

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

---

**DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN EN EL SECTOR QUEROCHACA, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

---

**Proyecto de investigación como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

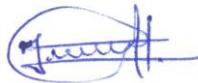
**AUTORA: IRENE DEL PILAR TOAPANTA SÁNCHEZ**

**CEVALLOS – ECUADOR**

**2016**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

La suscrita, **IRENE DEL PILAR TOAPANTA SÁNCHEZ**, portadora de la cédula de identidad número: 1803890498, libre y voluntariamente declaro que el informe final del proyecto de investigación titulado “**DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN**” EN EL SECTOR QUEROCHACA, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” es original, auténtica 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.



---

Irene Del Pilar Toapanta Sánchez

## DERECHO DE AUTOR

Al presentar este informe del proyecto de investigación titulado “**DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN EN EL SECTOR QUEROCHACA, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, 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 autora, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este informe final, o de parte de ella”.



---

Irene Del Pilar Toapanta Sánchez

“DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS Y PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN EN EL SECTOR QUEROCHACA, CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

REVISADO POR:



.....  
Ing. Agr. Mg. Alberto Gutiérrez Albán

**TUTOR**



.....  
Ing. Agr. Mg. Segundo Curay Quispe

**ASESOR DE BIOMETRÍA**

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

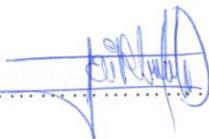


.....  
Ing. Agr. Mg. Giovanni Velástegui

PRESIDENTE

**FECHA**

14-01-2016  
.....



.....  
Ing. Agr. Mg. Jorge Artieda

14-01-2016  
.....



.....  
Ing. Agr. Mg. Luis Villacís

14-01-2016  
.....

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios, por guiarme en el camino correcto de la vida, cada día en el transcurso iluminándome en todo lo que realice de mi convivir diario.

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, que me impartieron sus conocimientos en el aula del saber y experiencias en el transcurso de mi vida Universitaria.

A mis padres y hermanos, por ser mí ejemplo para seguir adelante en el convivir diario y por sus valores que de una y otra forma han servido en la vida, gracias por estar a mi lado en cada momento hoy, mañana y siempre.

A mis profesores a quien les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A mi director de tesis el Ing. Mg. Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán por la paciencia y por guiarme en cada paso de este proyecto.

El agradecimiento especial por sus excelentes asesorías al Ing. Mg. Segundo Curay, Asesor de Biometría; Ing. Mg. Jorge Dobronski, Asesor de Redacción Técnica.

Al Ing. Arg. Mg. Giovanni Velástegui, Dr. Ph. D. Pedro Pomboza Tamaquiza, Lic. Wilma Oñate, Dra. Sonia Muñoz por las sugerencias durante la redacción de este trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres.

A Dios y a la Virgen María por estar conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres Victor Toapanta y Blanca Sánchez quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

A mis hermanas Narcisa y Lidia y mi hermano Iván quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siga adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis metas.

A mis compañeros y amigas Anabel Oñate, Vanessa Frutos, Patricia Moya, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO I</b> .....  | 1  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....   | 3  |
| REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO.....  | 3  |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....   | 3  |
| 2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.....  | 5  |
| 2.2.1. Variable independiente (Bajo condiciones de riego y Sin riego).....   | 5  |
| La evapotranspiración del cultivo ETc.....   | 5  |
| • Evapotranspiración de cultivo (ETp).....   | 5  |
| • Coeficiente de instalación (Kp) .....  | 6  |
| • Coeficiente de cultivo (Kc) .....  | 6  |
| • Balance hídrico.....   | 7  |
| 2.2.2. Variable dependiente (Días de duración de cada etapa fenológica, Profundidad radicular, Altura de la planta)..... | 7  |
| • Etapas fenológicas del cultivo .....   | 7  |
| • Profundidad radicular .....  | 8  |
| • Altura de la planta .....  | 9  |
| 2.2.3. Unidad de análisis (Cultivo de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), var. Tunkahuán) .                            | 9  |
| • Origen .....   | 9  |
| • Clasificación botánica .....   | 10 |
| • Morfología de la planta .....  | 10 |
| • Raíz .....   | 10 |
| • Tallo .....  | 11 |
| • Hojas .....  | 11 |
| • Inflorescencia .....   | 11 |
| • Flores .....   | 12 |
| • Fruto.....   | 12 |
| • Semilla .....  | 12 |
| Condiciones climáticas y edáficas.....   | 12 |
| • Preparación del terreno.....   | 12 |
| • Siembra .....  | 13 |
| • Fertilización .....  | 13 |
| • Labores culturales .....   | 13 |
| Plagas y enfermedades .....  | 14 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| •      | Plagas .....                                  | 14 |
| •      | Enfermedades .....                            | 14 |
|        | Manejo del cultivo .....                      | 14 |
| •      | Cosecha .....                                 | 14 |
|        | Labores de poscosecha .....                   | 15 |
| •      | Corte.....                                    | 15 |
| •      | Selección de panojas .....                    | 15 |
| •      | Trilla.....                                   | 16 |
| •      | Limpieza del grano .....                      | 16 |
| •      | Secado del grano .....                        | 16 |
| •      | Selección y clasificación de grano.....       | 16 |
| •      | Almacenamiento .....                          | 16 |
| •      | Eliminación de saponina .....                 | 17 |
| •      | Rendimiento de la quinua.....                 | 17 |
|        | <b>CAPÍTULO III</b> .....                     | 18 |
|        | <b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....            | 18 |
| 3.1.   | <b>HIPÓTESIS</b> .....                        | 18 |
| 3.2.   | <b>OBJETIVOS</b> .....                        | 18 |
| 3.2.1. | General .....                                 | 18 |
| 3.2.3. | Específicos .....                             | 18 |
|        | <b>CAPÍTULO IV</b> .....                      | 19 |
|        | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....             | 19 |
| 4.1.   | <b>UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO</b> .....        | 19 |
| 4.2.   | <b>CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR</b> .....        | 19 |
| 4.2.1. | Clima.....                                    | 19 |
| 4.2.2. | Suelo .....                                   | 19 |
| 4.2.3. | Agua.....                                     | 20 |
| 4.3.   | <b>EQUIPOS Y MATERIALES</b> .....             | 20 |
| 4.3.1. | Equipos .....                                 | 20 |
| 4.3.2. | Materiales de campo.....                      | 20 |
| 4.3.3. | Materiales de oficina .....                   | 20 |
| 4.4.   | <b>FACTORES DE ESTUDIO</b> .....              | 21 |
| 4.4.1. | Determinación de las etapas fenológicas ..... | 21 |
| •      | Etapas inicial.....                           | 21 |
| •      | Etapas de desarrollo del cultivo .....        | 21 |
| •      | Etapas intermedia.....                        | 22 |

|        |   |           |
|--------|---|-----------|
| •      | Etapa final .....   | 22        |
| 4.4.2. | Determinar la diferencia de profundidades radiculares del cultivo de la Quinoa con riego y sin riego.....                                 | 23        |
| 4.4.3. | Método de riego gravitacional .....   | 23        |
| 4.5.   | TRATAMIENTOS .....  | 24        |
| 4.6.   | VARIABLES DE RESPUESTA .....  | 24        |
| 4.6.1. | Datos tomados en campo.....   | 24        |
| 4.6.2. | Análisis de suelo .....   | 25        |
| 4.6.3. | Preparación del terreno.....  | 26        |
| 4.6.4. | Delimitación de parcelas .....  | 26        |
| 4.6.5. | Siembra y tiempo de siembra .....   | 26        |
| 4.6.6. | Riego.....  | 27        |
| 4.6.7. | Fertilización .....   | 27        |
| 4.6.8. | Control de malezas, raleo y aporque.....  | 29        |
| 4.6.9. | Control fitosanitario .....   | 29        |
| 4.7.   | PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN .....  | 30        |
|        | <b>CAPÍTULO V</b> .....   | <b>31</b> |
|        | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....   | <b>31</b> |
| 5.1.   | DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN.....                               | 31        |
| 5.1.1. | ETAPA INICIAL .....   | 31        |
| 5.1.2. | ETAPA DE DESARROLLO .....   | 31        |
| 5.1.3. | ETAPA INTERMEDIA .....  | 32        |
| 5.1.4. | ETAPA FINAL .....   | 32        |
| 5.2.   | COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc) DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN .....  | 35        |
| 5.2.1. | ETAPA INICIAL .....   | 37        |
| 5.2.2. | ETAPA DE DESARROLLO .....   | 38        |
| 5.2.3. | ETAPA INTERMEDIA .....  | 38        |
| 5.2.4. | ETAPA FINAL .....   | 38        |
| 5.3.   | LA PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN, BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO ..... | 38        |
| 5.3.1. | ETAPA INICIAL .....   | 40        |
| 5.3.2. | ETAPA DE DESARROLLO .....   | 40        |
| 5.3.3. | ETAPA INTERMEDIA .....  | 40        |
| 5.3.4. | ETAPA FINAL .....   | 40        |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 5.4.                                      | ALTURA DE LA PLANTA DEL CULTIVO DE QUINUA<br>( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN, BAJO CONDICIONES DE RIEGO<br>Y SIN RIEGO ..... | 41 |
| 5.4.1.                                    | ETAPA INICIAL .....  | 42 |
| 5.4.2.                                    | ETAPA DE DESARROLLO .....  | 42 |
| 5.4.3.                                    | ETAPA INTERMEDIA .....   | 42 |
| 5.4.4.                                    | ETAPA FINAL .....  | 43 |
| 5.5.                                      | RENDIMIENTO.....   | 43 |
| <b>CAPÍTULO VI</b> .....                  |  | 44 |
| CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS ..... |  | 44 |
| 6.1.                                      | CONCLUSIONES .....   | 44 |
| 6.2.                                      | BIBLIOGRAFÍA .....   | 46 |
| 6.3.                                      | ANEXOS .....   | 50 |
| <b>CAPÍTULO VII</b> .....                 |  | 72 |
| PROPUESTA.....                            |  | 72 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| TABLA 1. ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UMSA .....                         | 4  |
| TABLA 2. COEFICIENTE DE K <sub>c</sub> DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UMSA.....               | 4  |
| TABLA 3. PROFUNDIDAD RADICULAR DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.....                            | 4  |
| TABLA 4. ALTURA DE LA PLANTA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA DEL INIAP.....                      | 4  |
| TABLA 5. VALORES COMUNES DE FW PARA DISTINTOS SISTEMAS DE RIEGO.....                                 | 6  |
| TABLA 6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DE QUINUA kg/ha.....   | 14 |
| TABLA 7. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN..... | 22 |
| TABLA 8. PROFUNDIDAD RADICULAR.....  | 23 |
| TABLA 9. ALTURA DE LA PLANTA.....  | 23 |
| TABLA 10. CONDICIONES CLIMÁTICAS .....   | 24 |
| TABLA 11. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO.....  | 25 |
| TABLA 12. DELIMITACIÓN DE PARCELAS .....   | 26 |
| TABLA 13. LA PRIMERA APLICACIÓN A LOS 30 DÍAS DE LA SIEMBRA EN 250 m <sup>2</sup> .....              | 28 |
| TABLA 14. LA SEGUNDA APLICACIÓN A LOS 60 DÍAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO EN 250 m <sup>2</sup> .....  | 28 |
| TABLA 15. LA TERCERA APLICACIÓN A LOS 90 DÍAS DEL CULTIVO EN   |    |

|   |    |
|---|----|
| 250 m <sup>2</sup> .....  | 28 |
| TABLA 16. RESULTADOS DE LA DURACIÓN DE CADA UNA DE LAS CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS.....   | 33 |
| TABLA 17. PARÁMETROS CLIMÁTICOS EN LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN.....                              | 33 |
| TABLA 18. DIFERENCIA DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO..... | 39 |
| TABLA 19. DIFERENCIA DE ALTURA DE LA PLANTA DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO.....      | 41 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1. CURVA COEFICIENTE DEL CULTIVO ( $k_c$ ) DE LA QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN.....                             | 35 |
| FIGURA 2. CURVA DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ),VAR. TUNKAHUÁN CON LA PRECIPITACIÓN NATURAL.....                          | 36 |
| FIGURA 3. DESARROLLO RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN DE RIEGO Y SIN RIEGO.....                  | 39 |
| FIGURA 4. DIFERENCIA DE LA ALTURA DE LA PLANTA DEL CULTIVO DE QUINUA ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), VAR. TUNKAHUÁN CON RIEGO Y SIN RIEGO..... | 42 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| ANEXO 1. FOTOS DEL CULTIVO DE QUINUA.....  | 50 |
| ANEXO 2. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO<br>DE LA ETAPA INICIAL 23 DÍAS.....       | 56 |
| ANEXO 3. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO<br>DE LA ETAPA DE DESARROLLO 52 DÍAS..... | 59 |
| ANEXO 4. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO<br>DE LA ETAPA INTERMEDIA 55 DÍAS.....    | 64 |
| ANEXO 5. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO<br>DE LA ETAPA FINAL 53 DÍAS.....         | 68 |

## RESUMEN

El presente estudio de investigación fue la duración de etapas fenológicas y profundidad radicular de la quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán para mejorar la gestión del agua y áreas similares que se cultivan, se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca propiedad de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01° 22'02" de latitud Sur y 78° 36' 20" de longitud Oeste, la localidad se halla a 2865 msnm.

El ciclo del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, fue de 183 días, con una duración de 23 días en la etapa inicial, 52 días la etapa de desarrollo, 55 días la etapa intermedia y finalmente con 53 días la etapa final. En el transcurso de las cuatro etapas fenológicas desarrolladas en los 183 días

Con respecto a la profundidad radicular en cada una de las etapas fenológicas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, se concluye que en la etapa inicial de 2,84 cm con riego y profundidad radicular sin riego de 3,88 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 1,04 cm de profundidad. Etapa de desarrollo fue 31,64 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 37,32 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 5,68 cm la profundidad radicular. La etapa intermedia fue 37,48 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 40,08 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 2,6 cm. En la etapa final existió una diferencia 6,76 cm es decir una profundidad radicular 37,48 cm con riego y profundidad radicular sin riego de 44,40 cm de la etapa.

