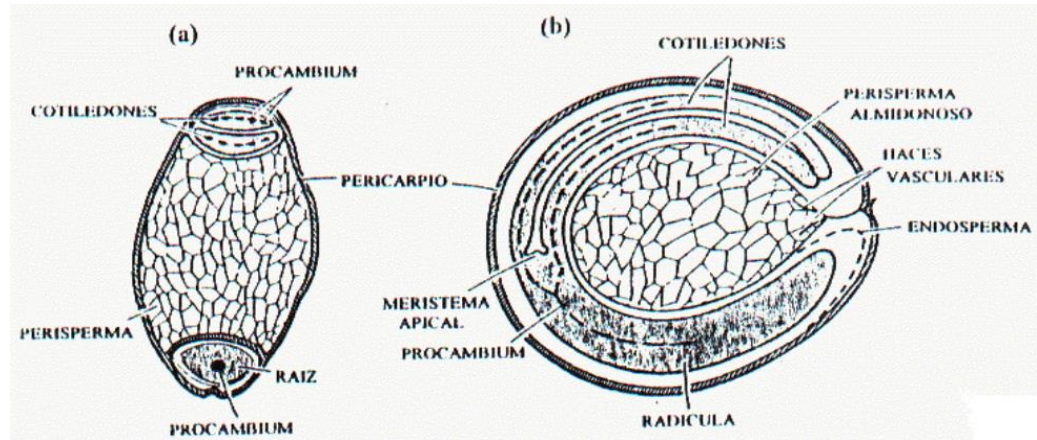


Figura 4: Diagrama de sección transversal (a) y longitudinal (b) de la semilla de amaranto

El periodo vegetativo varía de 120 a 170 días, dependiendo de los factores agroambientales y cultivares utilizados; las épocas de siembra, varían de acuerdo a las condiciones climáticas, generalmente de octubre a diciembre en la zona andina.

- **Manejo del cultivo**
- *Preparación del suelo y siembra*

Se pueden hacer siembras directas o mediante trasplantes de plántulas previamente germinadas en semilleros, práctica que no es la más común en nuestro medio. Cuando la siembra es directa es necesario preparar el suelo hasta que quede completamente mullido (libre de terrones, palos, piedras o restos de cosechas anteriores). La siembra se puede realizar en surcos, de aproximadamente 10 cm. de profundidad y separados a 60 o 70 cm. Dentro del surco se puede sembrar a chorro continuo o en golpes separados a 20 cm.; se puede colocar entre 10 y 20 semillas por golpe y luego tapar con 1 a 2 cm. de suelo suelto (Nieto, 1989).

Cuando la época es muy lluviosa, es preferible colocar las semillas a un costado del surco para evitar el arrastre de estas o un tapado excesivo por acción de las lluvias. También se puede hacer siembras mecánicas, utilizando las sembradoras de hortalizas o de pastos como alfalfa o trébol. La densidad de siembra varía entre 2 y 6 kg/ha, cuando la siembra es mecanizada y hasta 10 Kg./ha, cuando es manual (Caicedo, Monteros, Nieto, Vimos, & Rivera, 1994).

De acuerdo a (Early, 1977), en México el cultivo del amaranto se inicia o establece en dos formas, dependiendo de la región.

- *Siembra de trasplante*

Siguiendo la técnica ancestral de las chinampas, se realiza en Tulyehualco, DF., y pequeñas áreas aledañas. En estudios realizados por (Early, 1977), se menciona que en Tulyehualco, el cultivo es de temporal y pasa por 2 etapas: el almácigo y el trasplante, que se realiza en las faldas de los cerros cercanos; el almácigo generalmente se 17 prepara a fines de abril o principios de mayo, para efectuar el transplante en el inicio de la temporada de lluvias, que habitualmente ocurre a partir de junio.

- *Siembra directa*

Se lleva a cabo en Almilcingo y Huazulco, Morelos, así como en las demás regiones en las que se ha reportado el cultivo. Investigaciones hechas por (Early, 1977) mencionan que en Morelos tienen dos técnicas básicas para sembrar el amaranto: la primera es en bandas en el cual las semillas son sembradas en surcos y más tarde se aclaren; y la segunda es el mateado, en el cual las semillas son espaciadas aparte y el aclareo no es necesario; en ambos sistemas un caballo ara los surcos 60 cm. y, las semillas se siembran en lo alto del surco; en el sistema de banda, el campesino siguiendo el arador arroja estiércol seco de vaca sobre lo alto del surco donde irán las semillas; un sembrador lo sigue, dejando caer la semilla de entre sus dedos siguiendo la línea de estiércol; con una cuerda ata una rama de árbol a su cintura, con la cual rastra detrás de él y pasa ligeramente el estiércol y el suelo sobre las semillas; después de 20 días las plantas se aclarean dejando de 3 a 4 plantas, aproximadamente, cada 30 cm. agregándoles estiércol de vaca alrededor de las plantas. (Early, 1977) reporta que en el sistema de mateado las semillas se siembran dejando una pizca de semillas cada treinta cm. y se cubre arrojándoles tierra con la mano o con el pie; posterior a los 20 días se coloca el fertilizante alrededor de las plantas; a partir de este punto las técnicas posteriores son las mismas para los dos sistemas productivos.

- *Deshierbas*

El cultivo presenta un crecimiento lento al comienzo del ciclo, por lo que es necesario realizar una deshierba, sobre todo en sitios con abundantes malezas para evitar la competencia. Luego del primer mes de cultivo crece rápidamente y cubre el suelo, impidiendo el desarrollo de malezas; sin

embargo también es aconsejable una labor de aporque, la misma que servirá de segunda deshierba (Caicedo, Monteros, Nieto, Vimos, & Rivera, 1994).

- **Raleos**

Es conveniente realizar raleos, para dejar el número adecuado de plantas por unidad de superficie. Se recomienda dejar entre 20 y 30 plantas por m², cuando el cultivo es para cosechar su grano y hasta 80 o 100 plantas por m², cuando es para verdura. Sin embargo, también se puede prescindir del raleo, lo que da lugar a cultivos densos cuyas plantas crecen poco y producen menos, pero el rendimiento es compensado por el número de panojas (Caicedo, Monteros, Nieto, Vimos, & Rivera, 1994).

- **Fertilización**

- *Fertilización Química*

El cultivo responde muy bien a la fertilización química, especialmente de nitrógeno y fósforo y al abonamiento orgánico. Se recomienda aplicar una fertilización de 80-40-40 Kg./ha. de N-P-K aproximadamente 3 qq de 10-30-10 más 3 qq de urea y 1/2 qq de muriato de potasio, o unas 10 TM/ha de materia orgánica bien descompuesta. En suelos de buena fertilidad o cultivados con especies que dejan remanentes de fertilizantes se puede cultivar amaranto sin fertilizar (Nieto, 1989).

- *Fertilización Orgánica*

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden en el suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Torres Serrano, 2002).

Los abonos orgánicos son ricos en micro y macro elementos, necesarios para tener cultivos sanos, ayudar a la planta a resistir el ataque de enfermedades y plagas. Mejora la textura y estructura de los suelos, regulando su temperatura y humedad. Las ventajas son: Aligera suelos pesados o arcillosos, aumenta la temperatura del suelo por absorción de los rayos solares, aumenta la capacidad de retención del agua y elementos nutritivos, aporta nitrógeno en grandes cantidades, favorece la vida microbiana. (Torres Serrano, 2002).

- **Plagas y enfermedades**

Por ser un cultivo poco promocionado, no se conoce mucho sobre los problemas de plagas y enfermedades, sin embargo en cuanto a plagas se han identificado a las siguientes:

Tabla 2: Plagas del cultivo de Amaranto

Familia	Especie	Nombre Común	Tipo de daño
Noctuidae	<i>Agrotis</i> spp.	Gusanos cortadores o trozadores	Mastican el tallo hasta trozar la planta. Consumen follaje y brotes tiernos.
Noctuidae	<i>Feltia</i> spp.	Gusanos cortadores	Mastican el tallo hasta trozar la planta. Consumen follaje y brotes tiernos.
Chrysomelidae	<i>Diabrotica</i> spp.	Vaquitas o tortuguitas	Mastican hojas y brotes tiernos.
Chrysomelidae	<i>Epitrix</i> spp.	Pulguillas	Perforaciones finas de la hoja.
Aphidae	<i>Myzus</i> spp.	Pulgones	Succionan savias
Miridae	<i>Lygus</i> spp.	Chinches	Perforan y se alimentan de granos tiernos.

Fuente: (Caicedo, Monteros, Nieto, Vimos, & Rivera, 1994)

Para prevenir la presencia de estas plagas se debe mantener al cultivo limpio de malezas o eliminar malezas de lotes contiguos, pero si la intensidad del ataque de cualquiera de estos insectos es significativa se puede usar insecticidas, de preferencia los fosforados (Nieto, 1989).

En cuanto a enfermedades sobresalen las causadas por hongos que producen la enfermedad conocida como mal de semillero (*Pythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*) que se hacen presentes en los primeros 30 días del cultivo y sobre todo en suelos con mucha materia orgánica. En estado de planta adulta el problema principal parece ser el ataque que *Sclerotinia sclerotiorum* que afecta a todos los órganos de la planta y en especial a las hojas, produciendo clorosis y muerte y, a los tallos y panojas produciendo pudriciones y posterior secamiento. Además se ha reportado la presencia de oidium, cuyo agente causal es *Erysiphe* spp, que produce manchas blanquecinas y deformaciones en las hojas. La presencia de *Curvularia* spp y *Alternaria* spp atacando a las hojas han sido reportadas sobre todo en ambientes de clima caliente. Al igual que en el caso de las

plantas, no será necesario realizar combates químicos, si la magnitud de la infección de cualquier enfermedad mencionada, no es significativa. La presencia de nemátodos, principalmente del género *Meloidogyne* se ha encontrado en amaranto, causando daños significativos. Finalmente, uno de los problemas serios de este cultivo es la presencia de un microorganismo que posiblemente sea *Micoplasma*, que produce un alto porcentaje de plantas estériles, cuyos órganos florales se transforman en brácteas de un color verde intenso y con la ausencia total de óvulos y anteras y por ende de granos. Por tal motivo se sugiere utilizar variedades o líneas tolerantes (Caicedo, Monteros, Nieto, Vimos, & Rivera, 1994).

- **Cosecha y trilla**

La cosecha se realiza cuando la planta presenta signos de madurez, esto es: hojas secas en la base y amarillentas hacia el ápice de la planta y granos secos en la panoja, con cierta dehiscencia en la base de la misma. Se puede realizar la siega con hoz y formar gavillas para luego trillar, esta labor se puede realizar manualmente, golpeando las panojas en tendales o con la ayuda de trilladoras estacionarias. Se han reportado cosechas exitosas, utilizando las cosechadoras combinadas, las que realizan el corte y trilla en el campo al mismo tiempo; sobretodo cuando el cultivo presenta cierta uniformidad y las plantas no presentan panojas decumbentes. Luego de la trilla es conveniente procesar el grano, previo al almacenamiento o la comercialización. Se debe proceder al secado, el mismo que puede realizarse al sol o con secadoras convencionales. La eliminación de impurezas (restos de hojas, brácteas o cubiertas de la semilla) es conveniente realizar para mejorar la calidad del producto (Nieto, 1989).

- **Rendimientos**

Los rendimientos de grano son muy variables, así se han reportado rendimientos desde 900 hasta 4.000 kg/ha, y en lo que se refiere al rendimiento de materia verde en *A. hybridus*, se obtuvieron hasta 20 t/ha de materia fresca a los 40 días desde la siembra, de los cuales el porcentaje de hojas (parte aprovechable como verdura), osciló entre 42 y 60%, mientras que en *A. cruentus* y *A. caudatus* se han encontrado alrededor de 30 t/ha de materia verde a los 40 días y alrededor de 60 t/ha a los 60 días, también con porcentajes de hojas superiores al 40% (Nieto, 1989).

- **Usos**

El amaranto es un cultivo que puede ser utilizado en la alimentación humana y animal. Para la alimentación humana se puede utilizar el grano, ya sea entero o en harinas. Con el grano entero, previamente reventado (a manera de maíz canguil) se pueden preparar desayunos, postres, papillas, budines y otros. Se puede también consumir los granos reventados mezclados con miel de caña, chocolate o miel de abeja. En México son muy comunes los dulces a manera de turrone que no son otra cosa que amaranto reventado mezclado con miel y solidificado en moldes. (Caicedo, et al, 1994)

Luego de tostado o reventado el grano, se puede preparar harina, la misma que se puede consumir mezclada con dulce a manera de pinol o se pueden preparar cualquier derivado de la industria harinera (panes, galletas, pastas, etc.). También estos productos se pueden preparar con harina de amaranto sin tostar, es decir no contienen ningún compuesto antinutricional como es el caso de las saponinas en la quinua o de las lupininas en el chocho, las que deben ser eliminadas por escarificado o lavado antes del consumo (Chávez, 2008).

Las hojas y tallos tiernos, sobre todo si la planta no ha pasado los 50 días desde la siembra, son de excelente sabor en ensaladas y sopas con la única condición de no consumirlas crudas. Se puede sancochar al vapor por 5 minutos y luego preparar las más variadas ensaladas. (Nieto, C. 1.989).

Se ha comprobado que los restos de cosecha podría ser una buena fuente de alimento para el ganado; estos contienen hasta 1,9% de fibra, 11% de cenizas y 7% de proteína (Andrade, 2006).

Además la planta entera es un excelente forraje sobre todo para combinar con otras plantas forrajeras y los granos hacen una magnífica combinación con sorgo o maíz para alimentar aves de corral, o preparar cualquier tipo de alimento balanceado de uso animal (Nieto, 1989).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS

Las condiciones agrometeorológicas de Querochaca si influyen en las etapas fenológicas del cultivo de amaranto.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

- Estudiar las etapas fenológicas de dos variedades de amaranto en las condiciones agrometeorológicas de Querochaca.