El rendimiento con riego fue de 4160 Kg / ha en las 5 parcelas de observación y sin riego 4320 Kg/ ha en las otras 5 parcelas. Con una diferencia de 160 kg mayor en el de sin riego y podemos decir que hay una mayor producción en las parcelas de secano esta variedad es resistente a las plagas y enfermedades.

**Palabras clave:** calendarios de cultivo, necesidades de agua en los cultivos, agricultura de secano, manejo del agua.

## SUMMARY

This study was duration of phenological stages and root depth of quinoa (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán to improve water management and similar areas grown, was performed at the Experimental Farm property Querochaca Teaching Technical University of Ambato, Faculty of Agricultural Sciences, the canton Cevallos, Tungurahua province. Its geographical coordinates are 01 ° 22'02 "south latitude and 78 ° 36' 20" west longitude, the locality is 2865 meters.

The cycle of quinoa (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán was 183 days, with a duration of 23 days in the initial stage, 52 days the development stage, the intermediate stage 55 days to 53 days and finally the final stage. During the four growth stages developed in 183 days

Regarding the root depth in each of the phenological stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, we conclude that in the initial stage of 2.84 cm irrigated and non-irrigated root depth of 3.88 cm, is a difference of 1.04 cm depth was obtained. Development stage was 31.64 cm irrigated and non-irrigated root depth of 37.32 cm, is a difference of 5.68 cm root depth was obtained. The intermediate stage was 37.48 cm irrigated and non-irrigated root depth of 40.08 cm, is a difference of 2.6 cm was obtained. There was a difference is 6.76 cm 37.48 cm depth radicular irrigated and non-irrigated root depth of 44.40 cm on the stage of the final stage.

The irrigated performance was 4160 kg / ha in 5 observation plots without irrigation 4320 Kg / ha in the other 5 plots. With a difference of 160 kg higher than in the non-irrigated and we can say that there is a higher production in rainfed plots this variety is resistant to pests and diseases.

**Keywords:** calendars crop water needs of crops, rainfed agriculture, and water management.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El cultivo andino de quinua (*Chenopodium quinoa*) es de gran importancia para las comunidades rurales, cuya alimentación se basa en el consumo, como también los ingresos económicos, garantizando la subsistencia y seguridad alimentaria, específicamente por tradición generacional. (Bonifacio 2006).

En el Ecuador, la problemática de producción del cultivo se debe a varios factores entre ellos y tal vez principalmente el de tipo social, ya que generalmente los que producen este tipo de cultivos son pequeños agricultores en pequeñas parcelas de la región sierra, que dan como resultado una baja productividad, que en su mayoría se dedica para autoconsumo de los mismos productores; entre otros aspectos que aumentan la problemática son: el clima (temperatura, precipitación, viento), suelo (pendientes pronunciadas, poco fértiles), biológicas (presencia de plagas y enfermedades, entre las que se puede identificar el mildiú) y las débiles relaciones con el entorno (acceso a servicios, intermediación, clientelismo, etc.). (INIAP 2012).

En cuanto a la profundidad radicular del cultivo andino, la determinación ayudará hacer un uso racional y eficiente del agua, a través del cálculo de la lámina de riego y la programación del riego en zonas que la pluviosidad o épocas que no sean suficientes contar con las necesidades hídricas para el cultivo. (Peralta *et al.* 2012).

En Ecuador las primeras investigaciones en quinua inician en 1983, con la recolección de la variabilidad nacional y la formación del banco de germoplasma del INIAP. El ex Programa de Cultivos Andinos de la Estación Experimental Santa Catalina fue el que inició las primeras investigaciones y después de algunos años de fitomejoramiento, liberó dos variedades de alto rendimiento; pero altas en contenido de saponina (sustancia amarga). En 1992 liberó las primeras variedades de bajo contenido de saponina “dulces” de las cuales la variedad INIAP TUNKAHUÁN continúa vigente, mientras que las otras ya no se mantienen ni se cultivan. (Peralta *et al.* 2010).

El problema fundamental de esta investigación es el desconocimiento de la duración de las etapas fenológicas y de la profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, actualmente los pequeños y los grandes productores de la sierra ecuatoriana enfrentan una serie de problemas entre las causas principales se encuentra la ausencia de programación para comercializar el producto debido al escaso desconocimiento de los indicadores para determinar las necesidades hídricas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán. Las condiciones climáticas son un factor importante en el ciclo del cultivo, ya que de ella depende la duración de las etapas fenológicas por lo tanto también para el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo y podemos determinar el coeficiente del cultivo que se encuentra en función del proceso de las etapas fenológicas. Se toman datos referenciales de otros países y de regiones distintas a nuestras condiciones climáticas debido a la falta de investigaciones nacionales y locales sobre la fenología de los cultivos de nuestra tierra. (Peralta *et al.* 2012).

En estas condiciones el cultivo de quinua hasta hace pocos años no constaba en las estadísticas de producción ni de consumo de los pequeños agricultores, las parcelas sembradas con quinua eran tan pequeñas que no ameritaban su cuantificación. En los grandes centros nacionales de consumo casi no se conocía este rubro y por supuesto nadie se imaginaba que podría ser un producto de exportación, especialmente a los Estados Unidos, Europa y Japón. (Yugcha 1988).

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

INIAF (2013), la producción del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), se ha visto desbalanceada debido al desconocimiento del manejo y duración del ciclo del cultivo, el cual resulta por la poca información propia de nuestra zona, tomando en cuenta datos que no se acercan a la realidad de nuestro medio y para calcular la demanda de agua por etapa, dando como resultado el mejoramiento de la producción y productividad en función de realizar una programación de riego para el cultivo de quinua para la comercialización, a través del ciclo del cultivo. Esto mejora el nivel de vida de los productores, debido a que una producción masiva en ciertas épocas del año ocasionará mayor oferta y disminución del precio para el agricultor.

Castillo y Bosque (2013), manifiestan que el ciclo promedio del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) comprende de 150 a 170 días, tiene un valor de 600 mm/ciclo en condiciones óptimas de desarrollo para las condiciones de la demanda evaporativa de la atmósfera en el Antiplano Boliviano; sin embargo, estos valores pueden variar en función del medio ambiente en que se desarrolle el cultivo, fundamentalmente respondiendo a la demanda evaporativa de la zona.

Garrido *et al.* (2013), la quinua es un cultivo andino destacado como un cultivo que tolera la sequía; sin embargo, existen pocos estudios que asocian la intensidad del estrés hídrico con la reducción del rendimiento. Los nueve genotipos de quinua se sometieron a dos disponibilidades hídricas (riego y secano) durante dos temporadas en la zona central de Chile, generándose cuatro ambientes diferenciados por el monto de agua recibida y su distribución durante la temporada, E1 (487,8 mm), E2 (245,9 mm), E3 (660 mm), E4 (567,1 mm). Una escasa variabilidad en el rendimiento de los genotipos en ambientes con estrés hídrico severo y una mayor variabilidad cuando no existió estrés.

Castillo y Bosque (2013), mencionan sobre la duración de las etapas de crecimiento del cultivo para distintos periodos de siembra y regiones climáticas el registro de datos que se llevaron en la Universidad Mayor de San Andrés UMSA y determinó:

TABLA 1. ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UMSA

| <b>Cultivo</b> | <b>Inicio</b> | <b>Desarrollo</b> | <b>Intermedio</b> | <b>Final</b> | <b>Total</b> |
|----------------|---------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|
| Quinoa         | 15 días       | 50 días           | 50 días           | 45 días      | 169 Días     |

Fuente: Castillo y Bosque (2013)

TABLA 2. COEFICIENTE DE (Kc) DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UMSA

| <b>Cultivo</b> | <b>Fase inicial</b> | <b>Fase de desarrollo</b> | <b>Fase final</b> |
|----------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| Quinoa         | 0,14 – 0,52         | 0,52 – 1,0                | 1,0 – 0,60        |

Fuente: Castillo y Bosque (2013)

TABLA 3. PROFUNDIDAD RADICULAR DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UMSA

| <b>Cultivo</b> | <b>Profundidad radicular (cm)</b> |
|----------------|-----------------------------------|
| Quinoa         | 0,1 – 0,60                        |

Fuente: Castillo y Bosque (2013)

TABLA 4. ALTURA DE LA PLANTA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA DEL INIAP

| <b>Cultivo</b> | <b>Altura de la planta (cm)</b> | <b>Rendimiento (kg/ha)</b> |
|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| Quinoa         | 30 - 150                        | 2000 - 3800                |

Fuente: Peralta (2009)

## 2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. Variable independiente (Bajo condiciones de riego y Sin riego)

#### La evapotranspiración del cultivo $ET_c$

FAO (2006), el uso consuntivo del agua 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 las demanda hídrica de la planta.

- **Evapotranspiración de cultivo ( $ET_p$ )**

La evapotranspiración potencial  $ET_p$  (mm/día), de un cultivo estándar o de referencia fue definido por Doorenbos & 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.

$$ET_p = EV_{(A)} * K_p$$

**Donde:**

$ET_p$ : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

$EV_{(A)}$ : Evaporación (mm/día)

$K_p$ : Coeficiente de instalación (mm/día)

Garrido *et al.* (2013), menciona que la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) puede determinarse a partir de la evapotranspiración potencial,  $ET_p$  (o evapotranspiración del cultivo de referencia), según la expresión.

$$ET_c = ET_p * K_c$$

En donde  $K_c$  es un coeficiente de cultivo adimensional que varía con el cultivo y su desarrollo vegetativo. Las unidades comunes de medida de  $ET_c$  y  $ET_p$  suelen ser mm/día, mm/mes o mm/temporada.

- **Coeficiente de instalación ( $K_p$ )**

El tanque en espacio verde o barbecho

Distancia a barlovento

Velocidad de viento

Humedad relativa media

- **Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )**

El coeficiente de cultivo,  $K_c$  toman en consideración las condiciones del viento y de la humedad relativa de la zona.

$$K_c = f_w * K_{c_{ini}}$$

**Donde:**

$K_c$ : Coeficiente de cultivo

$K_{c_{ini}}$ : Coeficiente de cultivo

$f_w$ : fracción de humedecimiento

TABLA 5. VALORES COMUNES DE  $f_w$  PARA DISTINTOS MÉTODOS DE RIEGO

| Métodos de riego  | $f_w$     |
|-------------------|-----------|
| Surcos estrechos  | 0,6...1,0 |
| Surcos anchos     | 0,4...0,6 |
| Surcos alternados | 0,3...0,5 |

Trezza R s.f.

Durante el período de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo  $K_c$  expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo. Esta variación del coeficiente  $K_c$  a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan solamente tres valores de  $K_c$ : los correspondientes a la etapa inicial ( $K_c$  ini), la etapa de mediados de temporada ( $K_c$  med) y la etapa final. (FAO 2006)

- **Balance hídrico**

Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

$$BH = ET_C - P$$

**Donde:**

**BH:** Balance hídrico (mm/día)

**ET<sub>C</sub>:** Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

**P:** Precipitación (mm)

### **2.2.2. Variable dependiente (Días de duración de cada etapa fenológica, Profundidad radicular, Altura de la planta)**

- **Etapas fenológicas del cultivo**

Tapia y Fries (2007), señalan que la fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente. En este sentido, la realización de las observaciones fenológicas, consideradas importantes, son la base para la implementación de todo sistema agrícola, permitiendo a los productores agrarios obtengan con su aplicación una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades

agrícolas conducentes a incrementar la productividad y producción de los cultivos. Además, las observaciones agrometeorológicas permiten evaluar la interacción de un cultivo con su medio ambiente físico para poder conocer sus condiciones climáticas y requerimientos hídricos adecuados; estos conocimientos son necesarios en el uso de modelos agroclimáticos, en el diseño y la planificación de riegos, en la programación de siembras y cosechas, en zonificaciones agroclimáticas, entre otros.

Gandarillas (1989), la duración de las fases fenológicas depende mucho de las condiciones edáficas y factores medio ambientales de la zona de cultivo, que se presenta en cada campaña agrícola. Por ejemplo, si se presentan precipitaciones largas y continuas durante los 4 meses de enero, febrero, marzo y abril, sin presentar veranillos, las fases fenológicas se alargan y por lo tanto el periodo vegetativo es mayor y la producción disminuye. Cuando hay presencia de veranillos sin heladas, la duración de las fases fenológicas se acorta y el periodo vegetativo es menor, mejorándose la cosecha. También influye la duración de la humedad del suelo, por ejemplo en un suelo franco arcilloso, las fases fenológicas se alargan debido al alto contenido de humedad en el suelo por su alta capacidad de retener agua; en cambio en un suelo franco arenoso sucede todo lo contrario.

- **Profundidad radicular**

Nieto, *et al.* (1992), señala que las plantas absorben el agua principalmente por medio de su sistema radicular. Es la principal zona de absorción, el desarrollo del sistema radicular tiene gran influencia en la capacidad de absorción del agua y, por consiguiente, en el rendimiento del cultivo durante su ciclo del desarrollo y producción. Las raíces cumplen un evidente rol como ancla y soporte mecánico del desarrollo aéreo y además la función crítica de absorber agua y nutrientes; pero así mismo, las raíces son relevantes en muchas especies permanentes como órganos de acumulación de nutrientes de reserva, las que le permitirán a la planta brotar a la siguiente temporada, en el caso de las especies que pierden las hojas, y suplir carencias en situaciones de estrés, como es, por ejemplo, producir una gran cantidad de fruta. Los ápices también producen fitohormonas, por ejemplo citoquinina, señal hormonal que sube a estimular el crecimiento de los órganos de la parte aérea de la planta.

Fuentes (2003), indica que la profundidad de las raíces está determinada por una serie de factores, tales como: características genéticas, características del suelo (textura, estructura, presencia de capas impermeables, etc.), nivel de agua en el suelo, nutrientes, oxígeno, etc. Cuando la planta tenga buenas condiciones de cultivo, el rendimiento del mismo no queda afectado cuando se reduce por alguna causa el sistema radicular. La absorción de agua por la planta no es uniforme en todo el volumen ocupado por las raíces del cultivo, sino que se efectúa principalmente en las capas próximas a la superficie, ahí y donde se concentra la mayor parte del sistema radicular.

- **Altura de la planta**

López (1999), manifiesta que puede alcanzar hasta 30 cm de profundidad, a partir de unos pocos centímetros del cuello comienza a ramificarse en raíces secundarias, terciarias, de las cuales salen raicillas, las que también se ramifican en varias partes, siendo algunas excesivamente largas; la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta.

### **2.2.3. Unidad de análisis (Cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán)**

- **Origen**

Peralta (2009), por sus cualidades alimenticias y medicinales la quinua fue un alimento muy apreciado por nuestras poblaciones aborígenes. Los Cañarís cultivaban la planta antes de la llegada de los españoles, a fines del siglo XVI seguía siendo uno de los alimentos preferidos que recorrió la sierra en 1548, se encontró evidencias del cultivo y del valor que tenía en la alimentación de la población. En Pasto, se halló abundante “quinio” y en Quito: Los indígenas de Ambato, para el año 1605, tenían como principal ocupación la “labranza de la tierra”, a los que eran muy aficionados, cosechando entre los productos: maíz, frisoles y quimián (quinua). En 1650 se destacan sus cualidades alimenticias, “la quinua es buena como arroz”.

Tapia (1979) y Torres (2004), afirman que la quinua es una planta autóctona de la región andina y del altiplano peruano, ha sido cultivada desde Chile hasta Colombia.

- **Clasificación botánica**

López (1999), citado por Front (1982) menciona la clasificación botánica del cultivo de la quinua.

**Reino:** Vegetal

**Subreino:** Fanerógamas

**División:** Espermatofitas

**Subdivisión:** Angiospermas

**Clase:** Dicotiledóneas

**Orden:** Centrospermas

**Familia:** Chenopodáceas

**Género:** *Chenopodium*

**Subsección:** Cellulata

**Especie:** Quinua

**Nombre binomial:** (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán

- **Morfología de la planta**

López (1999), menciona que la planta de quinua presenta una variabilidad de genotipos las cuales tiene sus propias características propias como el color de las panojas que son muy diversos, desde púrpura hasta blanco y alcanza alturas hasta de 1.5 m de altura.

- **Raíz**

López (1999), dice que la raíz puede alcanzar hasta 30 cm de profundidad es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, esto le da características de supervivencia a las condiciones adversas del medio cultivado del altiplano que son sequias, tienen sistema radicular ramificado eso impide su eliminación rápida del campo.

En algunos ecotipos de Colombia se ha observado que, en caso de fuertes vientos, la raíz no soporta el peso de la planta y esta puede volcarse. (Villavicencia *et al.* 2008).

- **Tallo**

López (1999), manifiesta que el tallo de la quinua es casi cilíndrico en la parte del cuello y anguloso desde el comienzo de las ramificaciones, posee una epidermis cutinizada, corteza firme, compacta con membranas celulósicas, interiormente contiene una medula, que a la madurez desaparece. Su diámetro puede variar desde 1 a 8 cms. La corteza del tallo esta endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas, y seca con textura esponjosa cuando maduran. Tienen diferentes coloraciones, entre las que se encuentran: verdes, verdes con axilares coloreadas o verdes con listas rojas.

- **Hojas**

Son simples, enteras, esparcidas, glabras, pecioladas, sin estípulas, pinnatinervadas, presentan oxalatos de calcio o vesículas granulosas en el envés a veces en el haz; las cuales evitan la transpiración excesiva en caso de que se presentaran sequías. En la quinua, podemos notar que la hoja está formada por una lámina y un pecíolo, los pecíolos son largos acanalados y finos, las hojas son polimorfas, las hojas inferiores son de forma romboidal o de forma triangular y las hojas superiores son lanceoladas que se ubican cerca de las panojas. Pueden tomar diferentes coloraciones que van del verde al rojo o púrpura, lo que depende de la variedad. (López 1999)

- **Inflorescencia**

López (1999), dice que es una panoja, formada por un eje central, ejes secundarios y terciarios que sostienen a los glomérulos (grupos de flores). Se pueden observar tres tipos de panojas; en la glomerulada los glomérulos nacen del eje secundario; en la amarantiforme los glomérulos nacen en los ejes terciarios; la panoja es laxa cuando los ejes son largos. Se denomina como una panoja, por el hábito de crecimiento algunas inflorescencias se difieren porque pueden ser axilares y terminales.

- **Flores**

Según López (1999), las flores de la quinua son pequeñas pueden alcanzar hasta 3mm, y pueden presentar hasta tres tipos de flores; hermafroditas (pistilo y estambres) se ubican en la parte superior del glomérulo, las pistiladas (femeninas) ubicadas en la parte inferior del glomérulo y las ultimas androesteriles (pistilo y estambres estériles).

- **Fruto**

Es un aquenio, formado por el perigonio en forma de estrella que contiene la semilla es seco e indehisciente en la mayoría de los genotipos cultivados además tiene un borde afilado, dejando caer las semillas a la madurez en los silvestres y además tienen un borde redondeado. (López 1999).

- **Semilla**

Tiene forma lenticelada, que se encuentra envuelta por el perisperma, el tamaño de la semilla (grano) se considera grande cuando el diámetro es mayor a 2mm. Var. Tunkahuán 1.7 – 2.1 mm. Los colores varían según la variedad y el estado fisiológico de la planta, así van del púrpura al rosado amarillo, del verde al amarillo pálido, etc. Los granos, cuyo color también varía (blanco, gris, rosado). Una vez que el cultivo de la quinua ha llegado a su madurez fisiológica la planta comienza a secarse y el grano a endurecerse, y es el momento de recoger la cosecha. (INIAP 2012).

Condiciones climáticas y edáficas

- **Preparación del terreno**

Nieto, *et al.* (1992), el cultivo de la quinua prospera más en suelos francos y bien drenados, no todos los suelos del altiplano son aptos para este cultivo, esta labor puede realizarse con tractor, yunta o manualmente. Es necesaria una labor de arado y una o dos de rastra para mullir o desmenuzar el suelo, si la siembra es manual o con

sembradora manual se recomienda surcar, y si la siembra es mecanizada se debe nivelar el suelo. Cuando el cultivo se realiza en sitios con exceso de humedad la siembra se debe hacer al costado o en el lomo del surco, pero si el cultivo es en zonas con escasez de agua, es conveniente sembrar al fondo del surco.

- **Siembra**

El sistema de siembra más común es en surcos para facilitar las labores de deshierba y aporque, en este caso se recomienda la distancia entre surcos para la variedad Tunkahuán de 60 a 80 cm. La siembra puede realizarse a chorro continuo o a golpes distanciados de 10 a 20 cm. También se puede sembrar en hileras sin surcar, siempre y cuando el suelo no tenga problemas con malezas y esté bien preparado. Una forma muy fácil de sembrar quinua es utilizando la sembradora manual diseñada y construida en el Programa de Cultivos Andinos. Con esta máquina, un obrero siembra en promedio 0,5 ha/día, la gran ventaja de la siembra con esta máquina es que se distribuye la densidad recomendada ( $\pm 12$  kg/ha) y a una profundidad uniforme ( $\pm 2$  cm), lo que redonda en una buena germinación y población de plantas adecuada. (Nieto, *et al.* 1992)

- **Fertilización**

Para tener un buen rendimiento del cultivo de quinua las fórmulas de fertilización aplicados al ensayo, se basaron en la recomendación del análisis de suelo obteniendo previo a la siembra para poder determinar la cantidad de nutrientes disponibles para el cultivo. (López 1999).

- **Labores culturales**

López (1999), recomienda hacer una primera deshierba entre los 30 días, luego un aporque a los 60 días, y 90 días el mismo que sirve como segunda deshierba. El aporque, es recomendado, especialmente para la variedad Tunkahuán, para evitar el volcamiento, dado el tamaño grande de la planta.

TABLA 6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DE QUINUA Kg/ha

| Días de aplicación | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|--------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| 30                 | 60  | 30                            | 20               |
| 60                 | 90  | 60                            | 50               |
| 90                 | 120 | 90                            | 80               |

Fuente: López (1999)

### Plagas y enfermedades

Wahli, (1990) e INIAP (2011), señalan las siguientes plagas y enfermedades:

- **Plagas**

#### Gusano trozador (*Agrotis ssp*)

Conocido también como yata, choclocuro, ayabala; el gusano corta los tallos de plantas tiernas a ras del suelo durante su alimentación. Atacan en la noche, durante el día permanecen ocultos bajo el suelo.

- **Enfermedades**

#### Mildiu (*Peronospora farinosa*).

Para mildiu (*Peronospora farinosa*) y mancha circular de la hoja u “ojo de gallo” (*Cercospora spp.*), en caso de que el ataque sea severo en plantas jóvenes o el tercio inferior del follaje afectado.

### Manejo del cultivo

- **Cosecha**

Esta se realiza una vez que las plantas hayan alcanzado su madurez fisiológica y estas se reconocen cuando las hojas inferiores se tornan amarillentas y caedizas dando un aspecto característico a toda la planta, así mismo el grano al ser presionado con las uñas presenta resistencia; la madurez fisiológica depende de la variedad, la cosecha se recomienda realizar en los meses de abril a mayo, cuando no hay presencia de lluvias. Si la cosecha se realiza en días de alta humedad o precipitación, se corre el riesgo de presentarse fermentaciones o el enmohecimiento en las parvas, disminuyendo la calidad del grano poniéndose amarillento y con presencia de hongos. (Tapía 1990).

La cosecha manual (con hoz) debe realizarse cuando se detecta que el grano ofrece resistencia a la presión entre las uñas. La trilla se la ejecuta golpeando las gavillas con una vara sobre lonas, carpas o plásticos. Para la cosecha mecánica se utiliza trilladoras estacionarias de cereales o maquinas combinadas.

### **Labores de poscosecha**

INIAP (2011), determina los siguientes pasos para la recolección del grano:

- **Corte**

Se realiza mediante el uso de hoces; se debe cosechar con la menor cantidad de tallo ya que este tiene mucha humedad lo que dificulta el secado de grano. Para evitar pérdidas por el desgrane, es recomendable realizar un corte en las primeras horas de la mañana. Y colocar las panojas sobre saquillos o lonas en el piso para evitar pérdida de la caída del grano o contaminación; para realizar cosecha con máquinas el lote debe estar libre de malezas.

- **Selección de panojas**

Se recomienda extenderlas sobre un plástico o manta a campo abierto, para exponerlas directamente al sol; el uso del plástico facilita recoger las panojas cuando sea necesario. Se debe procurar mover las panojas varias veces al día para facilitar la aireación y reducir el tiempo de secado. Para bajar la humedad del grano a niveles

seguros de humedad (12% a 14%), se debe secar al sol en tendales de cemento o plástico.

- **Trilla**

Se realizó manualmente golpeando las panojas, se refregó en piedras sobre el plástico. Se debe evitar la contaminación con piedras, tierra o semillas de malezas.

- **Limpieza del grano**

Se realizó mediante el venteo lo que ayuda a secar los granos y eliminar los residuos conformados por: restos de tallos, hojas, inflorescencia y flores que aún contengan humedad. Esta labor es recomendado en horas de la tarde, donde el viento es más fuerte y continuo. Se puede utilizar zaranda de 4 mm de diámetro para separar las impurezas antes del venteo.

- **Secado del grano**

Para grano comercial se debe secar al sol sobre un tendal, para semilla no se recomienda secar directamente al sol pierde la capacidad de germinación, si no bajo un techo al que ingrese luz directa.

- **Selección y clasificación de grano**

Se lo realiza con zarandas manuales, utilizando un tamiz de 2 mm para separar las impurezas grandes y un tamiz de 1.1 mm para separar el grano de primera calidad, que puede servir como semilla.

- **Almacenamiento**

Almacenar el grano en envases de tela o cabuya, en cuartos ventilados y frescos, protegidos del ataque de ratas y en lo posible de insectos.

- **Eliminación de saponina**

La variedad vigente es dulce, es decir con un contenido muy bajo de saponina, por lo que solo requiere un lavado previo a la cocción.

- **Rendimiento de la quinua**

Los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 2000 kg. /ha a 3800 kg. /ha en años buenos. (Peralta, *et al.* 2013)

## CAPÍTULO III

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

#### 3.1. HIPÓTESIS

La duración de las etapas fenológicas y la profundidad radicular para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán en la región sierra del Ecuador será igual el tiempo que se registra en el país de referencia Bolivia.

#### 3.2. OBJETIVOS

##### 3.2.1. General

- Aportar y generar datos sobre el ciclo de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán para programar la comercialización y los volúmenes de agua a aplicar en cada etapa fenológica, para ser divulgados a los agricultores y con fines educativos.

##### 3.2.3. Específicos

- Determinar la duración de cada una de las etapas fenológicas de la quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, bajo condiciones de riego y solo con la precipitación en la época del cultivo.
- Determinar la profundidad radicular de la quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, bajo condiciones de riego y sin riego.
- Evaluar el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, bajo las condiciones de riego y sin riego.
- Construir la curva (Kc) del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, con riego y sin riego.

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El presente estudio de investigación se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca propiedad de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el sector El Tambo, parroquia la Matriz perteneciente del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01° 22'02" de latitud Sur y 78° 36' 20" de longitud Oeste, la localidad se halla a 2865 msnm.