3.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el tiempo transcurrido en cada etapa fenológica del cultivo.
- Establecer los parámetros agrometeorológicos que influyen en el desarrollo de cultivo de amaranto.
- Determinar el Kc del cultivo de amaranto para planificar un riego eficiente.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias sector Querochaca, ubicada en el cantón Cevallos sus coordenadas son latitud de 1° 22'08", longitud 78° 36'22" y hallándose a una altitud de 2890 msnm. (IGM, 2016).

4.2 CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1 Clima

El clima del área en general está clasificado como templado frío con una temperatura promedio de 12,7°C y sin estación invernal definida. De acuerdo a los registros de la estación meteorológica de primer orden de la Granja Experimental Docente Querochaca promedio de cinco años, la precipitación anual es de 632 mm, con una temperatura media de 12,7°C y la humedad relativa es de 76,1% con una velocidad de viento de 3,3 m/seg con dirección de Este a Oeste (INAMHI, 2016).

4.2.2 Suelo

Los suelos de la zona de Querochaca se caracterizan por la presencia de materiales amorfos y de cenizas volcánicas, las pendientes son variables que van desde relieve plano ondulado a fuertemente ondulado, los suelos son profundos (1,5 m) con textura franco arenosa, reacción neutra a ligeramente alcalina, capacidad de intercambio catiónico baja (IGM, 2016).

4.2.3 Agua

El agua utilizada en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo, cuyo pH se ubica en un rango entre 6,8 y 7,8

4.2.4 Zona de vida

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

4.3 EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1 Equipos

- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Equipo de cómputo

4.3.2 Materiales

- Semilla de amaranto (*A. hypocondriacus*)
- Semilla de amaranto (*A. quitensis*)
- Abono orgánico
- Lupa
- Regla
- Libreta de campo
- Esferos
- Lápiz
- Apoya manos
- Cinta Adhesiva
- Hojas papel bond A4
- Calculadora

4.4 FACTORES EN ESTUDIO

4.4.1 Variedades de Amaranto

- *Amaranthus quitensis*
- *Amaranthus hypocondriacus*

4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Primero se trabajó en la fase de semillero bajo cubierta, donde se utilizaron cuatro bandejas propagadoras. Se diseñaron dos parcelas de 25 m de largo x 0.6 m de ancho en donde se plantaron las variedades descritas, con una distancia de 40 cm entre plantas y 80 cm entre surcos, dándonos 64 plantas en cada parcela, garantizando el número necesario de plantas para la toma de datos. No se trata de un diseño experimental propiamente dicho, se trata de parcelas diferenciadas únicamente por la variedad de amaranto utilizada donde se escogieron tres plantas por parcela para realizar las observaciones y tomas de datos necesaria.

4.6 VARIABLES RESPUESTA

4.6.1 Etapas fenológicas

Se contabilizó el número de días transcurridos entre las diferentes etapas fenológicas establecidas según la bibliografía consultada.

- Fase Inicial: desde la emergencia hasta la aparición de las dos primeras hojas verdaderas
- Fase de desarrollo: va desde las seis hojas verdaderas, ramificación hasta el panojamiento.
- Fase de floración: desde el panojamiento, formación de grano lechoso, grano pastoso.
- Fase maduración: desde la maduración de la semilla hasta la senescencia del cultivo.

4.6.2 Altura de planta

Se midió la altura de la planta desde la base del tallo hasta el ápice de la inflorescencia principal, utilizando un flexómetro al iniciar cada etapa fenológica del cultivo.

4.6.3 Profundidad Radical

Para tomar esta variable primeramente extraemos la planta completa, desenterrando con cuidado toda su raíz, luego se midió la longitud radicular desde el cuello de la raíz hasta el extremo de la misma con la ayuda de un flexómetro. Esto se hizo en cada etapa fenológica del cultivo.

4.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de datos se utilizó figuras de interpretación en el programa Excel, para la visualización de los parámetros en el trayecto de la investigación. Al no tener un diseño experimental determinado no se utilizó programas estadísticos.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE AMARANTO *Amaranthus hypocondriacus* L. y *Amaranthus quitensis* L.

5.1.1 Etapa inicial

La etapa inicial empezó con la germinación de las plantulas hasta el apareamiento de las primeras dos hojas, la duración de esta etapa para *Amaranthus hypocondriacus* L., se estableció en 16 días (desde el 17 de octubre del 2016 hasta el 2 de noviembre del 2016), en las siguientes condiciones climáticas: temperatura media 14,06 °C, humedad relativa media 67,06%, precipitación acumulada para este periodo: 31,0 mm y una media de 1.94 mm/día.

La duración de la etapa fenológica inicial para *Amaranthus quitensis* H.B.K., se estableció en 18 días (desde el 17 de octubre del 2016 hasta el 4 de noviembre del 2016), en las siguientes condiciones climáticas: temperatura media 13,98 °C, humedad relativa media 67,35%, precipitación acumulada para este periodo: 32,4 mm y una media de 1,80 mm/día.

5.1.2 Etapa de desarrollo

Esta etapa empezó desde la aparición de las dos hojas hasta la aparición de la panoja. El cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) cumplió en esta etapa 56 días (desde el 3 de noviembre del 2016 hasta el 1 de enero del 2017). En el caso de *Amaranthus quitensis* H.B.K., cumplió en esta etapa 65 días (desde el 5 de noviembre de 2016 hasta el 10 de enero de 2017). Las condiciones climáticas durante los 56 días de desarrollo de *Amaranthus hypocondriacus* L. fueron: temperatura media 14,65 °C, humedad relativa media 69,51 %, precipitación acumulada para este periodo: 50,3 mm y una media diaria de 0,87 mm/día. Para *A. quitensis* H.B.K. las condiciones climáticas durante los 65 días que tomó su desarrollo fueron: temperatura media de 14,56 °C, humedad relativa media de 70,64 % , precipitación acumulada para este periodo: 87,0 mm y una media diaria de 1,32 mm/día

5.1.3 Etapa de floración

La etapa de floración empezó desde el apareamiento de la panoja hasta la formación de grano lechoso y tuvo una duración de 86 días (desde el 2 de enero de hasta el 28 de marzo de 2017) para *A. hypocondriacus*; las condiciones climáticas durante esta etapa de floración fueron las siguientes: temperatura media 13,84 °C, humedad relativa 77,47 %, precipitación acumulada para este periodo 192,5 mm, y una media diaria de 2,24 mm/día. Para *A. quitensis* 65 días (desde el 11 de enero al 17 de marzo del 2017); las condiciones climáticas durante esta etapa de floración fueron las siguientes: temperatura media 14,04 °C, humedad relativa 76,74 %, precipitación acumulada para este periodo 127,9 mm, y una media diaria de 1,97 mm/día.

5.1.4 Etapa final

La etapa final o de maduración fue desde la formación de grano lechoso hasta la senescencia total de la planta. La cual tuvo una duración de 58 días (desde el 29 de marzo hasta el 25 de mayo de 2017) para *A. hypocondriacus*, las condiciones climáticas durante la etapa final fueron las siguientes: temperatura media 13,81 °C, humedad relativa 81,50 %, precipitación acumulada para este periodo 182,6 mm, y una media diaria de 3.15 mm/día. Para *A. quitensis* 73 días (desde el 18 de marzo al 29 de mayo del 2017); las condiciones climáticas durante esta etapa fueron las siguientes: temperatura media 13,74 °C, humedad relativa 81,34 %, precipitación acumulada para este periodo 209 mm, y una media diaria de 2,86 mm/día.

Tabla 3: Duración días etapas fenológicas

Cultivo	Etapa inicial (días)	Etapa desarrollo (días)	Etapa floración (días)	Etapa final (días)	Total días	Región
<i>A. Hypocondriacus</i>	16	56	86	58	216	Ecuador (cantón Cevallos)
<i>A. Quitensis</i>	18	65	65	73	221	

Elaborado por: Jhon Illescas (2017)

En la tabla 3 se puede observar el número de días que duro cada etapa de las dos variedades de amaranto cultivadas en la Granja Experimental Docente Querochaca, perteneciente a la

Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua en Ecuador, Sudamérica.

El ciclo de cultivo de *A. hypocondriacus* fue de 216 días, con una duración de 16 días en la etapa inicial, 56 días en la etapa de desarrollo, 86 días en la etapa de floración y finalmente con 58 días en la etapa final. El ciclo de cultivo para *A. quitensis* fue de 221 días, con una duración de 18 días en la etapa inicial, 65 días en la etapa de desarrollo, 65 días en la etapa de floración y finalmente con 73 días en la etapa final. Comparando entre las dos variedades de Amaranto, *A. quitensis* fue 2 días más largo en su etapa inicial, 9 días más largo en la etapa de desarrollo; en la etapa de floración *A. hypocondriacus* tomó más tiempo superando a *A. quitensis* con 21 días, pero la etapa final de *A. quitensis* fue más larga por 15 días. Finalmente, y en su totalidad *A. quitensis* fue 5 días más largo que *A. hypocondriacus*.

En la Tabla 4, se muestra los parámetros climáticos en el que se desarrollaron los cultivos de *A. hypocondriacus* y *A. quitensis* presentando así en la etapa inicial una precipitación acumulada de 31 mm. Las necesidades hídricas se completaron únicamente con riegos diarios al tratarse de un cultivo en semillero, mediante riegos diarios utilizando probetas y vasos de precipitación para tomar la medida necesaria que fue de 4840 mm/ $\frac{1}{4}$ m², en una temperatura media de 14,06 °C, humedad relativa media de 67,06%. En la etapa de desarrollo se presentaron los siguientes parámetros climáticos precipitación acumulada 50,3 mm para complementar las necesidades hídricas se aportó 37,10 mm mediante 2 riegos, la temperatura media 14,65 °C, humedad relativa 69,51 % teniendo una variación de 2,45% de la etapa inicial. En la etapa de floración se presentaron los siguientes parámetros climáticos precipitación acumulada 192,5 mm para complementar las necesidades hídricas se aportó 41,3 mm mediante 2 riegos, la temperatura media 13,84 °C, humedad relativa 77,47 % teniendo una variación de 7,96% de la etapa de desarrollo. En la etapa final se presentaron los siguientes parámetros climáticos precipitación acumulada 186,6 mm; no fue necesario complementar los requerimientos hídricas mediante riegos, la temperatura media 13,84 °C, humedad relativa 77,47 % teniendo una variación de 7,96% de la etapa de floración. En el transcurso de las cuatro etapas fenológicas desarrolladas en los 216 días, la precipitación acumulada para este periodo fue de 456,4 mm, con una precipitación media diaria de 2,05 mm/día, temperatura media de 14,09 °C, humedad relativa media 73,89%.

Tabla 4: Parámetros climáticos para *A. quitensis* y *A. hypocondriacus*

Parámetros	Etapa inicial	Etapa desarrollo	Etapa floración	Etapa final	TOTAL
Precipitación Acumulada (mm)	31	87,0	127,9	209	456.30
Precipitación Media Día (mm/día)	1.94	1,32	1,97	2,86	7,95
Temperatura Media (°C)	13,98	14,56	14,04	13,74	56.32
Humedad Relativa (%)	67,35	70,64	76,74	81,34	296,07

Elaborado por Jhon Illescas (2017)

5.2 COEFICIENTE DE CULTIVO K_c DE *Amaranthus hypocondriacus* L. Y *Amaranthus quitensis*

Para obtener los datos del Coeficiente del cultivo se aplicó la siguiente fórmula con los datos del anexo 2 en donde:

- $K_c = E_{tc}/E_{to}$
- Dónde: K_c = Coeficiente de cultivo
- E_{tc} = Evapotranspiración del cultivo mm/día
- E_{to} = Evapotranspiración del cultivo de referencia

Cuyos resultados obtenidos están graficados en la figura 5,6 para el cultivo de *Amaranthus hypocondriacus* y *Amaranthus quitensis*.

5.2.1 *Amaranthus hypocondriacus*

5.2.1.1 Etapa Inicial

Desde el 17 de Octubre al 2 de noviembre de 2016, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0,30, valor que se mantiene durante los 16 días en esta etapa inicial para el cultivo de *Amaranthus hypocondriacus*.

5.2.1.2 Etapa de desarrollo

Desde el 3 de noviembre del 2016 al 1 de enero de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0,30, hasta 1,15 durante los 56 días en esta etapa de desarrollo para el cultivo de *A. hypocondriacus*.

5.2.1.3 Etapa de floración

Desde el 2 de enero al 28 de marzo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1,15, hasta 1,15 durante los 86 días en esta etapa de floración para el cultivo de *A. hypocondriacus*.

5.2.1.4 Etapa final

Desde el 29 de marzo al 25 de mayo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1,15, hasta 0,40 durante los 58 días en esta etapa final para el cultivo de *A. hypocondriacus*.