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

##### **4.2.1. Clima**

Los datos registrados en la estación meteorológica de primer orden de la Granja Experimental Docente Querochaca, ubicada en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, cantón Cevallos, corresponde a los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio. Los valores promedios en condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo del año 2015, son los siguientes: temperatura media 13,64° C, temperatura máxima 17,53 °C, temperatura mínima 8,74 °C, humedad relativa media 75,14 %, precipitación acumulada 410,8 mm y velocidad del viento 1,7 m/s. (INAMHI 2015)

##### **4.2.2. Suelo**

Foster (1990), indica que el tipo de suelo que predomina en esta zona está clasificado como Typic Vitra-depts que se caracteriza por la presencia de materiales amorfos y ceniza volcánica. Suelos con una pendiente del 2 al 8% con un relieve plano, ondulado, profundo (1,5m), textura franco arenoso con contenidos de materia orgánica media, nitrógeno bajo, fósforo medio y muy alto en potasio, la capacidad de

intercambio catiónico es baja y la saturación de bases es alta. En conclusión el nivel de fertilidad es moderado en la capa superficial y bajo en la parte profunda del suelo.

#### **4.2.3. Agua**

El agua utilizada en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato – Huachi – Pelileo de la acequia Mocha – Huachi con un pH de 7,78.

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

#### **4.3.1. Equipos**

- Balanza

#### **4.3.2. Materiales de campo**

- Semilla de quinua (*Chenopodium quínoa*), var. Tunkahuán
- Barreno
- Tractor
- Fertilizantes:
  - ✓ 18-46-00
  - ✓ Nitrato de potasio
  - ✓ Urea
- Método de riego gravitacional
- Azadón
- Rastrillo
- Estacas
- Piola
- Flexómetro

#### **4.3.3. Materiales de oficina**

- Cámara Digital

- Libreta de Apuntes
- Computadora
- Impresora
- Flash memory
- Hojas de papel bond
- Materiales de Escritorio

#### **4.4. FACTORES DE ESTUDIO**

##### **4.4.1. Determinación de las etapas fenológicas**

Tiempo de duración de cada una de las etapas fenológicas, del cultivo de desarrollo a partir de la referencia del procedimiento de la FAO-56, la misma que se describe a continuación:

- **Etapas inicial**

Esta etapa comprende el periodo de tiempo entre la fecha de siembra y la fecha en que el cultivo cubre aproximadamente un 10% del área cultivada. En esta etapa el proceso predominante es la evaporación proveniente del suelo. La duración de esta etapa depende principalmente del clima, variedad de cultivo y fecha de siembra.

- **Etapas de desarrollo del cultivo**

Esta etapa comprende desde la fecha en que el cultivo cubre el 10% del área, hasta que llegue a su máximo porcentaje de cobertura. En la práctica, la mayoría de cultivos, la máxima cobertura coincide con el inicio de la floración. En cultivos sembrados en hileras, esta etapa está indicada cuando las plantas de líneas contiguas comienzan a solaparse.

- **Etapa intermedia**

Esta etapa comienza al producirse el área máxima de cobertura y finaliza al comenzar la madurez del cultivo, indicada por la maduración de los frutos y comienzo de la caída de hojas. Es la etapa más larga en los cultivos perennes, siendo la más corta en cultivos que son cosechados frescos.

- **Etapa final**

Etapa comprendida entre el comienzo de la madurez y el final de la cosecha o total senescencia de la planta. En la etapa el valor de Kc (coeficiente de cultivo) refleja en gran parte el manejo que al cultivo cosechado, los cuales son regados frecuentemente.

TABLA 7. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN

| Concepto  | Categoría                      | Indicador | Índice |
|---|--------------------------------|-----------|--------|
| Desde la siembra y hasta la emergencia que el cultivo este el 50% +1 establecido en el campo          | Etapa Inicial                  | tiempo    | días   |
| Desde el final de la fase inicial, cuando la floración este el 50% +1 de las plantas                  | Etapa de desarrollo            | tiempo    | días   |
| Desde el final de la fase del desarrollo, y hasta el inicio de la maduración fisiológica de la panoja | Etapa de mediados de Temporada | tiempo    | días   |
| Desde el inicio de la maduración fisiológica hasta la madurez comercial del grano                     | Etapa final                    | tiempo    | días   |

Fuente: Toapanta (2015)

#### 4.4.2. Determinar la diferencia de profundidades radiculares del cultivo de la Quinoa con riego y sin riego.

Realizar cortes junto a las raíces de las plantas, descalzando al sistema radicular y con el flexómetro se mide la longitud de la profundidad de la misma. Como se muestra en la tabla 8 y en la tabla 9 adjuntó datos de altura de la planta.

TABLA 8. PROFUNDIDAD RADICULAR

| Concepto  | Categoría             | Indicador | Índice |
|---|-----------------------|-----------|--------|
| La profundidad del radicular, es la distancia desde su superficie hasta una zona en la que las raíces ya no pueden crecer | Profundidad radicular | Longitud  | cm     |

Fuente: Toapanta (2015)

TABLA 9. ALTURA DE LA PLANTA

| Concepto   | Categoría           | Indicador | Índice |
|--|---------------------|-----------|--------|
| Dimensión perpendicular desde la base del vegetal a la parte superior del mismo. | Altura de la planta | Longitud  | cm     |

Fuente: Toapanta (2015)

#### 4.4.3. Método de riego gravitacional

En la granja docente Querochaca se dispuso de parcelas demostrativas con riego gravitacional por surcos. En la tabla 10 se muestran los datos a tomarse.

TABLA. 10. CONDICIONES CLIMÁTICAS

| Concepto  | Categoría                              | Indicador | Índice |
|---|--|-----------|--------|
| Se manifiesta que la evapotranspiración de los cultivos o uso consuntivo, representa la suma de la transpiración y de la evaporación. | Condiciones de<br>Riego y<br>Sin riego | tiempo    | mm     |

Fuente: Toapanta (2015)

#### 4.5. TRATAMIENTOS

La investigación del ensayo fue la duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, bajo condiciones climáticas y de riego.

Se utilizó un esquema de cinco parcelas bajo condiciones climáticas y sin riego solo con el aporte de la precipitación que se originó en la época del cultivo y cinco con riego, cada parcela fue de 25 metros cuadrados (5x5m) para el cultivo de quinua los datos se procesó a través de medidas de tendencia central, utilizando Microsoft Excel 2013 para la interpretación de resultados.

#### 4.6. VARIABLES DE RESPUESTA

##### 4.6.1. Datos tomados en campo

Para los datos correspondientes se tomó de las 10 parcelas 5 con riego y 5 sin riego una muestra de 5 plantas por cada parcela de las cuales se registraron datos de condiciones climáticas, altura de la planta, profundidad radicular, días a la cosecha y el rendimiento de la quinua.

#### 4.6.2. Análisis de suelo

El ensayo se realizó a campo abierto en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, antes de establecer el ensayo se efectuó un análisis de suelo y se tomaron 10 submuestras de suelo con un barreno a 25 cm de profundidad de forma zig-sag, se mezclaron bien y se sacó una muestra de un kilogramo para determinar las condiciones edafológicas y químicas en el laboratorio de la facultad. Los resultados se observan en la tabla 11.

TABLA 11. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

| Análisis                           | Unidad    | Valor | Nivel             |
|------------------------------------|-----------|-------|-------------------|
| suelo: agua<br>1:2,5               |           | 6,74  | ligeramente ácido |
| C.E. extracto suelo:<br>agua 1:2,5 | mmhos/ cm | 0,19  | no salino         |
| Textura                            | Clase     |       |                   |
| Arena                              | %         |       | franco arenoso    |
| Limo                               | %         |       |                   |
| Arcilla                            | %         |       |                   |
| M.O.                               | %         | 3,89  | medio             |
| N - TOTAL                          | Ppm       | 54,3  | medio             |
| P                                  | Ppm       | 31,0  | alto              |
| K                                  | meq/100g  | 0,5   | alto              |
| Ca                                 | meq/100g  | 4,2   | alto              |
| Mg                                 | meq/100g  | 1,8   | alto              |

|         |          |      |        |
|---------|----------|------|--------|
| Cu      | Ppm      | 3    | medio  |
| Mn      | Ppm      | 4,5  | medio  |
| Zn      | Ppm      | 2    | bajo   |
| Ca/Mg   | meq/100g | 2    | óptimo |
| Mg/K    | meq/100g | 3,5  | óptimo |
| Ca+Mg/K | meq/100g | 11,8 | óptimo |

---

#### 4.6.3. Preparación del terreno

Se realizó una pasada de arado una semana antes de la siembra, con el fin de desmenuzar los terrones y mejorar la aireación del suelo, luego se procede a nivelar con la ayuda de un azadón.

#### 4.6.4. Delimitación de parcelas

Con la ayuda de estacas, cinta métrica y una piola se delimitaron cada una de las parcelas experimentales esto se muestra en la tabla 12.

TABLA 12. DELIMITACIÓN DE PARCELAS

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Largo de parcela         | 5 m     |
| Ancho de parcela         | 5 m     |
| Caminos                  | 1m      |
| Separación entre bloques | 1 m     |
| Entre hileras            | 0,80 cm |
| Entre plantas            | 0,40 cm |

#### 4.6.5. Siembra y tiempo de siembra

Se hizo en forma manual, mediante el sistema de golpe; la semilla se depositó a un costado del surco, luego de lo cual se tapó colocando una delgada capa de suelo. La semilla de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, la misma que se realizó

el 21 de enero del 2015, con una densidad de siembra de 0.80cm entre hileras y 0.40 cm entre plantas, según la literatura citada. (INIAP, 2013)

#### 4.6.6. Riego

El primer riego se realizó el 04 de febrero del 2015 de acuerdo a las necesidades edáficas, tomando en cuenta que el suelo es franco arenoso, se realizó mediante el método gravitacional por surcos. Mediante la bibliografía citada (Doorenbos y Pruitt 1975).

$$LDZr = \frac{CC - Pmp}{100} * \frac{Pea}{Pew} * Hz$$

**Donde:**

**LDZr:** Lamina neta

**CC:** Capacidad de campo

**Pmp:** Punto de marchitez permanente

**Pea:** Peso específico del suelo

**Pew:** Peso específico del agua

**Hz:** profundidad radicular

$$LDZr = \frac{14\% - 6\%}{100} * \frac{1.50 \frac{g}{cc}}{1.00 \frac{g}{cc}} * 1.00 \text{ cm}$$

$$LDZr = 12 \text{ cm}$$

$$LDZr = 1200 \text{ m}^3/\text{ha}$$

#### 4.6.7. Fertilización

La fertilización se realiza en forma edáfica en tres etapas y en cantidades uniformes para todas las parcelas; se presenta en las siguientes tablas:

TABLA 13. LA PRIMERA APLICACIÓN A LOS 30 DÍAS DE LA SIEMBRA EN 250 m<sup>2</sup>.

| <b>Fuentes</b>                         | <b>Requerimiento</b> | <b>Aplicación</b>            |
|--|----------------------|------------------------------|
| 18 – 46 – 00                           | 60 kg/ ha            | 40.75 gr/ 250 m <sup>2</sup> |
| Nitrato de potasio (NO <sub>3</sub> k) | 30 kg/ ha            | 32.25 gr/ 250 m <sup>2</sup> |
| Urea                                   | 20 kg/ ha            | 55.75 gr/ 250 m <sup>2</sup> |

Fuente: Toapanta (2015)

TABLA 14. LA SEGUNDA APLICACIÓN A LOS 60 DÍAS DE LA SIEMBRA EN 250 m<sup>2</sup>.

| <b>Fuentes</b>                         | <b>Requerimiento</b> | <b>Aplicación</b>            |
|--|----------------------|------------------------------|
| 18 – 46 – 00                           | 90 kg/ ha            | 81.5 gr/ 250 m <sup>2</sup>  |
| Nitrato de potasio (NO <sub>3</sub> k) | 60 kg/ ha            | 81 gr/ 250 m <sup>2</sup>    |
| Urea                                   | 50 kg/ ha            | 65.99 gr/ 250 m <sup>2</sup> |

Fuente: Toapanta (2015)

TABLA 15. LA TERCERA APLICACIÓN A LOS 90 DÍAS DE LA SIEMBRA EN 250 m<sup>2</sup>.

| <b>Fuentes</b>                         | <b>Requerimiento</b> | <b>Aplicación</b>             |
|--|----------------------|-------------------------------|
| 18 – 46 – 00                           | 120 kg/ ha           | 122.28 gr/ 250 m <sup>2</sup> |
| Nitrato de potasio (NO <sub>3</sub> k) | 90 kg/ ha            | 129.50 gr/ 250 m <sup>2</sup> |
| Urea                                   | 80 kg/ ha            | 76.17 gr/ 250 m <sup>2</sup>  |

Fuente: Toapanta (2015)

#### **4.6.8. Control de malezas, raleo y aporque**

La deshierba se realizó en forma manual con la ayuda de un azadón, conjuntamente con el aporque efectuando en una ocasión: la primera deshierba se realizó a los 30 días de la siembra y posteriormente la segunda a los 60 días.

El aporque es recomendado para esta variedad Tunkahuán, para evitar el volcamiento, dado el tamaño grande de la planta.

#### **4.6.9. Control fitosanitario**

- Siembra

Se aplicó la desinfección de la semilla se utilizó Vitavax 300 WP, ingrediente activo (Carboxin + Captan), polvo mojable, en una dosis de 2 g/l. Se utilizó una bomba de mochila de 20 litros.

- Aplicación a los 30 de desarrollo y 60 días de la etapa intermedia

Se aplicó Desis, ingrediente activo (deltamethrin + adictivos), dosis 0.5 cc/lit, 3 aplicaciones al follaje, concentración emulsionante.

Se aplicó Curacron, ingrediente activo (profenofos+mezcla, hidrocarburos+adictivo), dosis 0.75 cc/lit, 2 aplicaciones al suelo, concentración emulsionante.

Se aplicó Engeo, ingrediente activo (tiametoxan+lambda-cihalotrina), dosis 0.75 cc/lit, 2 aplicaciones al suelo, suspensión concentrada.

Se aplicó un fertilizante foliar Plant Prod 15-15-30, es una formula ultra soluble perfecta para engrose ya que tiene el doble de potasio en referencia al nitrógeno a una dosis de 1 libra por 20 litros de agua.

Para el control de aves, se aplicó un repelente de extracto de ajo produciendo un mal olor fuerte la dosis es 2 cc por litro de agua.

#### **4.7. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

Para procesar la información se utilizó el programa de Microsoft Excel 2013 para la interpretación de resultados con sus respectivas tablas de frecuencia, gráficos y figuras.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN

##### 5.1.1. ETAPA INICIAL

La duración de la etapa fenológica inicial para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, se estableció en 23 días (desde el 21 de enero del 2015 hasta el 12 de febrero del 2015), en las siguientes condiciones climáticas: temperatura media 13,96 °C, humedad relativa media 75,57 %, heliofania media 3,11 h/día, precipitación acumulada para este periodo: 43,70 mm y una media de 1,90 mm/día, la altura en la que se realizó la investigación es de 2865 msnm.

Castillo y Bosque (2013), mencionaron que el lapso de la etapa fenológica inicial de este cultivo fue de 15 días, según la investigación que se realizó en la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia UMSA, siendo así el tiempo mayor en 8 días, al obtenido en la investigación.

##### 5.1.2. ETAPA DE DESARROLLO

El cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) var. Tunkahuán cumplió un promedio de 52 días (13 de febrero del 2015 hasta el 5 de abril del 2015). Al comparar con la publicación de Castillo y Bosque (2013), el lapso de la etapa fenológica de desarrollo fue de 50 días en la investigación que se llevó a cabo en la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia UMSA, siendo casi similar al de la investigación ya que existe una diferencia de 2 días.

Las condiciones climáticas durante los 52 días fueron: temperatura media 14,45 °C, heliofanía media 3,96 h/día, humedad relativa media 73,62 %, precipitación acumulada para este periodo: 87,10 mm y una media diaria de 1,68 mm/día.

### **5.1.3. ETAPA INTERMEDIA**

La etapa fenológica intermedia tuvo un período de 55 días, (6 de abril del 2015 hasta el 30 de mayo del 2015). Al comparar con la información publicada por Castillo y Bosque (2013), el lapso de esta etapa tuvo una trayectoria de 50 días, de acuerdo a la investigación que se realizó en la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia UMSA, siendo el lapso de tiempo de 5 días, lo cual atribuye a la situación geográfica y los factores climáticos donde se efectuó el ensayo.

Las condiciones climáticas durante los 55 días de la duración de la etapa intermedia fueron: temperatura media 13,33 °C, heliofanía media 3,13 h/día, humedad relativa media 77,31 %, precipitación acumulada para este periodo: 79,80 mm, y una media diaria de 1,45 mm/día.

### **5.1.4. ETAPA FINAL**

La etapa fenológica final del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, fue de 53 días, (31 de mayo del 2015 hasta el 22 de Julio del 2015), si se compara con los datos publicados por Castillo y Bosque (2013), la etapa fenológica final tuvo un lapso de 45 días, de acuerdo a la investigación que se llevó a cabo en la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia UMSA, existiendo una diferencia de 8 días en la etapa final.

Durante los 53 días las condiciones climáticas de la etapa final fueron: temperatura media 10,58 °C, heliofanía media 2,91 h/día, humedad relativa media 65,02 %, precipitación acumulada para este periodo: 200,20 mm, y una media de 3,78 mm/día.

En la tabla 16 se muestra la duración de cada una de las etapas fenológicas del ensayo realizado en el cantón Cevallos Provincia de Tungurahua y comparado con los datos de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia UMSA.

El ciclo de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, fue de 183 días, con una duración de 23 días en la etapa inicial, 52 días la etapa de desarrollo, 55 días la etapa intermedia y finalmente con 53 días la etapa final. Según los datos

registrados, el ciclo de cultivo en el lugar de investigación es mayor en el ciclo con 23 días si se compara con los datos de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia UMSA 160 días, este valor obtenido en el ensayo puede inferir en la situación geográfica donde se desarrolló el ensayo por las Condiciones climáticas.

TABLA 16. RESULTADOS DE LA DURACIÓN DE CADA UNA DE LAS CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS

| <b>Cultivo</b> | <b>Inicio<br/>(días)</b> | <b>Desarrollo<br/>(días)</b> | <b>Intermedio<br/>(días)</b> | <b>Final<br/>(días)</b> | <b>Total<br/>(días)</b> | <b>Región</b>                  |
|----------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Quinua         | 15                       | 50                           | 50                           | 45                      | 160                     | Bolivia -<br>La Paz            |
| Quinua         | <b>23</b>                | <b>52</b>                    | <b>55</b>                    | <b>53</b>               | <b>183</b>              | Ecuador-<br>cantón<br>Cevallos |

Fuente: Toapanta (2015)

TABLA 17. PARÁMETROS CLIMÁTICOS EN LAS CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN

| <b>Parámetros<br/>Climáticos</b>          | <b>Etapas</b>  |                   |                   |              | <b>Total</b> | <b>Media</b> |
|---|----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
|   | <b>Inicial</b> | <b>Desarrollo</b> | <b>Intermedia</b> | <b>Final</b> |              |              |
| Precipitación<br>acumulada<br>(mm/ciclo)  | 43,70          | 87,10             | 79,80             | 200,20       | <b>410,8</b> |              |
| Precipitación<br>media diaria<br>(mm/día) | 1,90           | 1,68              | 1,45              | 3,78         | <b>8,81</b>  | 2,20         |

|                               |       |        |        |        |               |       |
|-------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------------|-------|
| Temperatura<br>media (°C)     | 13,96 | 14,45  | 13,33  | 10,58  | <b>52,32</b>  | 13,08 |
| Humedad relativa<br>media (%) | 75,57 | 73,62  | 77,31  | 65,02  | <b>291,52</b> | 72,88 |
| Heliofanía<br>(horas/ciclo)   | 71,60 | 205,70 | 172,20 | 154,00 | <b>603,5</b>  |       |
| Heliofanía media<br>(h/día)   | 3,11  | 3,96   | 3,13   | 2,91   | <b>13,11</b>  | 3,28  |

Fuente: Toapanta (2015)

En la Tabla 17, se muestra los parámetros climáticos en el que se desarrolló el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) var. Tunkahuán presentando así en la etapa inicial en 23 días una precipitación acumulada de 43,70 mm, con una temperatura media de 13,96 °C, humedad relativa media de 75,57 % y heliofanía media de 3,11 h/día.

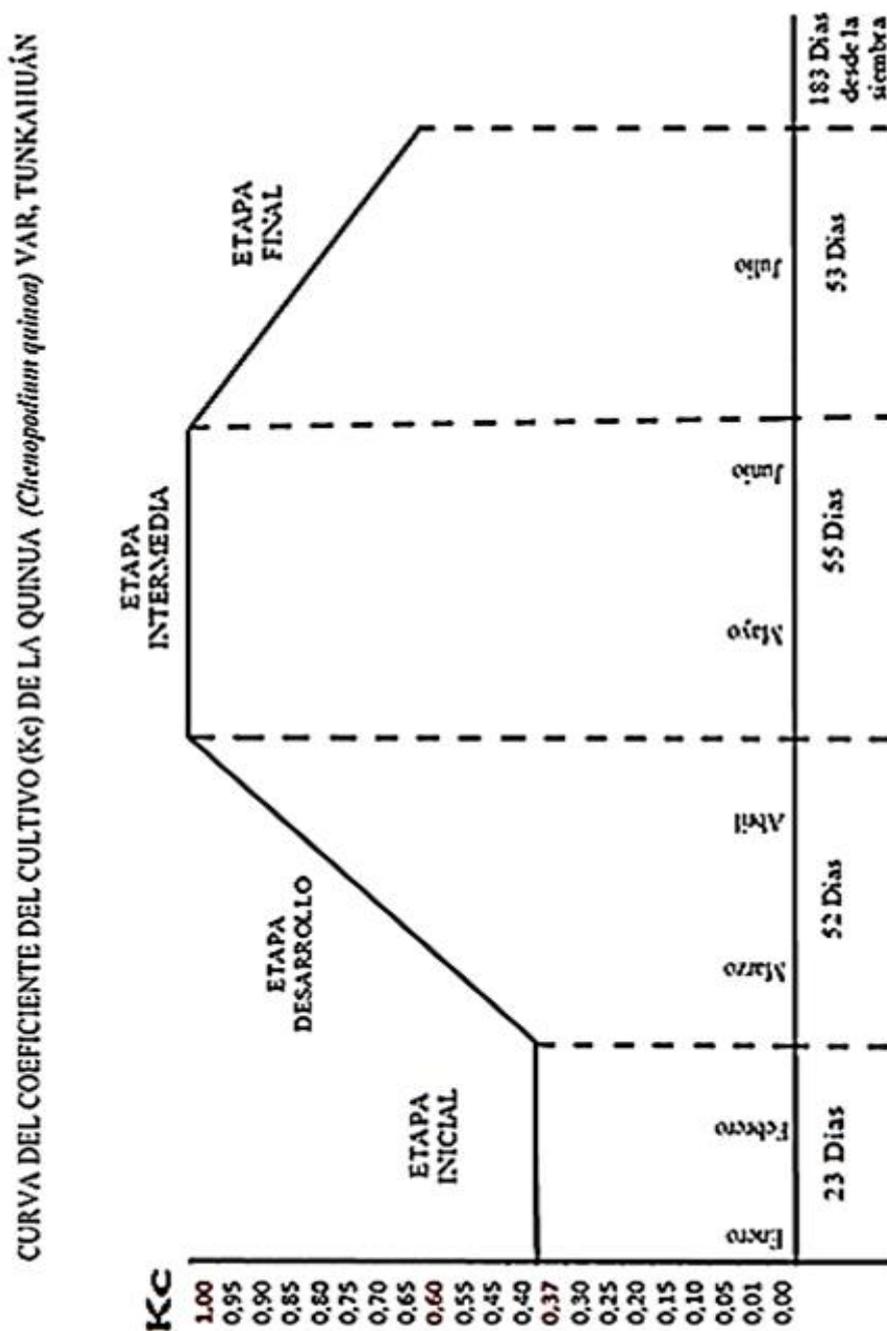
En la etapa de desarrollo de 52 días se presentaron los siguientes parámetros climáticos precipitación acumulada 87,10 mm para complementar las necesidades hídricas se aportó 3230,98 mm mediante 4 riegos, la temperatura media 14,45 °C, humedad relativa 73,62 % teniendo una variación del 2% de la etapa inicial y heliofanía media 3,96 h/día.

El estudio en la etapa intermedia en 55 días se presentan los siguientes parámetros climáticos con una precipitación acumulada de 79,80 mm para complementar las necesidades hídricas se aportó 11891,03 mm, mediante 6 riegos, temperatura media 13,33 ° C presentándose una la acumulación de 1° C en comparación con la etapa de desarrollo, humedad relativa 77,31 % aumentando 4 % en relación con la etapa anterior y heliofanía media 3,13 h/día.

En la etapa final se presentó una precipitación acumulada de 200,20 mm, temperatura media de 10,58 ° C, humedad relativa 65,02 % y heliofanía media de 2,91 h/día en un periodo de 53 días de duración de esta etapa.

En el transcurso del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var, Tunkahuán se registra las cuatro etapas fenológicas desarrolladas en los 183 días, la precipitación acumulada para este periodo fue de 410,8 mm/ciclo, con una precipitación media diaria de 2,20 mm/día, temperatura media de 13,08 °C, humedad relativa media 72,88 %, heliofanía h/ciclo 603,5 y heliofanía media de 3,28 h/día.

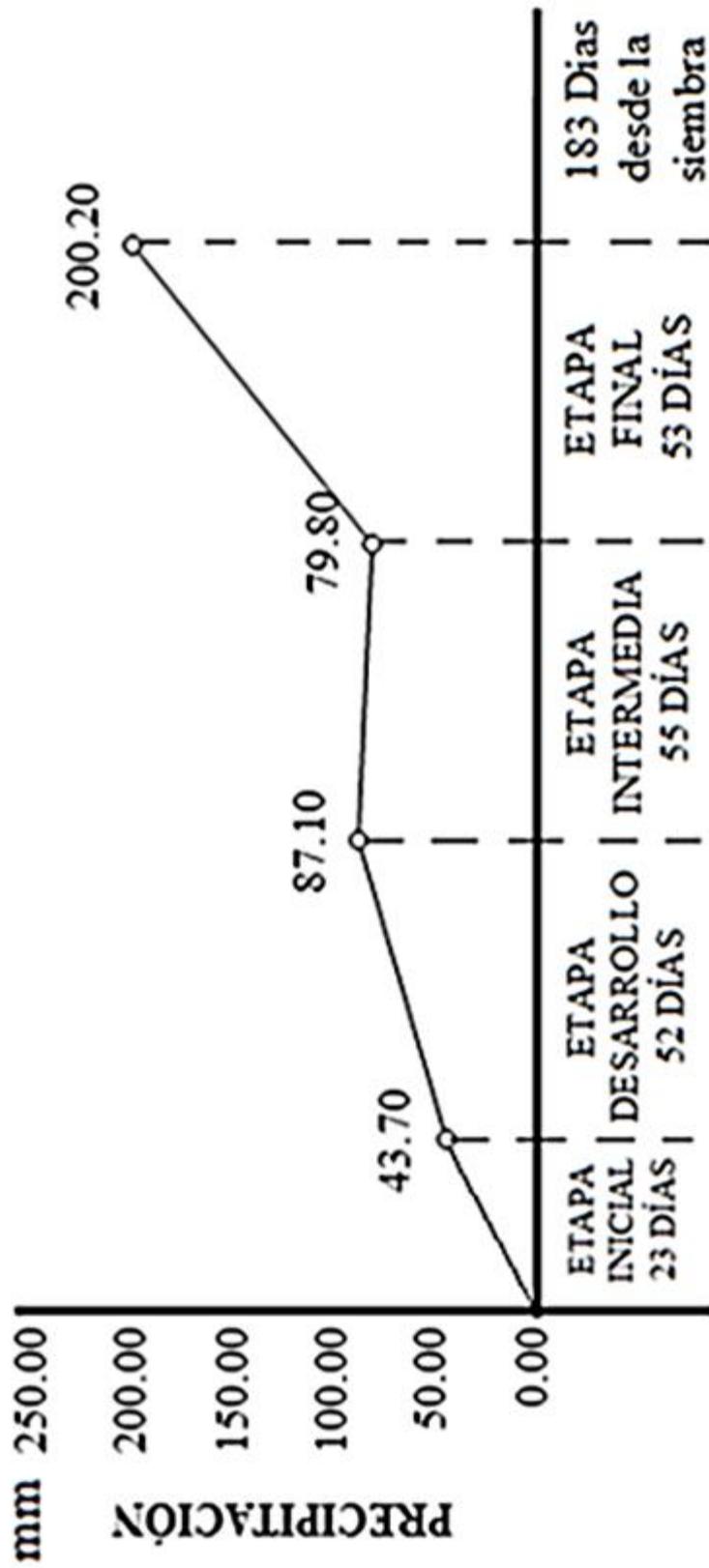
## 5.2. COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc) DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN



Fuente: Toapanta (2015)

FIGURA 1. Construcción de la curva del coeficiente del cultivo (Kc) de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán

CURVA DEL CULTIVO DE QUINUA SOLO CON PRECIPITACIÓN NATURAL



Fuente: Toapanta (2015)

FIGURA 2. Construcción de la curva del coeficiente del cultivo (Kc) de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán con la precipitación natural

La precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo es de 410,8 mm/ciclo que permite al agricultor programar la fecha de producción con mejores precios y elevar el rendimiento.