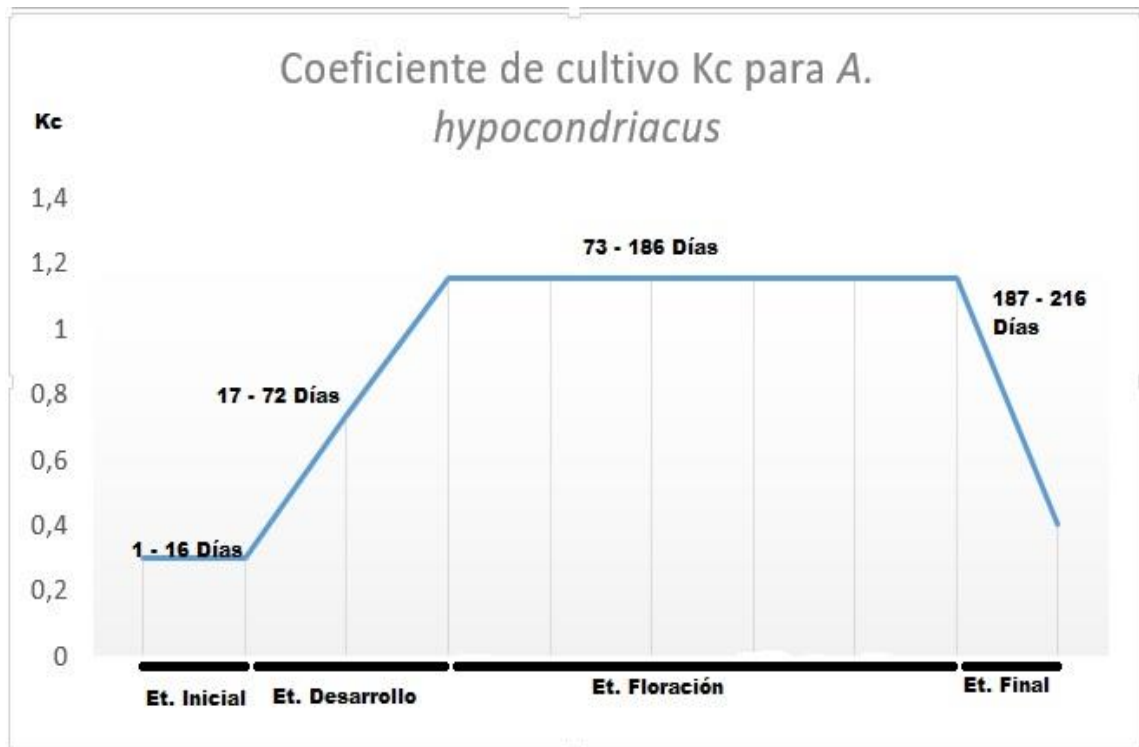


Figura 5: Kc *Amaranthus hypocondriacus*

5.2.2 *Amaranthus quitensis*

5.2.2.1 Etapa Inicial

Desde el 17 de Octubre al 4 de noviembre de 2016, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0,30, valor que se mantiene durante los 18 días en esta etapa inicial para el cultivo de *Amaranthus quitensis*.

5.2.1.2 Etapa de desarrollo

Desde el 5 de noviembre del 2016 al 10 de enero de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0,30, hasta 1,15 durante los 65 días en esta etapa de desarrollo para el cultivo de *Amaranthus quitensis*.

5.2.1.3 Etapa de floración

Desde el 11 de enero al 17 de marzo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1,15, hasta 1,15 durante los 65 días en esta etapa de floración para el cultivo de *Amaranthus quitensis*.

5.2.1.4 Etapa final

Desde el 18 de marzo al 29 de mayo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (K_c) presentado es de 1,15, hasta 0,40 durante los 73 días en esta etapa final para el cultivo de *Amaranthus quitensis*.

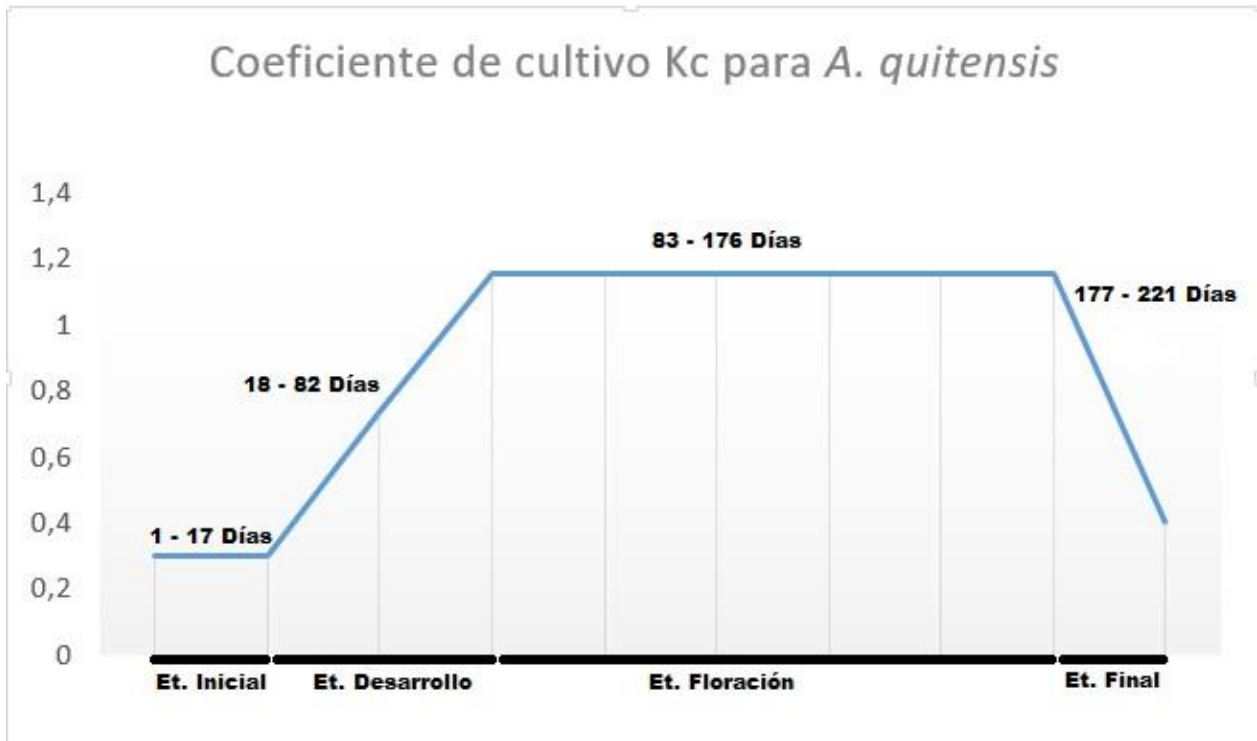


Figura 6: K_c *Amaranthus quitensis*

5.3 PROFUNDIDAD RADICULAR

5.3.1 *Amaranthus hypocondriacus*

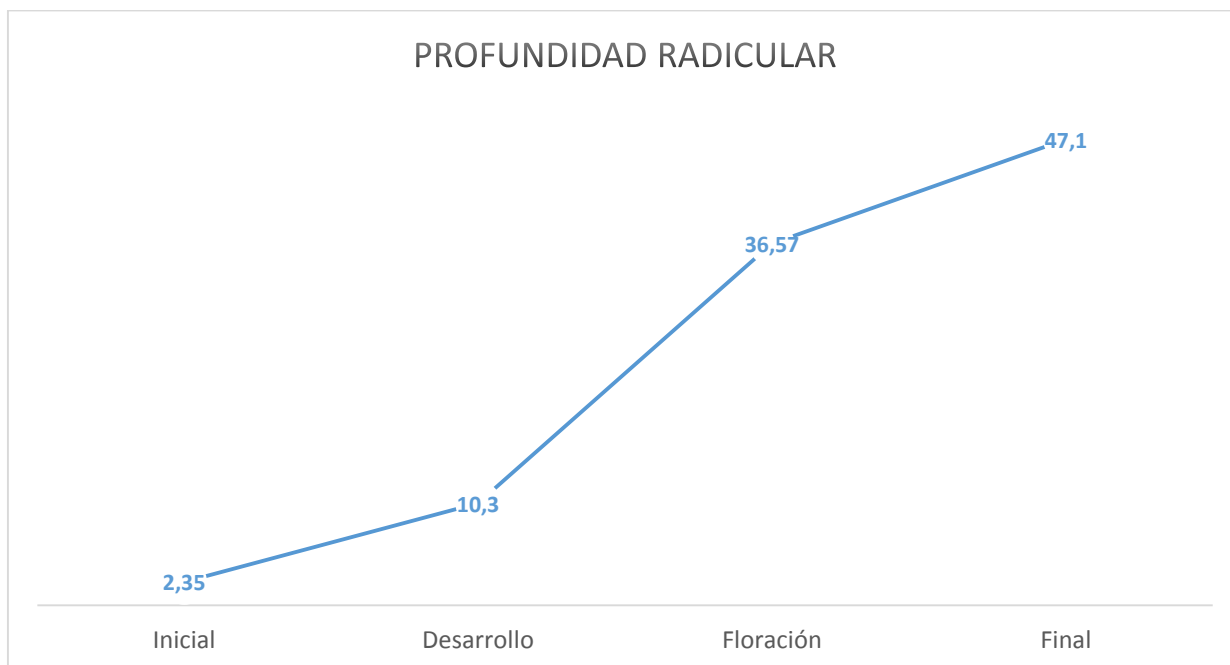


Figura 7: Profundidad radicular para *Amaranthus hypocondriacus*

5.3.1.1 Etapa inicial

En cuanto a la variable profundidad radicular se puede observar en la figura 7 los valores de la etapa fenológica inicial del cultivo de *A. hypocondriacus*, que comprende desde la siembra hasta el desarrollo de las primeras dos hojas verdaderas es decir va desde el día de la siembra 0 días hasta los 16 días. Tuvo un crecimiento promedio de 2,35 cm de profundidad.

5.3.1.2 Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo, comprende desde el crecimiento de las primeras hojas verdaderas hasta el inicio de la floración en el lapso de 56 días, corresponde al crecimiento de 17 días hasta los 72 días después de la siembra, en donde la raíz alcanzó un crecimiento acumulada de 10,30 cm, como se demuestra en la figura 7.

5.3.1.3 Etapa de floración

La etapa de floración, comprende desde el inicio del apareamiento de la panoja hasta el inicio de la maduración de la semilla en grano lechoso en el lapso de 86 días, corresponde al

crecimiento de 73 días hasta los 158 días después de la siembra, en donde la raíz alcanzó un crecimiento acumulada de 36,57 cm, como se demuestra en la figura 7.

5.3.1.4 Etapa final

La etapa final, comprende desde el inicio de la formación de grano pastoso hasta la senescencia del cultivo en el lapso de 58 días, corresponde al crecimiento de 74 días hasta los 216 días después de la siembra, en donde la raíz alcanzó un crecimiento acumulada de 47,10 cm, como se demuestra en la figura 7.

5.3.2 *Amaranthus quitensis*

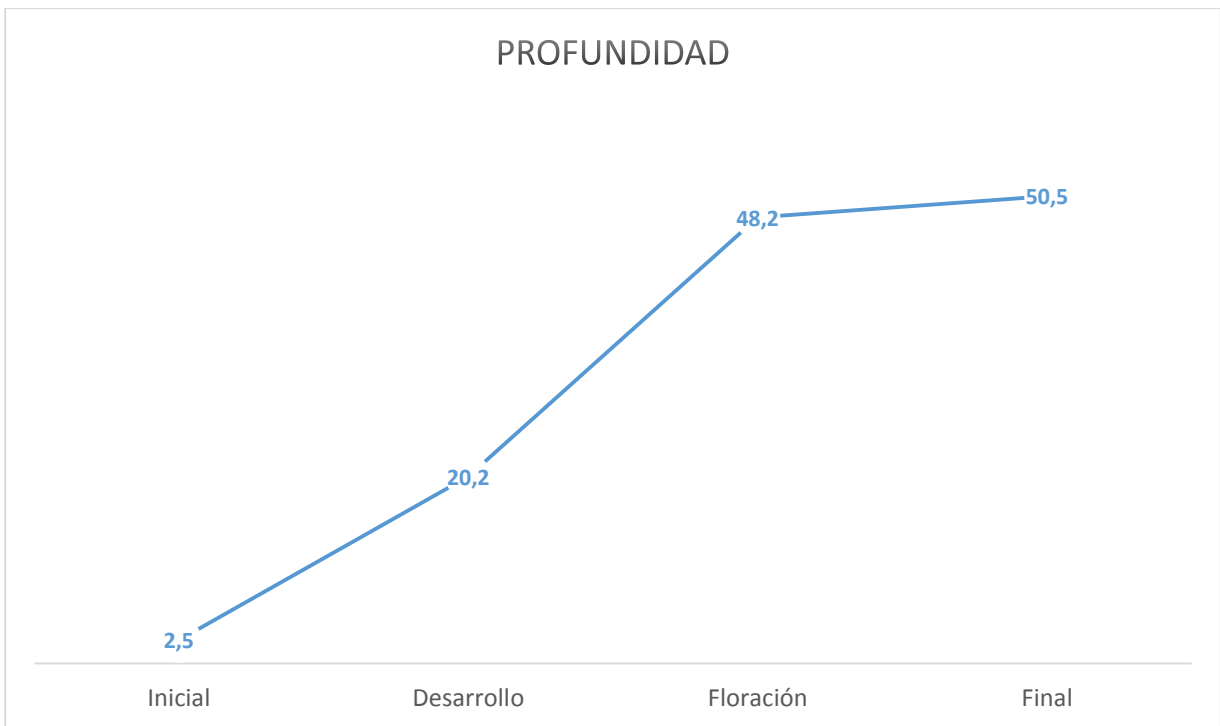


Figura 8: Profundidad radicular en *Amaranthus quitensis*

5.3.2.1 Etapa inicial

En cuanto a la variable profundidad radicular se puede observar en la figura 8 los valores de la etapa fenológica inicial del cultivo de *A. quitensis*, que comprende desde la siembra hasta el desarrollo de las primeras dos hojas verdaderas es decir va desde el día de la siembra 0 días hasta los 18 días. Tuvo un crecimiento promedio de 2,50 cm de profundidad.

5.3.2.2 Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo, comprende desde el crecimiento de las primeras hojas verdaderas hasta el inicio de la floración en el lapso de 65 días, corresponde al crecimiento de 19 días hasta los 83 días después de la siembra, en donde la raíz alcanzó un crecimiento acumulada de 20,20 cm, como se demuestra en la figura 8.

5.3.2.3 Etapa de floración

La etapa de floración, comprende desde el inicio del apareamiento de la panoja hasta el inicio de la maduración de la semilla en grano lechoso en el lapso de 65 días, corresponde al crecimiento de 84 días hasta los 148 días después de la siembra, en donde la raíz alcanzó un crecimiento acumulada de 48,20 cm, como se demuestra en la figura 8.

5.3.2.4 Etapa final

La etapa final, comprende desde el inicio de la formación de grano pastoso hasta la senescencia del cultivo en el lapso de 73 días, corresponde al crecimiento de 149 días hasta los 221 días después de la siembra, en donde la raíz alcanzó un crecimiento acumulada de 50,50 cm, como se demuestra en la figura 8.

5.4 ALTURA DE PLANTA

5.4.1 *Amaranthus hypocondriacus*

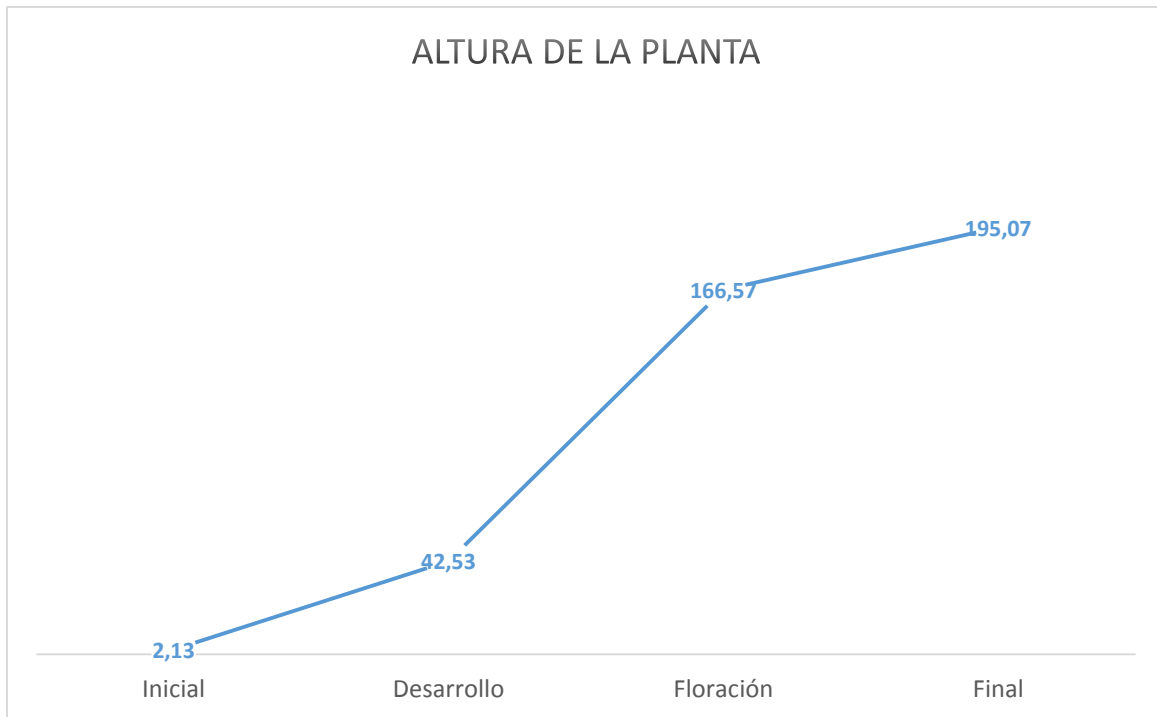


Figura 9: Altura de planta para *Amaranthus hypocondriacus*

5.4.1.1 Etapa inicial

En cuanto a la variable altura de planta se puede observar en la figura 9 los valores de la etapa fenológica inicial del cultivo de *A. hypocondriacus*, que comprende desde la siembra hasta el desarrollo de las primeras dos hojas verdaderas es decir va desde el día de la siembra 0 días hasta los 16 días. Tuvo un crecimiento promedio de 2,13 cm de altura.

5.4.1.2 Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo, comprende desde el crecimiento de las primeras hojas verdaderas hasta el inicio de la floración en el lapso de 56 días, corresponde al crecimiento de 17 días hasta los 72 días después de la siembra, en donde la planta alcanzó un crecimiento acumulada de 42,53 cm, como se demuestra en la figura 9.

5.4.1.3 Etapa de floración

La etapa de floración, comprende desde el inicio del apareamiento de la panoja hasta el inicio de la maduración de la semilla en grano lechoso en el lapso de 86 días, corresponde al

crecimiento de 73 días hasta los 158 días después de la siembra, en donde la planta alcanzó un crecimiento acumulada de 166,57 cm, como se demuestra en la figura 9.

5.4.1.4 Etapa final

La etapa final, comprende desde el inicio de la formación de grano pastoso hasta la senescencia del cultivo en el lapso de 58 días, corresponde al crecimiento de 74 días hasta los 216 días después de la siembra, en donde la planta alcanzó un crecimiento acumulada de 195,07 cm, como se demuestra en la figura 9.

5.4.2 *Amaranthus quitensis*

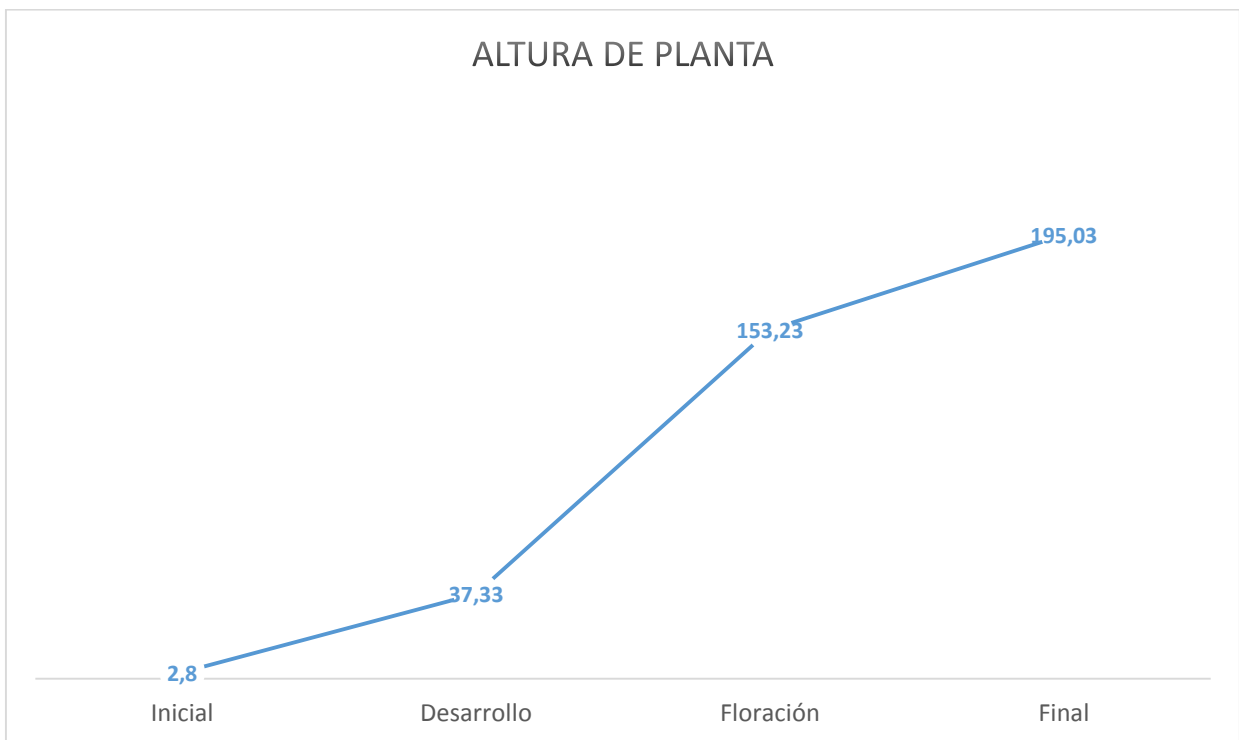


Figura 10: Altura de planta para *Amaranthus quitensis*

5.4.2.1 Etapa inicial

En cuanto a la variable altura de planta se puede observar en la figura 10 los valores de la etapa fenológica inicial del cultivo de *A. quitensis*, que comprende desde la siembra hasta el desarrollo de las primeras dos hojas verdaderas es decir va desde el día de la siembra 0 días hasta los 18 días. Tuvo un crecimiento promedio de 2,80 cm de altura.

5.4.2.2 Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo, comprende desde el crecimiento de las primeras hojas verdaderas hasta el inicio de la floración en el lapso de 65 días, corresponde al crecimiento de 19 días hasta los 83 días después de la siembra, en donde la planta alcanzó un crecimiento acumulada de 37,33 cm, como se demuestra en la figura 10.

5.4.2.3 Etapa de floración

La etapa de floración, comprende desde el inicio del apareamiento de la panoja hasta el inicio de la maduración de la semilla en grano lechoso en el lapso de 65 días, corresponde al crecimiento de 84 días hasta los 148 días después de la siembra, en donde la planta alcanzó un crecimiento acumulada de 153,23 cm, como se demuestra en la figura 10.

5.4.2.4 Etapa final

La etapa final, comprende desde el inicio de la formación de grano pastoso hasta la senescencia del cultivo en el lapso de 73 días, corresponde al crecimiento de 149 días hasta los 221 días después de la siembra, en donde la planta alcanzó un crecimiento acumulada de 195,03 cm, como se demuestra en la figura 10.

5.5 ANÁLISIS DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR Y ALTURA DE LA PLANTA

5.5.1 *Amaranthus hypocondriacus*

Tabla 5: Relación profundidad radical y altura de verde para *Amaranthus hypocondriacus*

ETAPAS	DURACIÓN	PROFUNDIDAD RADICULAR	ALTURA DE PLANTA
Inicial	16	2,35	2,13
Desarrollo	56	10,30	42,53
Floración	86	36,57	166,57
Final	58	47,10	195,07

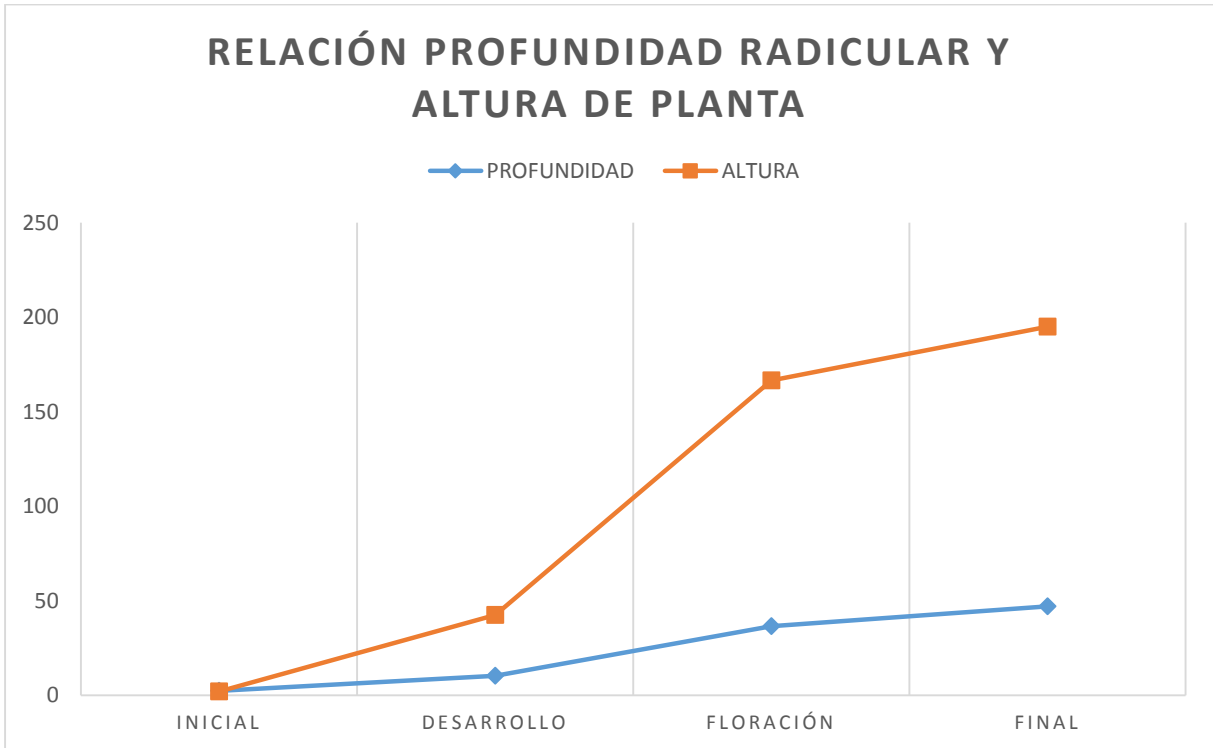


Figura 11: Relación profundidad radical y altura de planta para *Amaranthus hypocondriacus*

5.5.1.1 Etapa inicial

Etapa que comienza a partir de la siembra 0 días hasta los 16 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 2,35 cm, mientras que la altura de planta llegó a 2,13 cm; manteniendo un crecimiento similar de 1:1.

5.5.1.2 Etapa de desarrollo

Etapa que comienza a partir de la formación de las hojas verdaderas 17 días hasta el apareamiento de la panoja a los 72 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 10.30 cm, mientras que la altura de planta llegó a 42.33 cm; mostrando una marcada diferencia de 1:4 a favor de la altura de planta.

5.5.1.3 Etapa de floración

Etapa que comienza a partir de la formación de la panoja 73 días, hasta la formación de grano lechoso 158 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 36.57 cm, mientras que la altura de planta llegó a 166,57 cm; manteniendo la diferencia de crecimiento de 1:4 a favor de la altura de planta.

5.5.1.4 Etapa final

Etapa que comienza a partir de la formación del grano lechoso 159 días, hasta la senescencia del cultivo 216 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 47,10 cm, mientras que la altura de planta llegó a 195,07 cm; manteniendo la diferencia de crecimiento de 1:4 a favor de la altura de planta.

5.5.2 *Amaranthus quitensis*

Tabla 6: Relación profundidad radical y altura de verde para *Amaranthus quitensis*

ETAPAS	DURACIÓN	PROFUNDIDAD RADICULAR	ALTURA DE PLANTA
Inicial	18	2,50	2,80
Desarrollo	65	20,20	37,33
Floración	65	48,20	153,23
Final	73	50,50	195,03



Figura 12: Relación profundidad radical y altura de planta para *Amaranthus quitensis*

5.5.2.1 Etapa inicial

Etapa que comienza a partir de la siembra 0 días hasta los 18 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 2,50 cm, mientras que la altura de planta llegó a 2,80 cm; manteniendo un crecimiento similar de 1:1.