García (1984), manifiesta que es evidente que la quinua no tiene regadío, en primer lugar, porque los cultivos con los que se asocia, rara vez se benefician del riego o también por la falta de infraestructura en la mayoría de áreas de la zona es entonces, la quinua, un cultivo seco desarrollado únicamente con las precipitaciones 500 mm en el ciclo.

### 5.2.1. ETAPA INICIAL

Desde el 21 de enero del 2015 hasta el 12 de febrero del 2015, los valores de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) presentado es de 0,37 valor que se mantiene durante los 23 días en esta etapa inicial para el cultivo quinua (*Chenopodium quinoa*) var. Tunkahuán con una precipitación media de 1,90 mm/día, Velocidad de viento media 1,64 m/s, Humedad relativa media (%) 75,57.

Mediante una interpolación con una frecuencia de riego de siete días obtenemos como consecuencia un  $K_c$  de 0,73.

Se utilizó la siguiente formula:

$$K_c = fw * K_{c_{ini}}$$

$$K_c = 0,5 * 0,73$$

$$K_c = 0,37$$

**Donde:**

$K_c$ : Coeficiente de cultivo

$K_{c_{ini}}$ : Coeficiente de cultivo

$fw$ : fracción de humedecimiento en el ancho de surco 0,5 m

Obteniendo así un  $K_c$  de 0,37 para la etapa inicial del cultivo de quinua para los 23 días.

### **5.2.2. ETAPA DE DESARROLLO**

Al realizar los cálculos establecidas en los 52 días de la duración de la etapa de desarrollo, los valores de coeficiente de cultivo (Kc) registrado van ascendiendo desde 0,37 hasta 1,00 a partir del 13 de febrero del 2015 hasta el 5 de abril del 2015 con una precipitación media de 1,68 mm/día, velocidad de viento media de 1,52 m/s, humedad relativa media 73,62%.

### **5.2.3. ETAPA INTERMEDIA**

El coeficiente del cultivo (Kc) se mantuvo constante en 1,00 y tuvo una duración de 55 días, en las fechas comprendidas del 6 de abril del 2015 hasta el 30 de mayo del 2015 con una precipitación media de 1,45 mm/día, velocidad de viento media 1,51 m/s, humedad relativa media 77,31%.

### **5.2.4. ETAPA FINAL**

La etapa final termina a los 53 días a partir del 31 de mayo del 2015 hasta el 22 de julio del 2015, el coeficiente del cultivo (Kc) va descendiendo desde 1,00 hasta 0,60 durante este periodo de tiempo con una precipitación media de 3,78 mm/día, Velocidad de viento media de 1,56 m/s, Humedad relativa media 65,02%.

## **5.3. LA PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN, BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO**

INIAP (2012), enuncia que el crecimiento del sistema radical depende del nivel de abastecimiento de agua y sustancias nutritivas en el suelo. La profundidad en la cual se desarrolla esta denominada red, también depende de las condiciones climáticas; si hay sequía el desarrollo es a más profundidad, si hay humedad se acercan a la superficie del suelo.

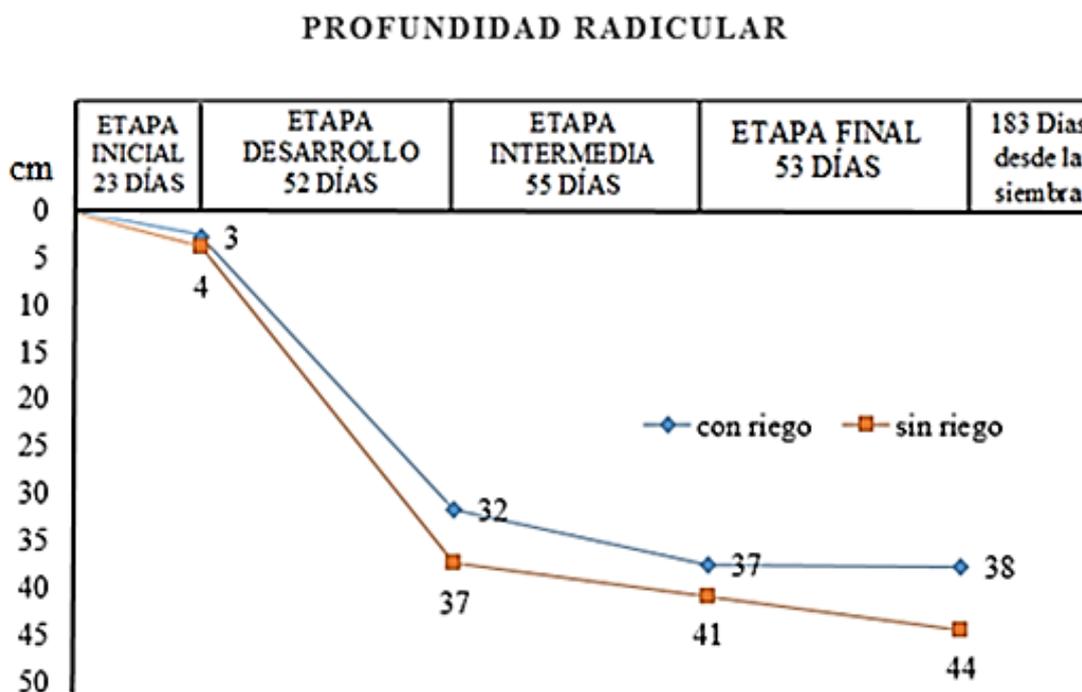
En la tabla 18 y figura 3 se detalla la diferencia de la profundidad radicular bajo condiciones de riego y sin riego.

TABLA 18. DIFERENCIA DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO

| Etapa fenológica | Duración                  | Regadío                    | Secano                     |
|------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                  | Etapas fenológicas (días) | profundidad radicular (cm) | profundidad radicular (cm) |
| Inicial          | 23                        | 3                          | 4                          |
| Desarrollo       | 52                        | 32                         | 37                         |
| Intermedia       | 55                        | 37                         | 41                         |
| Final            | 53                        | 38                         | 44                         |

Fuente: Toapanta (2015)

FIGURA 3. Desarrollo radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán de riego y sin riego.



### **5.3.1. ETAPA INICIAL**

En la etapa inicial de 23 días se presentó una profundidad radicular 3 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 4 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 1 cm, ya que en esta etapa se forman dos principales órganos el primero el sistema radical el cual se encuentra constituido por un eje principal o raíz primaria y por ramificaciones secundarias, mediante la fotosíntesis, la energía química para mantenerse y crecer hasta desarrollar las primeras hojas verdaderas.

### **5.3.2. ETAPA DE DESARROLLO**

Esta etapa comprende 52 días, el crecimiento radicular fue 32 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 37 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 5 cm la profundidad radicular ya que la colonización de la raíz hacia nuevas zonas de suelo sería por el alargamiento de la raíz primaria y las raíces secundarias. El crecimiento de las raíces terciarias y cuaternarias permitiría explorar las zonas de suelo ya colonizadas, y tendrían en consecuencia un rol importante en la absorción de nutrientes poco móviles en el suelo mientras que en el meristema apical de las partes aéreas se forma el embrión y origina las nuevas hojas, ramas y partes florales.

### **5.3.3. ETAPA INTERMEDIA**

En esta etapa existe un crecimiento rápido, donde el aumento de tamaño continúa a una velocidad constante y usualmente máxima por algún tiempo. La etapa intermedia 55 días, el crecimiento radicular fue 37 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 41 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 4 cm.

### **5.3.4. ETAPA FINAL**

La última etapa corresponde una velocidad decreciente, a medida que la planta alcanza su madurez y comienza a envejecer. En órganos de crecimiento determinado como las hojas el crecimiento se detiene, finalizando con la senescencia de la planta. En la etapa final existió una diferencia 7 cm es decir una profundidad radicular 37

cm con riego y profundidad radicular sin riego de 44 cm en el lapso de 53 días de la duración de la etapa.

#### **5.4. ALTURA DE LA PLANTA DEL CULTIVO DE QUINUA**

#### **(*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN, BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO**

En la tabla 19 y figura 4 se detalla la diferencia de la parte aérea de la planta bajo condiciones de riego y sin riego.

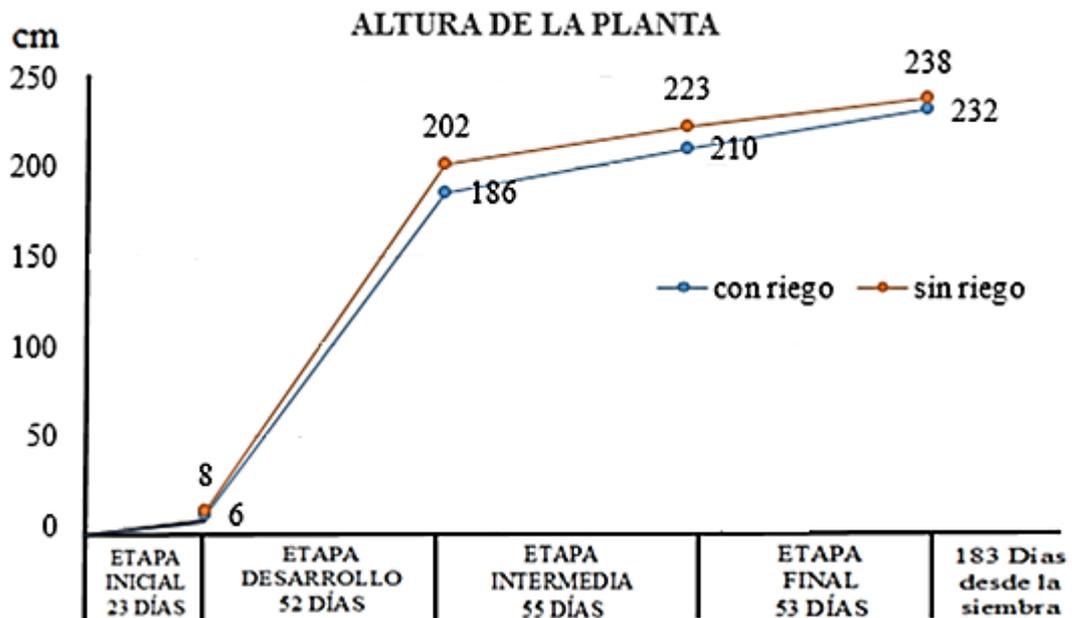
TABLA 19. DIFERENCIA DE ALTURA DE LA PLANTA DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), VAR. TUNKAHUÁN BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y SIN RIEGO

| <b>Etapa fenológica</b> | <b>Duración etapas fenológicas (días)</b> | <b>Regadío altura de la planta (cm)</b> | <b>Secano altura de la planta (cm)</b> |
|-------------------------|---|---|--|
| Inicial                 | 23  | 6                                       | 8                                      |
| Desarrollo              | 52  | 186                                     | 202                                    |
| Intermedia              | 55  | 210                                     | 223                                    |
| Final                   | 53  | 232                                     | 238                                    |

Fuente: Toapanta (2015)

FIGURA 4. Diferencia de la altura de la planta del cultivo de quinua

(*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán con riego y sin riego



#### 5.4.1. ETAPA INICIAL

En la etapa inicial 23 días se presentó una altura de 6 cm con riego y la altura sin riego 8 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 2 cm ya que en esta etapa se forman mediante la fotosíntesis, la energía química para mantenerse y crecer hasta desarrollar las primeras hojas verdaderas.

#### 5.4.2. ETAPA DE DESARROLLO

Esta etapa comprende 52 días, el crecimiento de la altura fue 186 cm con riego y una altura sin riego de 202 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 16 cm de altura en esta etapa la superficie verde del cultivo es capaz de captar la energía lumínica (capacidad de interceptar la radiación solar incidente a través del follaje verde) y la actividad de su aparato fotosintético (capacidad para convertir la radiación interceptada en asimilados, es decir, en energía química) que la planta utiliza para crecer y mantenerse.

#### 5.4.3. ETAPA INTERMEDIA

En esta etapa existe un crecimiento rápido, donde el aumento de tamaño continúa a una velocidad constante y usualmente máxima por algún tiempo. La etapa intermedia

55 días, el crecimiento de altura es 210 cm con riego y una altura sin riego de 223 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 13 cm en la que comprende dicha etapa.

#### **5.4.4. ETAPA FINAL**

Indica que la última etapa corresponde una velocidad decreciente, a medida que la planta alcanza su madurez y comienza a envejecer. En órganos de crecimiento determinado como las hojas el crecimiento se detiene. Finalizando con la senescencia de la planta. En la etapa final existió una diferencia 6 cm es decir una altura de 232 cm con riego y altura sin riego de 238 cm en el lapso de 53 días de la duración de la etapa.

#### **5.5. RENDIMIENTO**

En cuanto al rendimiento, con riego fue de 4160 Kg / ha en las 5 parcelas de (5x5) observación y sin riego 4320 Kg/ ha en las otras 5 parcelas de (5x5) llegando a la conclusión entre el rendimiento de con riego y sin riego una diferencia de 160 kg mayor en el de sin riego que nos da una visión sobre el cultivo de quinua que no necesita mucha agua y se adapta muy bien. Comparando con la bibliografía citada de Peralta. 2009 (INIAP), de 2000 – 3800 kg/ha llegado a la conclusión que la quinua es un cultivo seco que no necesita mucha agua se adapta muy bien y podemos sacar mayor producción.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

Concluida la investigación “Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán” se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

#### 6.1. CONCLUSIONES

En relación a la duración de las etapas fenológicas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, los datos obtenidos en la Granja Experimental Docente Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, perteneciente al cantón Cevallos, provincia de Tungurahua fue de 183 días, con una duración de 23 días en la etapa inicial, 52 días la etapa de desarrollo, 55 días la etapa intermedia y finalmente con 53 días la etapa final. En el transcurso de las cuatro etapas fenológicas desarrolladas en los 183 días, los parámetros climáticos fueron: la precipitación acumulada para este periodo fue de 410,8 mm/ciclo, con una precipitación media diaria de 2,20 mm/día, temperatura media de 13,08 °C, humedad relativa media 72,88%, heliofanía h/ciclo 603,5 horas y heliofanía media de 3,28 h/día.

En la construcción de la Curva del Coeficiente de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, empieza con 0,37 valores que se mantiene durante los 23 días del transcurso de la etapa inicial. En la etapa de desarrollo que tiene una duración de 52 días los valores de coeficiente de cultivo (Kc) registrado van desde 0,37 hasta 1,00 en el lapso de dicha etapa. Con respecto a la etapa intermedia el coeficiente del cultivo (Kc) permanece desde 1,00 hasta 1,00 esto quiere decir que se mantiene en los 55 días de la duración de la etapa intermedia y concluye en la etapa final con 53 días de duración, el coeficiente del cultivo (Kc) va descendiendo desde 1,00 hasta 0,60 durante este periodo de tiempo.

Con respecto a la profundidad radicular en cada una de las etapas fenológicas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, se concluye que en la etapa inicial comprende de 23 días tuvo un crecimiento promedio de 2,84 cm con riego y profundidad radicular sin riego de 3,88 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 1,04 cm de profundidad. Etapa de desarrollo 52 días, el crecimiento radicular fue 31,64 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 37,32 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 5,68 cm la profundidad radicular, ya que la colonización de la raíz hacia nuevas zonas de suelo sería por el alargamiento. La etapa intermedia 55 días, el crecimiento radicular fue 37,48 cm con riego y una profundidad radicular sin riego de 40,08 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 2,6 cm en la que comprende dicha etapa. En la etapa final existió una diferencia 6,76 cm es decir una profundidad radicular 37,48 cm con riego y profundidad radicular sin riego de 44,40 cm en el lapso de 53 días de la duración de la etapa.

La altura de la planta obtuvimos en la etapa inicial 23 días se presentó una altura de 6 cm con riego y la altura sin riego 8 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 2 cm, ya que en esta etapa se forman mediante la fotosíntesis, la energía química para mantenerse y crecer hasta desarrollarse. Etapa de desarrollo comprende 52 días, el crecimiento de la altura fue 186 cm con riego y una altura sin riego de 202 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 16 cm de altura. La etapa intermedia 55 días, el crecimiento de la altura 210 cm con riego y una altura sin riego de 223 cm, es decir se obtuvo una diferencia de 13 cm. En la etapa final existió una diferencia 6 cm es decir una altura de 232 cm con riego y altura sin riego de 238 cm en el lapso de 53 días de la duración de la etapa.

En cuanto al rendimiento, con riego fue de 4160 Kg / ha en las 5 parcelas de (5x5) observación y sin riego 4320 Kg/ ha en las otras 5 parcelas de (5x5) llegando a la conclusión entre el rendimiento de con riego y sin riego una diferencia de 160 kg mayor en el de sin riego que nos da una visión sobre el cultivo de quinua que no necesita mucha agua y se adapta muy bien. El ciclo del cultivo de quinua en secano solo con la precipitación natural fue de 410,8 mm/ciclo y comparando con la de Bolivia en el ciclo puede llegar hasta 600 mm en el ciclo con una diferencia de 189,2 mm. Y podemos decir que hay una mayor producción en las parcelas de secano esta variedad es resistente a las plagas y enfermedades.

## 6.2. BIBLIOGRAFÍA

- Bonifacio, A. 2006. El futuro de los productos andinos en la región alta y los valles centrales de los andes. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial. La Paz, Bolivia. 34 p.
- Castillo, C y Bosque, H. 2013. La quinua y la UMSA: Avances de Investigaciones Científicas. Documento científico final en conmemoración al Año Internacional de la Quinua. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia. 252 p.
- Doorenbos J; Pruitt W. 1975. Las Necesidades de agua de los cultivos. FAO. Riego y Drenaje Publicación # 24. Roma, Italia.
- FAO-56. 2006. Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar (En línea). Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Fuentes J. 2003. Técnicas de riego. Cuarta Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 16 p.
- Foster, A. 1990. Métodos aprobados en Conservación de suelos. Edición sexta. Editorial Trillas. D.F., México. 411 p.
- Gandarillas, H; Nieto, C; Castillo, R. 1989. Razas de Quinua en Ecuador. Boletín Técnico No. 67. Programa de Cultivos Andinos. INIAP. Quito, Ecuador. 23 p.
- Garrido, M; Silva, P; Silva, H.; Acevedo, E; Muñoz, R.; Baginsky, C. 2013. Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua ("Chenopodium quinoa" Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. Clasificación integrada de revistas científicas. Idesia, ISSN 0073-4675, Vol. 31, Nº. 2, Recuperado desde: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=8274> Santiago, Chile.69-76 p.

- García, M. 1984. Diagnóstico de la Situación Actual y Perspectivas de Producción de Quinoa. Riobamba. Recuperado desde: <https://books.google.com.ec/books?id=lpMzAQAAMAAJ&pg=PA75&dq=cultivo+de+quinua+secano&hl=es&sa=X&ved=0CCMQ6AEwAmoVChMI2cT79aTHyAIVC8aACh3gBw4T#v=onepage&q=cultivo%20de%20quinua%20secano&f=false>
- INIAF. 2013. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Catálogo de 274 accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa de Bolivia. Regeneración y caracterización morfológica 2011-2012. INIAF, VDRA y MDRyT. La Paz Bolivia. 330 pág. Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional: [www.iniaf.gob.bo](http://www.iniaf.gob.bo)
- INIAP. 2012. Estación Experimental Santa Catalina. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Informe anual 2011. Quito, Ecuador. 110 p.
- INAMHI. 2015. Registro anual de observaciones meteorológicas. Estación Agrometeorológica Querochaca. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato, Ecuador.
- López, A. 1999. Evaluación de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinua* will) con tres fórmulas de nitrógeno, fósforo y potasio. Tesis Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador.
- López, A. 1999. Citado por Front, Q. 1982. Botánica pintoresca. Barcelona. 700 p.
- Nieto, C; Vimos, C; Monteros, C; Caicedo. C; Rivera, M. 1992. "INIAP INGAPIRCA E INIAP TUNKAHUAN DOS VARIEDADES DE QUINUA DE BAJO CONTENIDO DE SAPONINA". Boletín Divulgativo No. 228. Programa de Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 23 p. Disponible en :

<http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INIAP%20INGAPERCA%20e%20INIAP%20TUNKAHUAN%20dos%20variedades%20de%20quinua%20de%20bajo%20contenido%20de%20saponina..pdf>

- Peralta, E. 2009. Estado del arte la quinua en Ecuador. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. Pag. 23. Disponible en: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTADO%20DEL%20ARTE%20QUINUA%202.pdf>
- Peralta, E; Mazón, N; Murillo, A; Rivera, M. 2010. INIAP Tunkahuán. Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. INIAP. Plegable N° 345. Quito, Ecuador. 6 p.
- Peralta, E; Mazón, N; Murillo,A; Rivera, M; Rodríguez, D; Lomas, L; Monar, C. 2012. Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Tercera edición. Publicación Miscelánea No. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. Pag. 68. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2015/02/MANUAL-AGRICOLA-GRANOS-ANDINOS-2012.pdf>
- Tapia, E. 1990. Cultivos Andinos; Subexplotados y su aporte a la alimentación. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Edición primera. Editorial FAO Fiat Panis. Pág. 40-58 y 138-157.
- Tapia, E. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú. 222 P.
- Trezza, R. s.f. Folleto Determinación de la Evapotranspiración de los cultivos. Universidad de Utah State. California, USA.
- Villavicencia, V, Aída; Vásquez, C; Wilson. 2008. INIAP Manual N° 73 (Guía Técnica de Cultivos). Quito, Ecuador. 44 p.

- Wahli, C. 1990. Quinoa hacia su cultivo comercial. Edición primera. Editorial Latinreco S.A. Quito, Ecuador. 195 p.
- Yugcha, T. 1988. Zonificación potencial del cultivo de quinoa en el callejón interandino del Ecuador. Quito, Ecuador. 4-5 p.

### 6.3. ANEXOS: FOTOS DEL CULTIVO DE QUINUA

**Anexo 1.** Fotos del ensayo en campo de la duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia Tungurahua.



**Delimitación de las parcelas de 5m x 5m**



**SIEMBRA DE LA QUINUA VAR. TUNKAHUÁN**



**ETAPA INICIAL A LOS 23 DÍAS**



**ETAPA DE DESARROLLO A LOS 52 DÍAS**





**ETAPA INTERMEDIA A LOS 55 DÍAS**



**ETAPA FINAL 53 DÍAS**



**COSECHA**



**SECADO DE LA PANOJA**



**TRILLA DE LAS PANOJAS PARA OBTENER EL GRANO**



**LIMPIEZA DEL GRANO**



**SECADO DEL GRANO**



**RENDIMIENTO**

**ANEXO 2. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO DE LA ETAPA INICIAL 23 DÍAS**

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 21           | Enero      | 19.3             | 14.6            | 9.9              | 3.0                        | 74         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 2.25                | 0.37      | 0.8                 | 4.2                           | 1.8                           | -3.37                      |
| 22           |            | 15.3             | 12.0            | 8.7              | 1.5                        | 78         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.28                | 0.37      | 0.5                 | 4.0                           | 1.0                           | -3.53                      |
| 23           |            | 14.9             | 11.1            | 7.2              | 0.8                        | 93         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 0.68                | 0.37      | 0.3                 | 1.7                           | 1.6                           | -1.45                      |
| 24           |            | 20.3             | 14.7            | 9.1              | 3.4                        | 74         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 2.89                | 0.37      | 1.1                 | 8.7                           | 2.8                           | -7.63                      |
| 25           |            | 18.7             | 14.3            | 9.9              | 2.7                        | 77         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.30                | 0.37      | 0.8                 | 0.5                           | 4.0                           | 0.35                       |
| 26           |            | 21.1             | 14.8            | 8.4              | 4.0                        | 68         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 2.80                | 0.37      | 1.0                 | 0.0                           | 5.6                           | 1.04                       |
| 27           |            | 22.1             | 15.7            | 9.3              | 3.1                        | 73         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 2.33                | 0.37      | 0.9                 | 0.2                           | 7.5                           | 0.66                       |
| 28           |            | 18.9             | 14.5            | 10.0             | 3.4                        | 75         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 2.89                | 0.37      | 1.1                 | 0.0                           | 2.8                           | 1.07                       |
| 29           |            | 14.5             | 12.0            | 9.4              | 2.0                        | 82         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 1.70                | 0.37      | 0.6                 | 0.0                           | 0.2                           | 0.63                       |
| 30           |            | 17.2             | 13.5            | 9.8              | 2.1                        | 69         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 1.58                | 0.37      | 0.6                 | 1.7                           | 0.1                           | -1.12                      |
| 31           |            | 14.8             | 12.3            | 9.8              | 2.3                        | 74         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 1.73                | 0.37      | 0.6                 | 0.0                           | 0.6                           | 0.64                       |
| 1            | Febrero    | 15.4             | 13.0            | 10.5             | 2.2                        | 78         | 287.71            | 3.33           | 0.75      | 1.65                | 0.37      | 0.6                 | 0.3                           | 1.2                           | 0.31                       |
| 2            |            | 14.6             | 12.0            | 9.4              | 2.3                        | 79         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 1.73                | 0.37      | 0.6                 | 3.7                           | 1.6                           | -3.06                      |