5.5.2.2 Etapa de desarrollo

Etapa que comienza a partir de la formación de las hojas verdaderas 17 días hasta el apareamiento de la panoja a los 83 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 20,20 cm, mientras que la altura de planta llegó a 37,33 cm; mostrando una marcada diferencia de 1:2 a favor de la altura de planta.

5.5.2.3 Etapa de floración

Etapa que comienza a partir de la formación de la panoja 84 días, hasta la formación de grano lechoso 149 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 48,20 cm, mientras que la altura de planta llegó a 153,23 cm; mostrando una diferencia de crecimiento de 1:3 a favor de la altura de planta.

5.5.2.4 Etapa final

Etapa que comienza a partir de la formación del grano lechoso 150 días, hasta la senescencia del cultivo 221 días. El crecimiento radicular en esta etapa fue de 50,50 cm, mientras que la altura de planta llegó a 195,03 cm; manteniendo la diferencia de crecimiento de 1:4 a favor de la altura de planta.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1 CONCLUSIONES

Comparando entre las dos variedades de Amaranto, *A. quitensis* fue dos días más largo en su etapa inicial, nueve días más largo en la etapa de desarrollo; en la etapa de floración *A. hypocondriacus* tomó más tiempo superando a *A. quitensis* con 21 días, pero la etapa final de *A. quitensis* fue más larga por 15 días. Finalmente, y en su totalidad *A. quitensis* fue cinco días más largo que *A. hypocondriacus*.

En el transcurso de las cuatro etapas fenológicas de *A. hypocondriacus* desarrolladas en los 216 días, la precipitación acumulada para este periodo fue de 456,4 mm, con una precipitación media diaria de 2,05 mm/día, temperatura media de 14,09 °C, humedad relativa media 73,89%. Por otro lado, en el transcurso de las cuatro etapas fenológicas de *A. quitensis* desarrolladas en los 221 días, la precipitación acumulada para este periodo fue de 456,3 mm, con una precipitación media diaria de 1,99 mm/día, temperatura media de 14,08 °C, humedad relativa media 74,02%.

En referencia al Coeficiente de cultivo (Kc) para *A. hypocondriacus*, desde el 17 de Octubre al 2 de noviembre de 2016, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, valor que se mantiene durante los 16 días en esta etapa inicial para el cultivo de *Amaranthus hypocondriacus*. Desde el 3 de noviembre del 2016 al 1 de enero de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, hasta 1.15 durante los 56 días en esta etapa de desarrollo para el cultivo de *A. hypocondriacus*. Desde el 2 de enero al 28 de marzo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 1.15 durante los 86 días en esta etapa de floración para el cultivo de *A. hypocondriacus*. Desde el 29 de marzo al 25 de mayo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 0.40 durante los 58 días en esta etapa final para el cultivo de *A. hypocondriacus*.

En referencia al Coeficiente de cultivo (Kc) para *A. quitensis*, desde el 17 de Octubre al 4 de noviembre de 2016, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, valor que

se mantiene durante los 18 días en esta etapa inicial para el cultivo de *Amaranthus quitensis*. Desde el 5 de noviembre del 2016 al 10 de enero de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, hasta 1.15 durante los 65 días en esta etapa de desarrollo para el cultivo de *Amaranthus quitensis*. Desde el 11 de enero al 17 de marzo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 1.15 durante los 65 días en esta etapa de floración para el cultivo de *Amaranthus quitensis*. Desde el 18 de marzo al 29 de mayo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 0.40 durante los 73 días en esta etapa final para el cultivo de *Amaranthus quitensis*.

6.2 BIBLIOGRAFÍA

- Aldás Jarrín, J. C. (23 de Noviembre de 2015). Efectos del viento en el cultivo de amaranto. (J. Illescas, Entrevistador)
- Allen, R. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Roma: FAO.
- AMA. (21 de Junio de 2016). *Asociación Mexicana de Amaranto*. Obtenido de www.amaranto.org.mx
- Andrade, D. (2006). *Riqueza vegetal autoctona de los Andes*. Quito: Cornejo.
- Avidan, A. (2001). *Determinación del régimen de riego de los cultivos*. Israel: Cinadco.
- Breener, D. (1990). Seed shatterin control with indehiscent utricles in grain amerants. *Legacy*, 3(1), 2-3.
- Caicedo, V., Monteros, J., Nieto, C., Vimos, N., & Rivera, M. (1994). INIAP Alegría: Primera variedad mejorada de amaranto para la Sierra ecuatoriana. *Divulgativo INIAP N°49*. Quito, Pichincha, Ecuador: INIAP.
- Chávez, L. (30 de Junio de 2008). El Amaranto un alimento completo. *El Comercio*, pág. 4 C.
- Díaz-Ortega, A. C., Escalante-Estrada, J. A., Trinidad- Santos, A., Sánchez-García, P., Mapes-Sánchez, C., & Martínez-Moreno, D. (2004). Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *TERRA Latinoamérica*, Vol. 22, Núm. 1 enero-marzo, pp 109-116.
- Díaz-Vázquez, S. G. (2013). *Efecto de la radiación en el desarrollo fenológico, rendimiento y calidad en policultivo: chile, jitomate, maíz, frijol y amaranto en condiciones de invernadero*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Early, D. K. (1977). *Cultivation and uses of amaranth in contemporary México*. Emmaus: In proc. First.
- FAO. (1992). *Manual sobre utilización de cultivos andinos subexplotados en la alimentación*. Santiago, CHILE: FAO.

- FAO. (15 de abril de 2016). *FAO*. Obtenido de FAO Agricultura: www.ric.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/.../index.html
- Henderson, T. L. (1993). *Agronomic evolution of grain amaranth in North Dakota*. North Dakota: North Dakota University.
- Holdrige, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: IICA.
- IGM. (2016). *Coordenadas Geograficas estación meteorológica Querochaca*. Quito: IGM.
- INAMHI. (2016). *Anuario meteorológico 2010 - 2015 estación Querochaca*. Quito: INAMHI.
- Irvin, D. W., Betschart, A. A., & Saunder, R. M. (1999). Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. *Foods Science*(46), 1170-1173.
- Jacobsen, S. E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Quito: Abya Yala.
- Mora Mata, E. (2008). *Evaluación de etapas fenológicas en el cultivo de amaranto (Amaranthus hypocondriacus) para su comercialización y producción*. Saltillo, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Mujica Sánchez, A., & Benti Diaz, M. (1997). *El cultivo de Amaranto (Amaranthus spp.): Producción, mejoramiento genético y utilización*. Roma: FAO.
- Mujica, S. A., & Quillahuamán, C. (7-10 de agosto de 1989). Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Curso Taller Fenología de cultivos andinos y uso de la información agro meteorológica*. Puno, Puno, Perú: INIA - PICA.
- Nieto, C. (1989). *El cultivo de amaranto, Amaranthus spp, una alternativa agronómica para Ecuador*. Quito: INIAP.
- Penman-Monteith. (2010). *Calculos de evapotranspiración y Coeficiente de cultivo*.
- Saavedra Jimenez, S. F. (2013). *Respuesta del amaranto (Amaranthus caudatus) a la fertilización foliar complementaria con tres bioestimulantes*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Salazar S, A. A. (1996). *Caracterización del cultivo amaranto (Amaranthus cruentus L.) bajo condiciones del valle central de la novena región y evaluación del efecto de cinco épocas*

de siembra y dos poblaciones de plantas sobre su rendimiento. Temuco: Universidad de La Frontera.

Sánchez, M. A. (1980). *Potencialidad agronómica del amaranto.* México D.F.: Centro de estudios económicos y sociales del tercer mundo.

Solórzano Vega, E. (2007). *Guías fenológicas para cultivos básicos.* México: Trillas.

Subía García, C. (2012). *Caracterización agronómica, bromatológica, isoenzimática y radiosensibilidad de poblaciones de amaranto (Amaranthus spp.) colectadas en las principales áreas de producción de México.* Texcoco: Colegio de Postgraduados.

Tapia, M. (1997). *Cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación* (2da ed.). Santiago de Chile: FAO.

Torres Serrano, C. X. (2002). *Manual agropecuario.* Bogota, Colombia: LEXUS.

Zubillaga, M. F., Quichán, S., & Barrio, D. A. (2011). *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, la fenología y la calidad nutricional de Amaranthus caudatus en el Valle Inferior del Rio Negro.* Rio Negro: Departamento de Ciencias de la Vida de la Universidad Nacional de Rio Negro.

6.3 ANEXO

Tabla 7: Valores parámetros climáticos para Etapa inicial *Amaranthus hypocondriacus*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m ²	Vol. L/1/4m ²	Precipitación mm/día
17/10/2016	66	6,4	3,3	0,75	4,80	1,44	1,44	0,36	0
18/10/2016	71	4,8	2	0,80	3,84	1,15	1,15	0,29	0
19/10/2016	65	4,8	1	0,80	3,84	1,15	1,15	0,29	0
20/10/2016	69	4,6	1,3	0,80	3,68	1,10	1,10	0,28	0
21/10/2016	71	4	2	0,80	3,20	0,96	0,96	0,24	0
22/10/2016	73	3,4	2,3	0,80	2,72	0,82	0,82	0,20	0,4
23/10/2016	71	2,7	2	0,80	2,16	0,65	0,65	0,16	0
24/10/2016	63	3,8	1	0,80	3,04	0,91	0,91	0,23	0
25/10/2016	69	5,3	0,6	0,80	4,24	1,27	1,27	0,32	1,3
26/10/2016	64	5,4	0,6	0,80	4,32	1,30	1,30	0,32	0
27/10/2016	61	5,2	1	0,80	4,16	1,25	1,25	0,31	0
28/10/2016	72	3,5	1,3	0,85	2,98	0,89	0,89	0,22	0
29/10/2016	73	3,8	1,6	0,85	3,23	0,97	0,97	0,24	0
30/10/2016	62	6,1	2,3	0,75	4,58	1,37	1,37	0,34	0
31/10/2016	67	6,2	2,6	0,75	4,65	1,40	1,40	0,35	0
01/11/2016	63	5,8	1,3	0,80	4,64	1,39	1,39	0,35	0

Tabla 8: Parámetros climáticos para la etapa de desarrollo en *Amaranthus hypocondriacus*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m2	Precipitación mm/día
02/11/2016	60	5,6	1,3	0,80	4,48	1,34	1,34	2,5
03/11/2016	80	2,5	0,6	0,85	2,13	0,64	0,64	0
04/11/2016	79	2,4	0	0,85	2,04	0,61	0,61	0,3
05/11/2016	81	2,8	0,6	0,85	2,38	0,71	0,71	0,6
06/11/2016	80	4,3	1	0,85	3,66	1,10	1,10	0,3
07/11/2016	67	5,5	0,6	0,80	4,40	1,32	1,32	0
08/11/2016	67	5,1	0,6	0,80	4,08	1,22	1,22	0
09/11/2016	70	5,7	1,6	0,80	4,56	1,37	1,37	1,3
10/11/2016	73	5,5	1,3	0,85	4,68	1,40	1,40	6,4
11/11/2016	80	2,6	0,3	0,85	2,21	0,66	0,66	0
12/11/2016	67	5,1	1,3	0,80	4,08	1,22	1,22	0
13/11/2016	64	5,4	1,3	0,85	4,59	1,38	1,38	0
14/11/2016	71	4,8	1	0,85	4,08	1,22	1,22	0
15/11/2016	56	7,3	1,6	0,80	5,84	1,75	1,75	0
16/11/2016	47	7,2	1	0,80	5,76	1,73	1,73	0
17/11/2016	57	5,4	1,3	0,80	4,32	1,30	1,30	0
18/11/2016	63	4,9	1,6	0,80	3,92	1,18	1,18	0
19/11/2016	71	4,5	0,6	0,85	3,83	1,15	1,15	0
20/11/2016	44	7,0	1,3	0,80	5,60	1,68	1,68	0
21/11/2016	50	5,9	1,6	0,80	4,72	1,42	1,42	0
22/11/2016	56	5,8	2	0,75	4,35	1,31	1,31	0
23/11/2016	71	4,3	1,3	0,85	3,66	1,10	1,10	0
24/11/2016	69	3,4	0,6	0,80	2,72	0,82	0,82	8,5
25/11/2016	81	2,5	1	0,85	2,13	0,64	0,64	1,4
26/11/2016	74	3,7	1	0,85	3,15	0,94	0,94	0

27/11/2016	69	5,4	1,3	0,80	4,32	1,30	1,30	0
28/11/2016	65	4,6	2	0,80	3,68	1,10	1,10	0
29/11/2016	77	2,9	2	0,80	2,32	0,70	0,70	6,7
30/11/2016	73	4,2	1,6	0,85	3,57	1,07	1,07	0
01/12/2016	75	3,1	1,6	0,85	2,64	0,79	0,79	0
02/12/2016	75	2,7	1	0,85	2,30	0,69	0,69	1,3
03/12/2016	78	3,4	0,6	0,85	2,89	0,87	0,87	2,3
04/12/2016	68	4,2	0,6	0,80	3,36	1,01	1,01	1,2
05/12/2016	70	4,6	1	0,80	3,68	1,10	1,10	0
06/12/2016	70	4,6	2	0,75	3,45	1,04	1,04	0
07/12/2016	73	5,5	1,6	0,85	4,68	1,40	1,40	2
08/12/2016	69	4,6	1,6	0,80	3,68	1,10	1,10	0
09/12/2016	61	5,6	1	0,80	4,48	1,34	1,34	0
10/12/2016	62	4,7	1,3	0,80	3,76	1,13	1,13	0
11/12/2016	65	5	1,3	0,80	4,00	1,20	1,20	0
12/12/2016	66	4	1	0,80	3,20	0,96	0,96	0
13/12/2016	73	3,9	1,6	0,85	3,32	0,99	0,99	0
14/12/2016	62	4,8	1,6	0,80	3,84	1,15	1,15	3,7
15/12/2016	84	1,2	0,7	0,85	1,02	0,31	0,31	2,2
16/12/2016	91	0,9	0,7	0,85	0,77	0,23	0,23	1,3
17/12/2016	77	3,2	0,7	0,85	2,72	0,82	0,82	0
18/12/2016	74	3,7	1	0,85	3,15	0,94	0,94	0
19/12/2016	76	3,7	0,3	0,85	3,15	0,94	0,94	0
20/12/2016	73	2,2	1	0,85	1,87	0,56	0,56	0,4
21/12/2016	65	4,3	2	0,75	3,23	0,97	0,97	0
22/12/2016	61	4,7	1,3	0,80	3,76	1,13	1,13	0
23/12/2016	60	5,6	1,7	0,80	4,48	1,34	1,34	0
24/12/2016	71	4,3	0,7	0,85	3,66	1,10	1,10	1,2
25/12/2016	73	2,7	0	0,85	2,30	0,69	0,69	0,5

26/12/2016	70	2,6	0,3	0,80	2,08	0,62	0,62	0
27/12/2016	64	5,1	1,7	0,80	4,08	1,22	1,22	2,2
28/12/2016	75	4,2	2	0,80	3,36	1,01	1,01	0
29/12/2016	70	4,6	2	0,75	3,45	1,04	1,04	2,7
30/12/2016	81	3,2	1,3	0,85	2,72	0,82	0,82	0,1
31/12/2016	71	2,8	1	0,85	2,38	0,71	0,71	0
01/01/2017	76	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	4

Tabla 9: Parámetros climáticos etapa de floración para *Amaranthus hypocondriacus*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m ²	Precipitación mm/día
02/01/2017	82	1,9	1,3	0,80	1,52	0,46	0,46	0,6
03/01/2017	67	4,9	3,3	0,75	3,68	1,10	1,10	0
04/01/2017	68	3,2	2	0,75	2,40	0,72	0,72	1,8
05/01/2017	79	5,1	0,7	0,85	4,34	1,30	1,30	19,5
06/01/2017	83	1,2	1,3	0,85	1,02	0,31	0,31	2,6
07/01/2017	81	2,8	2	0,80	2,24	0,67	0,67	0
08/01/2017	73	4	1,3	0,85	3,40	1,02	1,02	1,9
09/01/2017	84	3,4	1,3	0,85	2,89	0,87	0,87	7,2
10/01/2017	94	1	0,7	0,85	0,85	0,26	0,26	3,7
11/01/2017	76	4,5	1	0,85	3,83	1,15	1,15	0,9
12/01/2017	75	5,2	0,3	0,85	4,42	1,33	1,33	0,7
13/01/2017	78	3,7	0,7	0,85	3,15	0,94	0,94	0,2
14/01/2017	75	2,6	2,3	0,80	2,08	0,62	0,62	1,9
15/01/2017	80	1,7	0,7	0,85	1,45	0,43	0,43	0
16/01/2017	63	5,5	2,3	0,75	4,13	1,24	1,24	0
17/01/2017	67	6,1	1,3	0,80	4,88	1,46	1,46	0
18/01/2017	62	5,3	2,3	0,75	3,98	1,19	1,19	0
19/01/2017	62	5	1	0,80	4,00	1,20	1,20	0
20/01/2017	81	3,4	2,3	0,80	2,72	0,82	0,82	20
21/01/2017	87	1,3	0,7	0,85	1,11	0,33	0,33	2,4
22/01/2017	72	4	0,7	0,85	3,40	1,02	1,02	0
23/01/2017	53	5,3	1,7	0,80	4,24	1,27	1,27	0
24/01/2017	55	6	1,7	0,80	4,80	1,44	1,44	0

25/01/2017	78	2,8	1	0,85	2,38	0,71	0,71	0
26/01/2017	75	1,8	1,3	0,85	1,53	0,46	0,46	0,6
27/01/2017	76	2,4	2,7	0,80	1,92	0,58	0,58	0,6
28/01/2017	89	3,3	3,3	0,80	2,64	0,79	0,79	1,4
29/01/2017	79	2,1	1,3	0,85	1,79	0,54	0,54	0
30/01/2017	72	4	2,3	0,80	3,20	0,96	0,96	0,8
31/01/2017	77	3,4	0,7	0,85	2,89	0,87	0,87	0
01/02/2017	69	4	2,7	0,75	3,00	0,90	0,90	4,2
02/02/2017	76	3,6	1,3	0,85	3,06	0,92	0,92	0,8
03/02/2017	78	3,2	1	0,85	2,72	0,82	0,82	1,5
04/02/2017	78	3,7	0,7	0,85	3,15	0,94	0,94	3,6
05/02/2017	83	0,6	2	0,80	0,48	0,14	0,14	0,8
06/02/2017	82	0,7	1,7	0,85	0,60	0,18	0,18	0,9
07/02/2017	78	1,7	1,3	0,85	1,45	0,43	0,43	0
08/02/2017	67	4,4	2	0,75	3,30	0,99	0,99	0
09/02/2017	73	3,2	0,7	0,80	2,56	0,77	0,77	0
10/02/2017	65	5	1,3	0,80	4,00	1,20	1,20	1,9
11/02/2017	75	2,9	1,7	0,85	2,47	0,74	0,74	0
12/02/2017	73	4,1	2,3	0,80	3,28	0,98	0,98	0
13/02/2017	71	4,9	1,7	0,85	4,17	1,25	1,25	0,2
14/02/2017	73	2,3	0	0,85	1,96	0,59	0,59	0
15/02/2017	78	2,1	1	0,85	1,79	0,54	0,54	0,1
16/02/2017	83	2,7	1,7	0,85	2,30	0,69	0,69	1,6
17/02/2017	81	2,8	1,3	0,85	2,38	0,71	0,71	0
18/02/2017	72	3,3	2	0,80	2,64	0,79	0,79	0,4
19/02/2017	68	6,7	2,3	0,75	5,03	1,51	1,51	0
20/02/2017	66	4,5	2	0,75	3,38	1,01	1,01	2,4
21/02/2017	77	6,3	1,7	0,85	5,36	1,61	1,61	22,6
22/02/2017	92	1,6	1	0,85	1,36	0,41	0,41	0,9

23/02/2017	81	1,5	1	0,85	1,28	0,38	0,38	8,4
24/02/2017	84	4,1	1	0,85	3,49	1,05	1,05	3,7
25/02/2017	92	1,9	0,3	0,85	1,62	0,48	0,48	12,3
26/02/2017	85	2,4	1,3	0,85	2,04	0,61	0,61	0,8
27/02/2017	79	1,7	0,7	0,85	1,45	0,43	0,43	0,5
28/02/2017	75	4	1,3	0,85	3,40	1,02	1,02	0
01/03/2017	79	6,9	1,3	0,85	5,87	1,76	1,76	0
02/03/2017	82	1,3	1	0,85	1,11	0,33	0,33	0,6
03/03/2017	82	2,7	1	0,85	2,30	0,69	0,69	1,7
04/03/2017	80	2,7	1,3	0,85	2,30	0,69	0,69	0,1
05/03/2017	76	1,7	2	0,80	1,36	0,41	0,41	0
06/03/2017	78	3	3	0,80	2,40	0,72	0,72	0,2
07/03/2017	78	1,5	1,7	0,85	1,28	0,38	0,38	0
08/03/2017	76	4,4	1	0,85	3,74	1,12	1,12	0
09/03/2017	79	2,4	0,3	0,85	2,04	0,61	0,61	1
10/03/2017	87	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0,1
11/03/2017	77	1,3	0,7	0,85	1,11	0,33	0,33	2,1
12/03/2017	82	3	0,7	0,85	2,55	0,77	0,77	2,7
13/03/2017	76	4,1	1,7	0,85	3,49	1,05	1,05	4,9
14/03/2017	89	3,9	0,3	0,85	3,32	0,99	0,99	9,4
15/03/2017	87	2,3	1	0,85	1,96	0,59	0,59	0
16/03/2017	86	4	1,3	0,85	3,40	1,02	1,02	8,4
17/03/2017	85	1,3	1	0,85	1,11	0,33	0,33	0,5
18/03/2017	78	4,3	1,3	0,85	3,66	1,10	1,10	3,3
19/03/2017	85	2,3	0,3	0,85	1,96	0,59	0,59	0,7
20/03/2017	83	3,8	1,3	0,85	3,23	0,97	0,97	0,7
21/03/2017	82	3,4	3	0,80	2,72	0,82	0,82	0
22/03/2017	76	4,9	0,3	0,85	4,17	1,25	1,25	0,4
23/03/2017	72	3,6	0,7	0,85	3,06	0,92	0,92	0,4

24/03/2017	83	3,4	2,7	0,80	2,72	0,82	0,82	2,5
25/03/2017	78	2,5	1	0,85	2,13	0,64	0,64	3,2
26/03/2017	87	3,6	1,7	0,85	3,06	0,92	0,92	10,2
27/03/2017	86	2,7	1	0,85	2,30	0,69	0,69	1,5
28/03/2017	76	4,4	0,7	0,85	3,74	1,12	1,12	3,5
29/03/2017	76	3,5	0,7	0,85	2,98	0,89	0,89	0

Tabla 10: Parámetros climáticos etapa final para *Amaranthus hypocondriacus*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m ²	Precipitación mm/día
30/03/2017	74	4,5	1,3	0,85	3,83	1,15	1,15	7,2
31/03/2017	96	0,7	0	0,85	0,60	0,18	0,18	23,6
01/04/2017	81	2,5	0,7	0,85	2,13	0,64	0,64	0,2
02/04/2017	84	1,1	0,7	0,85	0,94	0,28	0,28	0
03/04/2017	86	1,9	1,3	0,85	1,62	0,48	0,48	0,5
04/04/2017	78	2,1	0,7	0,85	1,79	0,54	0,54	0,9
05/04/2017	82	2,2	2,7	0,80	1,76	0,53	0,53	0
06/04/2017	82	1,6	0,7	0,85	1,36	0,41	0,41	4,2
07/04/2017	82	2,2	0,3	0,85	1,87	0,56	0,56	0,1
08/04/2017	78	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0
09/04/2017	81	2,8	0,7	0,85	2,38	0,71	0,71	1,5
10/04/2017	79	4,7	1,7	0,85	4,00	1,20	1,20	0,4
11/04/2017	77	3,7	0,7	0,85	3,15	0,94	0,94	1,7
12/04/2017	81	4,2	1,7	0,85	3,57	1,07	1,07	0,9
13/04/2017	84	2,2	2,7	0,80	1,76	0,53	0,53	0
14/04/2017	82	3,9	2,7	0,80	3,12	0,94	0,94	1,4
15/04/2017	86	0,6	0,7	0,85	0,51	0,15	0,15	0,5
16/04/2017	81	3,7	1,3	0,85	3,15	0,94	0,94	0
17/04/2017	75	2,4	2,3	0,80	1,92	0,58	0,58	0,6
18/04/2017	80	4	1	0,85	3,40	1,02	1,02	0
19/04/2017	89	2,1	1	0,85	1,79	0,54	0,54	9,1
20/04/2017	86	3,2	1,3	0,85	2,72	0,82	0,82	19,6
21/04/2017	80	3,1	0,3	0,85	2,64	0,79	0,79	0

22/04/2017	76	4,2	2,3	0,80	3,36	1,01	1,01	2,2
23/04/2017	82	4,2	0,7	0,85	3,57	1,07	1,07	3,7
24/04/2017	80	4,3	0,7	0,85	3,66	1,10	1,10	1,9
25/04/2017	73	4,4	0,3	0,85	3,74	1,12	1,12	2,2
26/04/2017	79	4,3	3	0,80	3,44	1,03	1,03	2
27/04/2017	77	3,3	0,7	0,85	2,81	0,84	0,84	0
28/04/2017	79	3,1	1,3	0,85	2,64	0,79	0,79	0,8
29/04/2017	85	2,1	2,3	0,80	1,68	0,50	0,50	0,8
30/04/2017	89	1,5	0,3	0,85	1,28	0,38	0,38	0,3
01/05/2017	81	2,9	2,7	0,80	2,32	0,70	0,70	9,9
02/05/2017	85	2	1,7	0,85	1,70	0,51	0,51	0
03/05/2017	85	2,4	1,3	0,85	2,04	0,61	0,61	12,9
04/05/2017	84	2,7	1,7	0,85	2,30	0,69	0,69	0
05/05/2017	85	2,3	1,7	0,85	1,96	0,59	0,59	2,9
06/05/2017	82	3,2	0,7	0,85	2,72	0,82	0,82	10
07/05/2017	82	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0
08/05/2017	80	3,3	1,3	0,85	2,81	0,84	0,84	0
09/05/2017	80	2,6	1,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0,9
10/05/2017	94	0,9	1	0,85	0,77	0,23	0,23	9,8
11/05/2017	86	2,2	0,7	0,85	1,87	0,56	0,56	1
12/05/2017	82	2,3	1	0,85	1,96	0,59	0,59	3,1
13/05/2017	79	4,7	0,7	0,85	4,00	1,20	1,20	18,8
14/05/2017	87	1,2	0,7	0,85	1,02	0,31	0,31	15,1
15/05/2017	85	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0
16/05/2017	76	3,2	1	0,85	2,72	0,82	0,82	1,7
17/05/2017	78	4,4	1,7	0,85	3,74	1,12	1,12	0
18/05/2017	78	3,7	1,7	0,85	3,15	0,94	0,94	0
19/05/2017	76	3	1,7	0,85	2,55	0,77	0,77	0
20/05/2017	85	2,6	0	0,85	2,21	0,66	0,66	2,8

21/05/2017	81	2,4	0,7	0,85	2,04	0,61	0,61	7,3
22/05/2017	80	2,8	0,7	0,85	2,38	0,71	0,71	0,1
23/05/2017	81	2,6	2,3	0,80	2,08	0,62	0,62	0
24/05/2017	78	3,2	2,7	0,80	2,56	0,77	0,77	0
25/05/2017	77	3,5	2	0,80	2,80	0,84	0,84	0

Tabla 11: Parámetros climáticos etapa 1 para *Amaranthus quitensis*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m2	Precipitación mm/día
17/10/2016	66	6,4	3,3	0,75	4,80	1,44	1,44	0
18/10/2016	71	4,8	2	0,80	3,84	1,15	1,15	0
19/10/2016	65	4,8	1	0,80	3,84	1,15	1,15	0
20/10/2016	69	4,6	1,3	0,80	3,68	1,10	1,10	0
21/10/2016	71	4	2	0,80	3,20	0,96	0,96	0
22/10/2016	73	3,4	2,3	0,80	2,72	0,82	0,82	0,4
23/10/2016	71	2,7	2	0,80	2,16	0,65	0,65	0
24/10/2016	63	3,8	1	0,80	3,04	0,91	0,91	0
25/10/2016	69	5,3	0,6	0,80	4,24	1,27	1,27	1,3
26/10/2016	64	5,4	0,6	0,80	4,32	1,30	1,30	0
27/10/2016	61	5,2	1	0,80	4,16	1,25	1,25	0
28/10/2016	72	3,5	1,3	0,85	2,98	0,89	0,89	0
29/10/2016	73	3,8	1,6	0,85	3,23	0,97	0,97	0
30/10/2016	62	6,1	2,3	0,75	4,58	1,37	1,37	0
31/10/2016	67	6,2	2,6	0,75	4,65	1,40	1,40	0
01/11/2016	63	5,8	1,3	0,80	4,64	1,39	1,39	0
02/11/2016	60	5,6	1,3	0,80	4,48	1,34	1,34	2,5
03/11/2016	80	2,5	0,6	0,85	2,13	0,64	0,64	0
04/11/2016	79	2,4	0	0,85	2,04	0,61	0,61	0,3

Tabla 12: Parámetros climáticos etapa de desarrollo para *Amaranthus quitensis*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m ²	Precipitación mm/día
05/11/2016	81	2,8	0,6	0,85	2,38	0,71	0,71	0,6
06/11/2016	80	4,3	1	0,85	3,66	1,10	1,10	0,3
07/11/2016	67	5,5	0,6	0,80	4,40	1,32	1,32	0
08/11/2016	67	5,1	0,6	0,80	4,08	1,22	1,22	0
09/11/2016	70	5,7	1,6	0,80	4,56	1,37	1,37	1,3
10/11/2016	73	5,5	1,3	0,85	4,68	1,40	1,40	6,4
11/11/2016	80	2,6	0,3	0,85	2,21	0,66	0,66	0
12/11/2016	67	5,1	1,3	0,80	4,08	1,22	1,22	0
13/11/2016	64	5,4	1,3	0,85	4,59	1,38	1,38	0
14/11/2016	71	4,8	1	0,85	4,08	1,22	1,22	0
15/11/2016	56	7,3	1,6	0,80	5,84	1,75	1,75	0
16/11/2016	47	7,2	1	0,80	5,76	1,73	1,73	0
17/11/2016	57	5,4	1,3	0,80	4,32	1,30	1,30	0
18/11/2016	63	4,9	1,6	0,80	3,92	1,18	1,18	0
19/11/2016	71	4,5	0,6	0,85	3,83	1,15	1,15	0
20/11/2016	44	7,0	1,3	0,80	5,60	1,68	1,68	0
21/11/2016	50	5,9	1,6	0,80	4,72	1,42	1,42	0
22/11/2016	56	5,8	2	0,75	4,35	1,31	1,31	0
23/11/2016	71	4,3	1,3	0,85	3,66	1,10	1,10	0
24/11/2016	69	3,4	0,6	0,80	2,72	0,82	0,82	8,5
25/11/2016	81	2,5	1	0,85	2,13	0,64	0,64	1,4
26/11/2016	74	3,7	1	0,85	3,15	0,94	0,94	0
27/11/2016	69	5,4	1,3	0,80	4,32	1,30	1,30	0

28/11/2016	65	4,6	2	0,80	3,68	1,10	1,10	0
29/11/2016	77	2,9	2	0,80	2,32	0,70	0,70	6,7
30/11/2016	73	4,2	1,6	0,85	3,57	1,07	1,07	0
01/12/2016	75	3,1	1,6	0,85	2,64	0,79	0,79	0
02/12/2016	75	2,7	1	0,85	2,30	0,69	0,69	1,3
03/12/2016	78	3,4	0,6	0,85	2,89	0,87	0,87	2,3
04/12/2016	68	4,2	0,6	0,80	3,36	1,01	1,01	1,2
05/12/2016	70	4,6	1	0,80	3,68	1,10	1,10	0
06/12/2016	70	4,6	2	0,75	3,45	1,04	1,04	0
07/12/2016	73	5,5	1,6	0,85	4,68	1,40	1,40	2
08/12/2016	69	4,6	1,6	0,80	3,68	1,10	1,10	0
09/12/2016	61	5,6	1	0,80	4,48	1,34	1,34	0
10/12/2016	62	4,7	1,3	0,80	3,76	1,13	1,13	0
11/12/2016	65	5	1,3	0,80	4,00	1,20	1,20	0
12/12/2016	66	4	1	0,80	3,20	0,96	0,96	0
13/12/2016	73	3,9	1,6	0,85	3,32	0,99	0,99	0
14/12/2016	62	4,8	1,6	0,80	3,84	1,15	1,15	3,7
15/12/2016	84	1,2	0,7	0,85	1,02	0,31	0,31	2,2
16/12/2016	91	0,9	0,7	0,85	0,77	0,23	0,23	1,3
17/12/2016	77	3,2	0,7	0,85	2,72	0,82	0,82	0
18/12/2016	74	3,7	1	0,85	3,15	0,94	0,94	0
19/12/2016	76	3,7	0,3	0,85	3,15	0,94	0,94	0
20/12/2016	73	2,2	1	0,85	1,87	0,56	0,56	0,4
21/12/2016	65	4,3	2	0,75	3,23	0,97	0,97	0
22/12/2016	61	4,7	1,3	0,80	3,76	1,13	1,13	0
23/12/2016	60	5,6	1,7	0,80	4,48	1,34	1,34	0
24/12/2016	71	4,3	0,7	0,85	3,66	1,10	1,10	1,2
25/12/2016	73	2,7	0	0,85	2,30	0,69	0,69	0,5
26/12/2016	70	2,6	0,3	0,80	2,08	0,62	0,62	0

27/12/2016	64	5,1	1,7	0,80	4,08	1,22	1,22	2,2
28/12/2016	75	4,2	2	0,80	3,36	1,01	1,01	0
29/12/2016	70	4,6	2	0,75	3,45	1,04	1,04	2,7
30/12/2016	81	3,2	1,3	0,85	2,72	0,82	0,82	0,1
31/12/2016	71	2,8	1	0,85	2,38	0,71	0,71	0
01/01/2017	76	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	4
02/01/2017	82	1,9	1,3	0,80	1,52	0,46	0,46	0,6
03/01/2017	67	4,9	3,3	0,75	3,68	1,10	1,10	0
04/01/2017	68	3,2	2	0,75	2,40	0,72	0,72	1,8
05/01/2017	79	5,1	0,7	0,85	4,34	1,30	1,30	19,5
06/01/2017	83	1,2	1,3	0,85	1,02	0,31	0,31	2,6
07/01/2017	81	2,8	2	0,80	2,24	0,67	0,67	0
08/01/2017	73	4	1,3	0,85	3,40	1,02	1,02	1,9
09/01/2017	84	3,4	1,3	0,85	2,89	0,87	0,87	7,2
10/01/2017	94	1	0,7	0,85	0,85	0,26	0,26	3,7

Tabla 13: Parámetros climáticos etapa de floración para *Amaranthus quitensis*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m ²	Precipitación mm/día
11/01/2017	76	4,5	1	0,85	3,83	1,15	1,15	0,9
12/01/2017	75	5,2	0,3	0,85	4,42	1,33	1,33	0,7
13/01/2017	78	3,7	0,7	0,85	3,15	0,94	0,94	0,2
14/01/2017	75	2,6	2,3	0,80	2,08	0,62	0,62	1,9
15/01/2017	80	1,7	0,7	0,85	1,45	0,43	0,43	0
16/01/2017	63	5,5	2,3	0,75	4,13	1,24	1,24	0
17/01/2017	67	6,1	1,3	0,80	4,88	1,46	1,46	0
18/01/2017	62	5,3	2,3	0,75	3,98	1,19	1,19	0
19/01/2017	62	5	1	0,80	4,00	1,20	1,20	0
20/01/2017	81	3,4	2,3	0,80	2,72	0,82	0,82	20
21/01/2017	87	1,3	0,7	0,85	1,11	0,33	0,33	2,4
22/01/2017	72	4	0,7	0,85	3,40	1,02	1,02	0
23/01/2017	53	5,3	1,7	0,80	4,24	1,27	1,27	0
24/01/2017	55	6	1,7	0,80	4,80	1,44	1,44	0
25/01/2017	78	2,8	1	0,85	2,38	0,71	0,71	0
26/01/2017	75	1,8	1,3	0,85	1,53	0,46	0,46	0,6
27/01/2017	76	2,4	2,7	0,80	1,92	0,58	0,58	0,6
28/01/2017	89	3,3	3,3	0,80	2,64	0,79	0,79	1,4
29/01/2017	79	2,1	1,3	0,85	1,79	0,54	0,54	0
30/01/2017	72	4	2,3	0,80	3,20	0,96	0,96	0,8
31/01/2017	77	3,4	0,7	0,85	2,89	0,87	0,87	0
01/02/2017	69	4	2,7	0,75	3,00	0,90	0,90	4,2
02/02/2017	76	3,6	1,3	0,85	3,06	0,92	0,92	0,8

03/02/2017	78	3,2	1	0,85	2,72	0,82	0,82	1,5
04/02/2017	78	3,7	0,7	0,85	3,15	0,94	0,94	3,6
05/02/2017	83	0,6	2	0,80	0,48	0,14	0,14	0,8
06/02/2017	82	0,7	1,7	0,85	0,60	0,18	0,18	0,9
07/02/2017	78	1,7	1,3	0,85	1,45	0,43	0,43	0
08/02/2017	67	4,4	2	0,75	3,30	0,99	0,99	0
09/02/2017	73	3,2	0,7	0,80	2,56	0,77	0,77	0
10/02/2017	65	5	1,3	0,80	4,00	1,20	1,20	1,9
11/02/2017	75	2,9	1,7	0,85	2,47	0,74	0,74	0
12/02/2017	73	4,1	2,3	0,80	3,28	0,98	0,98	0
13/02/2017	71	4,9	1,7	0,85	4,17	1,25	1,25	0,2
14/02/2017	73	2,3	0	0,85	1,96	0,59	0,59	0
15/02/2017	78	2,1	1	0,85	1,79	0,54	0,54	0,1
16/02/2017	83	2,7	1,7	0,85	2,30	0,69	0,69	1,6
17/02/2017	81	2,8	1,3	0,85	2,38	0,71	0,71	0
18/02/2017	72	3,3	2	0,80	2,64	0,79	0,79	0,4
19/02/2017	68	6,7	2,3	0,75	5,03	1,51	1,51	0
20/02/2017	66	4,5	2	0,75	3,38	1,01	1,01	2,4
21/02/2017	77	6,3	1,7	0,85	5,36	1,61	1,61	22,6
22/02/2017	92	1,6	1	0,85	1,36	0,41	0,41	0,9
23/02/2017	81	1,5	1	0,85	1,28	0,38	0,38	8,4
24/02/2017	84	4,1	1	0,85	3,49	1,05	1,05	3,7
25/02/2017	92	1,9	0,3	0,85	1,62	0,48	0,48	12,3
26/02/2017	85	2,4	1,3	0,85	2,04	0,61	0,61	0,8
27/02/2017	79	1,7	0,7	0,85	1,45	0,43	0,43	0,5
28/02/2017	75	4	1,3	0,85	3,40	1,02	1,02	0
01/03/2017	79	6,9	1,3	0,85	5,87	1,76	1,76	0
02/03/2017	82	1,3	1	0,85	1,11	0,33	0,33	0,6
03/03/2017	82	2,7	1	0,85	2,30	0,69	0,69	1,7

04/03/2017	80	2,7	1,3	0,85	2,30	0,69	0,69	0,1
05/03/2017	76	1,7	2	0,80	1,36	0,41	0,41	0
06/03/2017	78	3	3	0,80	2,40	0,72	0,72	0,2
07/03/2017	78	1,5	1,7	0,85	1,28	0,38	0,38	0
08/03/2017	76	4,4	1	0,85	3,74	1,12	1,12	0
09/03/2017	79	2,4	0,3	0,85	2,04	0,61	0,61	1
10/03/2017	87	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0,1
11/03/2017	77	1,3	0,7	0,85	1,11	0,33	0,33	2,1
12/03/2017	82	3	0,7	0,85	2,55	0,77	0,77	2,7
13/03/2017	76	4,1	1,7	0,85	3,49	1,05	1,05	4,9
14/03/2017	89	3,9	0,3	0,85	3,32	0,99	0,99	9,4
15/03/2017	87	2,3	1	0,85	1,96	0,59	0,59	0
16/03/2017	86	4	1,3	0,85	3,40	1,02	1,02	8,4
17/03/2017	85	1,3	1	0,85	1,11	0,33	0,33	0,5

Tabla 14: Parámetros climáticos etapa final para *Amaranthus quitensis*

Fecha	Humedad relativa %	Evaporación mm/día	Viento m/s	Ktan "Coeficiente tanque."	ETp=Ev(A)* Ktan mm/día	ETc= Etp*Kc mm/día	Vol. L/m ²	Precipitación mm/día
18/03/2017	78	4,3	1,3	0,85	3,66	1,10	1,10	3,3
19/03/2017	85	2,3	0,3	0,85	1,96	0,59	0,59	0,7
20/03/2017	83	3,8	1,3	0,85	3,23	0,97	0,97	0,7
21/03/2017	82	3,4	3	0,80	2,72	0,82	0,82	0
22/03/2017	76	4,9	0,3	0,85	4,17	1,25	1,25	0,4
23/03/2017	72	3,6	0,7	0,85	3,06	0,92	0,92	0,4
24/03/2017	83	3,4	2,7	0,80	2,72	0,82	0,82	2,5
25/03/2017	78	2,5	1	0,85	2,13	0,64	0,64	3,2
26/03/2017	87	3,6	1,7	0,85	3,06	0,92	0,92	10,2
27/03/2017	86	2,7	1	0,85	2,30	0,69	0,69	1,5
28/03/2017	76	4,4	0,7	0,85	3,74	1,12	1,12	3,5
29/03/2017	76	3,5	0,7	0,85	2,98	0,89	0,89	0
30/03/2017	74	4,5	1,3	0,85	3,83	1,15	1,15	7,2
31/03/2017	96	0,7	0	0,85	0,60	0,18	0,18	23,6
01/04/2017	81	2,5	0,7	0,85	2,13	0,64	0,64	0,2
02/04/2017	84	1,1	0,7	0,85	0,94	0,28	0,28	0
03/04/2017	86	1,9	1,3	0,85	1,62	0,48	0,48	0,5
04/04/2017	78	2,1	0,7	0,85	1,79	0,54	0,54	0,9
05/04/2017	82	2,2	2,7	0,80	1,76	0,53	0,53	0
06/04/2017	82	1,6	0,7	0,85	1,36	0,41	0,41	4,2
07/04/2017	82	2,2	0,3	0,85	1,87	0,56	0,56	0,1
08/04/2017	78	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0
09/04/2017	81	2,8	0,7	0,85	2,38	0,71	0,71	1,5

10/04/2017	79	4,7	1,7	0,85	4,00	1,20	1,20	0,4
11/04/2017	77	3,7	0,7	0,85	3,15	0,94	0,94	1,7
12/04/2017	81	4,2	1,7	0,85	3,57	1,07	1,07	0,9
13/04/2017	84	2,2	2,7	0,80	1,76	0,53	0,53	0
14/04/2017	82	3,9	2,7	0,80	3,12	0,94	0,94	1,4
15/04/2017	86	0,6	0,7	0,85	0,51	0,15	0,15	0,5
16/04/2017	81	3,7	1,3	0,85	3,15	0,94	0,94	0
17/04/2017	75	2,4	2,3	0,80	1,92	0,58	0,58	0,6
18/04/2017	80	4	1	0,85	3,40	1,02	1,02	0
19/04/2017	89	2,1	1	0,85	1,79	0,54	0,54	9,1
20/04/2017	86	3,2	1,3	0,85	2,72	0,82	0,82	19,6
21/04/2017	80	3,1	0,3	0,85	2,64	0,79	0,79	0
22/04/2017	76	4,2	2,3	0,80	3,36	1,01	1,01	2,2
23/04/2017	82	4,2	0,7	0,85	3,57	1,07	1,07	3,7
24/04/2017	80	4,3	0,7	0,85	3,66	1,10	1,10	1,9
25/04/2017	73	4,4	0,3	0,85	3,74	1,12	1,12	2,2
26/04/2017	79	4,3	3	0,80	3,44	1,03	1,03	2
27/04/2017	77	3,3	0,7	0,85	2,81	0,84	0,84	0
28/04/2017	79	3,1	1,3	0,85	2,64	0,79	0,79	0,8
29/04/2017	85	2,1	2,3	0,80	1,68	0,50	0,50	0,8
30/04/2017	89	1,5	0,3	0,85	1,28	0,38	0,38	0,3
01/05/2017	81	2,9	2,7	0,80	2,32	0,70	0,70	9,9
02/05/2017	85	2	1,7	0,85	1,70	0,51	0,51	0
03/05/2017	85	2,4	1,3	0,85	2,04	0,61	0,61	12,9
04/05/2017	84	2,7	1,7	0,85	2,30	0,69	0,69	0
05/05/2017	85	2,3	1,7	0,85	1,96	0,59	0,59	2,9
06/05/2017	82	3,2	0,7	0,85	2,72	0,82	0,82	10
07/05/2017	82	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0
08/05/2017	80	3,3	1,3	0,85	2,81	0,84	0,84	0

09/05/2017	80	2,6	1,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0,9
10/05/2017	94	0,9	1	0,85	0,77	0,23	0,23	9,8
11/05/2017	86	2,2	0,7	0,85	1,87	0,56	0,56	1
12/05/2017	82	2,3	1	0,85	1,96	0,59	0,59	3,1
13/05/2017	79	4,7	0,7	0,85	4,00	1,20	1,20	18,8
14/05/2017	87	1,2	0,7	0,85	1,02	0,31	0,31	15,1
15/05/2017	85	2,6	0,7	0,85	2,21	0,66	0,66	0
16/05/2017	76	3,2	1	0,85	2,72	0,82	0,82	1,7
17/05/2017	78	4,4	1,7	0,85	3,74	1,12	1,12	0
18/05/2017	78	3,7	1,7	0,85	3,15	0,94	0,94	0
19/05/2017	76	3	1,7	0,85	2,55	0,77	0,77	0
20/05/2017	85	2,6	0	0,85	2,21	0,66	0,66	2,8
21/05/2017	81	2,4	0,7	0,85	2,04	0,61	0,61	7,3
22/05/2017	80	2,8	0,7	0,85	2,38	0,71	0,71	0,1
23/05/2017	81	2,6	2,3	0,80	2,08	0,62	0,62	0
24/05/2017	78	3,2	2,7	0,80	2,56	0,77	0,77	0
25/05/2017	77	3,5	2	0,80	2,80	0,84	0,84	0

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1 DATOS INFORMATIVOS

Título: “PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AMARANTO (*Amaranthus hypocondriacus*; *A. quitensis*)” APLICANDO LÁMINAS DE RIEGO DE ACUERDO A LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO”

Institución ejecutora:

Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencias Agropecuarias

Beneficiarios:

Comunidad en general

Ubicación:

Territorio Ecuatoriano

7.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Comparando entre las dos variedades de Amaranto, *A. quitensis* fue dos días más largo en su etapa inicial, nueve días más largo en la etapa de desarrollo; en la etapa de floración *A. hypocondriacus* tomó más tiempo superando a *A. quitensis* con 21 días, pero la etapa final de *A. quitensis* fue más larga por 15 días. Finalmente, y en su totalidad *A. quitensis* fue cinco días más largo que *A. hypocondriacus*.

En el transcurso de las cuatro etapas fenológicas de *A. hypocondriacus* desarrolladas en los 216 días, la precipitación acumulada para este periodo fue de 456,4 mm, con una precipitación media diaria de 2,05 mm/día, temperatura media de 14,09 °C, humedad relativa media 73,89%.

Por otro lado, en el transcurso de las cuatro etapas fenológicas de *A. quitensis* desarrolladas en los 221 días, la precipitación acumulada para este periodo fue de 456,3 mm, con una precipitación media diaria de 1,99 mm/día, temperatura media de 14,08 °C, humedad relativa media 74,02%.

En referencia al Coeficiente de cultivo (Kc) para *A. hypocondriacus*, desde el 17 de Octubre al 2 de noviembre de 2016, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, valor que se mantiene durante los 16 días en esta etapa inicial para el cultivo de *Amaranthus hypocondriacus*. Desde el 3 de noviembre del 2016 al 1 de enero de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, hasta 1.15 durante los 56 días en esta etapa de desarrollo para el cultivo de *A. hypocondriacus*. Desde el 2 de enero al 28 de marzo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 1.15 durante los 86 días en esta etapa de floración para el cultivo de *A. hypocondriacus*. Desde el 29 de marzo al 25 de mayo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 0.40 durante los 58 días en esta etapa final para el cultivo de *A. hypocondriacus*.

En referencia al Coeficiente de cultivo (Kc) para *A. quitensis*, desde el 17 de Octubre al 4 de noviembre de 2016, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, valor que se mantiene durante los 18 días en esta etapa inicial para el cultivo de *Amaranthus quitensis*. Desde el 5 de noviembre del 2016 al 10 de enero de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 0.30, hasta 1.15 durante los 65 días en esta etapa de desarrollo para el cultivo de *Amaranthus quitensis*. Desde el 11 de enero al 17 de marzo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 1.15 durante los 65 días en esta etapa de floración para el cultivo de *Amaranthus quitensis*. Desde el 18 de marzo al 29 de mayo de 2017, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) presentado es de 1.15, hasta 0.40 durante los 73 días en esta etapa final para el cultivo de *Amaranthus quitensis*.

7.3 JUSTIFICACIÓN

Esta propuesta es muy importante ya que al presentar alternativas en la transferencia de tecnología se logra hacer un aporte a la comunidad directa como beneficiaria; esto es el agricultor, mismo que mejorará de forma integral sus recursos disponibles teniendo un aprovechamiento del

recurso hídrico, realizando cálculos adecuados de riego. Así mismo la comunidad universitaria sería otro beneficiario más al ser el que impulse la expansión de este tipo de investigación y por ser quien se interesa en las oportunidades de la mejora de calidad de vida de la sociedad.

7.4 OBJETIVO

Aumentar la producción comercial de *Amaranthus hypocondriacus* y *Amaranthus quitensis*, aplicando láminas de riego de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Es factible realizar esta propuesta, porque se cuenta con los aspectos técnicos necesarios como el conocimiento del cálculo de las láminas de riego para el cultivo de amaranto. A través del punto de vista económico y financiero esta es una propuesta que no requiere de mayor inversión, ya que el agua es un recurso disponible en nuestro medio que posee una estructura de distribución organizada por turnos, y más aún se hace indispensable estudios para optimizar su aprovechamiento. Por otra parte en cuanto al factor social, esta propuesta es factible realizar, por la disposición de la sociedad agrícola en mejorar la optimización del recurso agua. La propuesta es llevadera con el ambiente, ya de esta manera optimizamos un recurso natural muy valioso en nuestro medio. Además la Universidad Técnica de Ambato por medio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, es capaz de llevar a cabo esta propuesta mediante proyectos de vinculación con la colectividad puesto que dispone de los recursos económicos, físicos y humanos.

7.6 FUNDAMENTACIÓN

En la actualidad se desconoce la duración de cada una de las etapas fenológicas del cultivo de amaranto a nivel local y nacional por parte de agricultores y técnicos agrícolas, esto dificulta calcular las necesidades hídricas de este cultivo a aplicarse mediante el riego, en consecuencia se hace indispensable conocer la duración de las etapas fenológicas que son propias para amaranto

bajo condiciones agroecológicas presentes en las áreas de investigación o estudio. Este desconocimiento del tiempo de duración de cada una de las etapas fenológicas influye directamente en los requerimientos hídricos en amaranto. Debido a la importancia que tiene la fenología en el manejo productivo, resulta indispensable realizar un estudio que detalle las necesidades hídricas de este cultivo para mejorar su rendimiento.

Las necesidades hídricas de los cultivos están relacionadas directamente entre la edad de la planta, el desarrollo tanto de la parte y la profundidad radicular parámetros que al desconocerse no permiten programar las cosechas. Por otro lado no se consigue máximos rendimientos por cuanto la aplicación del agua es deficiente o está en demasía, e inclusive perdiendo importantes recursos económicos cuando se maneja la fertirrigación.

Al amaranto es un cultivo ideal para zonas de secano, ya que su requerimiento de agua es un 40% más bajo que de otros cultivos similares de la zona como quinua y hasta un 60% menos exigente que el cultivo de papa. A pesar de ser un cultivo poco exigente a los factores hídricos, es importante determinar las etapas fenológicas de este cultivo para identificar en cuál de estas etapas se requiere aplicar mayor cantidad de agua.

La especie más conocida en nuestro país es *Amaranthus quitensis* H.B.K. conocido comúnmente como sangoracha, sangorache o ataco, y es mayormente cultivado en las provincias de Pichincha (26,2%), Tungurahua (17,7%) y Cañar (14,2%) La especie *Amaranthus hypocondriacus* L. es originaria de Mesoamérica, cuyas condiciones climáticas son más de clima cálido y seco.

El objetivo principal de esta investigación fue estudiar las etapas fenológicas de dos variedades amaranto en las condiciones agroecológicas de Querochaca.

7.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1 Preparación del terreno

Realizar arada y rastrada del suelo con el fin de desmenuzar los terrones y mejorar la aireación del suelo. La preparación del suelo se realiza de forma manual se procede a nivelar el terreno para realizar el trazado de parcelas.

7.7.2. Siembra y tiempo de siembra

Se utiliza semilla de amaranto certificada las cuales tiene un 99,89% de pureza, a una densidad de siembra de 60 cm entre surcos, 40 cm entre golpes y 5 semillas por golpe a una profundidad de 1 cm.

7.7.3. Riego

En lapso de los 176 días se aplican 10 riegos, en suelos de textura Franco arenoso. Con una frecuencia de 15 días en cultivo a campo abierto.

Aplicando las siguientes fórmulas:

$$Ln = \frac{[Cc - Pmp]}{100} * \frac{Pea}{Pew} * Hz$$

Figura 13: Fórmula para el cálculo de lámina neta (Penman-Monteith, 2010)

En donde:

Ln: Lámina neta

Cc: Capacidad de Campo

Pmp: Punto de Marchitez Permanente

Pea: Peso Específico del Suelo

Pew: Peso Específico del Agua

Hz: Altura de la raíz

$$Lb = Ln / Ef$$

En donde:

Lb: Lámina Bruta

Ln: Lámina neta

Ef: Eficiencia de Riego

N° Riego	Lb mm	m3/ha
1	10,8	108
2	12,5	125
3	14,8	148
4	15,4	154
5	18,6	186
6	20,7	207
7	21,9	219
8	23,7	237
9	24,3	243
10	26	260

7.8 ADMINISTRACIÓN

Organización General: Decanato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Aval académico: Subdecanato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ente ejecutor: DIVISO (Dirección de Vinculación con la Sociedad) Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Organización Logística: Coordinación de Carrera Ingeniería Agronómica

Organización Exposición: Jhon Ángel Illescas Carvajal