| FECHA | MES   | T° Máxima | T° Media | T° Mínima | Ev (A)<br>(mm/día) | HR%     | VV(Km/día) | VV(m/s) | Kp    | Etp (mm/día) | Kc   | Etc (mm/día) | Precipitación<br>(mm) | Heliofania<br>(horas) | Balance<br>hídrico |
|-------|-------|-----------|----------|-----------|--------------------|---------|------------|---------|-------|--------------|------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 3     |       | 18.7      | 14.2     | 9.6       | 3.0                | 75      | 172.80     | 2.00    | 0.75  | 2.25         | 0.37 | 0.8          | 0.0                   | 3.2                   | 0.83               |
| 4     |       | 18.3      | 13.9     | 9.5       | 4.8                | 79      | 172.80     | 2.00    | 0.75  | 3.60         | 0.37 | 1.3          | 0.0                   | 2.3                   | 1.33               |
| 5     |       | 19.5      | 14.8     | 10.0      | 4.1                | 71      | 172.80     | 2.00    | 0.75  | 3.08         | 0.37 | 1.1          | 0.1                   | 5.3                   | 1.04               |
| 6     |       | 22.9      | 15.0     | 7.0       | 4.2                | 66      | 230.69     | 2.67    | 0.70  | 2.94         | 0.37 | 1.1          | 0.7                   | 8.1                   | 0.39               |
| 7     |       | 19.5      | 14.8     | 10.1      | 2.8                | 79      | 86.40      | 1.00    | 0.85  | 2.38         | 0.37 | 0.9          | 5.4                   | 1.8                   | -4.52              |
| 8     |       | 19.1      | 14.4     | 9.7       | 2.1                | 82      | 57.89      | 0.67    | 0.85  | 1.79         | 0.37 | 0.7          | 12.5                  | 1.4                   | -11.84             |
| 9     |       | 21.2      | 15.3     | 9.3       | 4.3                | 72      | 114.91     | 1.33    | 0.85  | 3.66         | 0.37 | 1.4          | 0.0                   | 7.2                   | 1.35               |
| 10    |       | 22.6      | 16.1     | 9.5       | 6.1                | 67      | 144.29     | 1.67    | 0.75  | 4.58         | 0.37 | 1.7          | 0.0                   | 7.8                   | 1.69               |
| 11    |       | 18.5      | 13.8     | 9.0       | 2.7                | 75      | 172.80     | 2.00    | 0.75  | 2.03         | 0.37 | 0.7          | 0.0                   | 1.4                   | 0.75               |
| 12    |       | 19.1      | 14.3     | 9.4       | 3.1                | 78      | 86.40      | 1.00    | 0.85  | 2.64         | 0.37 | 1.0          | 0.0                   | 2.3                   | 0.97               |
|       | Total | 426.50    | 321.10   | 214.50    | 70.00              | 1738.00 | 3255.55    | 37.68   | 18.15 | 54.70        | 8.51 | 20.24        | 43.70                 | 71.60                 | -23.46             |
|       | Media | 18.54     | 13.96    | 9.33      | 3.04               | 75.57   | 141.55     | 1.64    | 0.79  | 2.38         | 0.37 | 0.88         | 1.90                  | 3.11                  | -1.02              |

T°: Temperatura

Ev(A): Evaporación del tanque evaporímetro clase A

HR %: Humedad relativa en porcentaje

V.V: Velocidad de viento

Kp: Coeficiente de instalación del tanque evaporímetro

Etp: Evapotranspiración potencial

Kc: Coeficiente de cultivo

Etc: Evapotranspiración del cultivo

**ANEXO 3. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO DE LA ETAPA DE DESARROLLO 52 DÍAS**

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 13           |            | 19.1             | 15.0            | 10.8             | 3.4                        | 79         | 230.69            | 2.67           | 0.75      | 2.55                | 0.37      | 0.9                 | 0.0                           | 3.4                           | 0.95                       |
| 14           |            | 21.5             | 16.1            | 10.7             | 3.7                        | 73         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 2.78                | 0.38      | 1.1                 | 5.1                           | 4.2                           | -4.04                      |
| 15           |            | 17.6             | 13.6            | 9.5              | 2.1                        | 80         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.79                | 0.40      | 0.7                 | 0.0                           | 2.0                           | 0.71                       |
| 16           |            | 20.2             | 14.1            | 7.9              | 4.2                        | 70         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 2.94                | 0.41      | 1.2                 | 0.0                           | 6.6                           | 1.20                       |
| 17           |            | 20.5             | 14.3            | 8.1              | 5.4                        | 59         | 317.09            | 3.67           | 0.70      | 3.78                | 0.42      | 1.6                 | 0.0                           | 8.6                           | 1.59                       |
| 18           |            | 24.4             | 14.9            | 5.4              | 5.7                        | 61         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 3.99                | 0.43      | 1.7                 | 0.0                           | 10.4                          | 1.72                       |
| 19           |            | 21.3             | 15.5            | 9.6              | 4.5                        | 71         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 3.38                | 0.44      | 1.5                 | 0.0                           | 5.0                           | 1.50                       |
| 20           |            | 23.5             | 16.3            | 9.0              | 5.8                        | 48         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 4.06                | 0.46      | 1.9                 | 0.0                           | 7.4                           | 1.85                       |
| 21           |            | 23.3             | 14.4            | 5.5              | 5.2                        | 62         | 86.40             | 1.00           | 0.75      | 3.90                | 0.47      | 1.8                 | 2.0                           | 8.8                           | -0.17                      |
| 22           |            | 21.7             | 15.4            | 9.1              | 5.6                        | 68         | 114.91            | 1.33           | 0.75      | 4.20                | 0.48      | 2.0                 | 0.0                           | 7.8                           | 2.02                       |
| 23           |            | 22.7             | 15.8            | 8.8              | 4.4                        | 65         | 114.91            | 1.33           | 0.75      | 3.30                | 0.49      | 1.6                 | 0.0                           | 6.2                           | 1.62                       |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 24           |            | 22.5             | 15.3            | 8.1              | 4.3                        | 63         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 3.23                | 0.50      | 1.6                 | 1.9                           | 6.4                           | -0.27                      |
| 25           |            | 20.8             | 14.4            | 7.9              | 3.2                        | 70         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 2.24                | 0.52      | 1.2                 | 0.0                           | 3.5                           | 1.16                       |
| 26           |            | 21.9             | 15.1            | 8.2              | 5.0                        | 67         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 3.75                | 0.53      | 2.0                 | 0.0                           | 4.9                           | 1.98                       |
| 27           |            | 21.2             | 15.2            | 9.2              | 5.6                        | 66         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 4.20                | 0.54      | 2.3                 | 0.0                           | 5.4                           | 2.27                       |
| 28           |            | 19.1             | 14.5            | 9.8              | 3.0                        | 77         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.55                | 0.55      | 1.4                 | 0.0                           | 2.2                           | 1.41                       |
| 1            | Marzo      | 20.9             | 15.5            | 10.0             | 5.6                        | 69         | 114.91            | 1.33           | 0.75      | 4.20                | 0.57      | 2.4                 | 0.0                           | 5.9                           | 2.37                       |
| 2            |            | 23.2             | 14.8            | 6.4              | 4.6                        | 64         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 3.22                | 0.58      | 1.9                 | 0.7                           | 5.8                           | 1.16                       |
| 3            |            | 22.5             | 15.4            | 8.3              | 3.4                        | 68         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 2.55                | 0.59      | 1.5                 | 0.8                           | 5.2                           | 0.70                       |
| 4            |            | 21.0             | 14.7            | 8.4              | 4.0                        | 74         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 3.40                | 0.60      | 2.0                 | 0.5                           | 4.5                           | 1.54                       |
| 5            |            | 20.1             | 15.0            | 9.8              | 3.2                        | 69         | 57.89             | 0.67           | 0.75      | 2.40                | 0.61      | 1.5                 | 0.0                           | 2.7                           | 1.47                       |
| 6            |            | 15.9             | 12.0            | 8.0              | 1.2                        | 78         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.02                | 0.63      | 0.6                 | 0.0                           | 0.0                           | 0.64                       |
| 7            |            | 18.7             | 14.7            | 10.6             | 2.2                        | 81         | 230.69            | 2.67           | 0.75      | 1.65                | 0.64      | 1.1                 | 0.0                           | 1.5                           | 1.05                       |
| 8            |            | 17.3             | 13.8            | 10.3             | 3.0                        | 78         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.55                | 0.65      | 1.7                 | 0.5                           | 3.9                           | 1.16                       |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 9            |            | 17.6             | 14.0            | 10.4             | 3.4                        | 76         | 259.20            | 3.00           | 0.75      | 2.55                | 0.66      | 1.7                 | 0.7                           | 2.6                           | 0.99                       |
| 10           |            | 18.7             | 14.8            | 10.9             | 2.8                        | 79         | 287.71            | 3.33           | 0.75      | 2.10                | 0.67      | 1.4                 | 0.6                           | 2.8                           | 0.82                       |
| 11           |            | 17.6             | 14.1            | 10.5             | 2.9                        | 75         | 317.09            | 3.67           | 0.75      | 2.18                | 0.69      | 1.5                 | 0.1                           | 1.0                           | 1.39                       |
| 12           |            | 20.4             | 14.6            | 8.7              | 2.6                        | 72         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 1.95                | 0.70      | 1.4                 | 0.5                           | 1.1                           | 0.86                       |
| 13           |            | 19.9             | 15.2            | 10.5             | 2.8                        | 77         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 2.38                | 0.71      | 1.7                 | 0.4                           | 3.1                           | 1.29                       |
| 14           |            | 21.3             | 15.6            | 9.9              | 2.1                        | 75         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 1.58                | 0.72      | 1.1                 | 1.8                           | 4.3                           | -0.66                      |
| 15           |            | 17.3             | 14.3            | 11.3             | 2.7                        | 79         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.30                | 0.73      | 1.7                 | 0.6                           | 1.1                           | 1.09                       |
| 16           |            | 22.1             | 16.5            | 10.8             | 2.8                        | 72         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.38                | 0.75      | 1.8                 | 0.0                           | 2.8                           | 1.78                       |
| 17           |            | 21.2             | 15.5            | 9.8              | 2.1                        | 79         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.79                | 0.76      | 1.4                 | 14.8                          | 1.4                           | 13.45                      |
| 18           |            | 13.5             | 11.3            | 9.0              | 2.0                        | 92         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 1.70                | 0.77      | 1.3                 | 4.9                           | 0.0                           | -3.59                      |
| 19           |            | 19.1             | 14.6            | 10.0             | 1.1                        | 85         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 0.94                | 0.78      | 0.7                 | 14.5                          | 0.9                           | 13.77                      |
| 20           |            | 14.6             | 11.9            | 9.2              | 1.8                        | 90         | 0.00              | 0.00           | 0.85      | 1.53                | 0.80      | 1.2                 | 1.8                           | 0.0                           | -0.58                      |
| 21           |            | 18.6             | 13.2            | 7.8              | 2.8                        | 72         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.38                | 0.81      | 1.9                 | 0.0                           | 4.5                           | 1.92                       |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 22           |            | 16.1             | 12.6            | 9.1              | 1.5                        | 81         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 1.28                | 0.82      | 1.0                 | 2.7                           | 0.1                           | -1.66                      |
| 23           |            | 19.9             | 13.2            | 6.5              | 3.2                        | 72         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.72                | 0.83      | 2.3                 | 1.2                           | 6.3                           | 1.06                       |
| 24           |            | 20.8             | 14.7            | 8.5              | 5.4                        | 71         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 4.59                | 0.84      | 3.9                 | 0.0                           | 7.3                           | 3.87                       |
| 25           |            | 21.6             | 15.8            | 9.9              | 4.1                        | 79         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 3.49                | 0.86      | 3.0                 | 2.0                           | 4.5                           | 0.98                       |
| 26           |            | 20.7             | 15.0            | 9.3              | 3.8                        | 71         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 3.23                | 0.87      | 2.8                 | 0.0                           | 4.3                           | 2.80                       |
| 27           |            | 19.6             | 14.3            | 8.9              | 3.2                        | 76         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 2.40                | 0.88      | 2.1                 | 0.0                           | 2.8                           | 2.11                       |
| 28           |            | 19.9             | 14.2            | 8.4              | 2.8                        | 73         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 2.38                | 0.89      | 2.1                 | 5.2                           | 2.4                           | -3.08                      |
| 29           |            | 17.0             | 13.4            | 9.8              | 2.2                        | 86         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.87                | 0.90      | 1.7                 | 9.6                           | 1.7                           | -7.91                      |
| 30           |            | 20.3             | 14.2            | 8.0              | 4.8                        | 75         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 4.08                | 0.92      | 3.7                 | 4.8                           | 6.4                           | -1.06                      |
| 31           |            | 19.4             | 15.2            | 10.9             | 4.3                        | 75         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 3.66                | 0.93      | 3.4                 | 4.6                           | 7.1                           | -1.21                      |
| 1            | Abril      | 18.8             | 13.7            | 8.6              | 1.8                        | 77         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 1.53                | 0.94      | 1.4                 | 2.2                           | 3.3                           | -0.76                      |
| 2            |            | 16.5             | 13.2            | 9.9              | 3.2                        | 81         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 2.72                | 0.95      | 2.6                 | 0.8                           | 0.9                           | 1.79                       |
| 3            |            | 18.1             | 13.5            | 8.9              | 2.7                        | 78         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 2.30                | 0.96      | 2.2                 | 0.0                           | 3.6                           | 2.21                       |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 4            |            | 19.1             | 13.0            | 6.9              | 2.7                        | 75         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 2.30                | 0.98      | 2.2                 | 0.0                           | 2.7                           | 2.24                       |
| 5            |            | 20.50            | 14.0            | 7.5              | 3.8                        | 75         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 3.23                | 0.99      | 3.2                 | 1.8                           | 4.4                           | 1.39                       |
|              | Total      | 1031.10          | 751.40          | 469.30           | 179.70                     | 3828.00    | 6823.87           | 78.98          | 41.40     | 141.10              | 35.37     | 93.58               | 87.10                         | 205.70                        | 6.48                       |
|              | Media      | 19.83            | 14.45           | 9.03             | 3.46                       | 73.62      | 131.23            | 1.52           | 0.80      | 2.71                | 0.68      | 1.80                | 1.68                          | 3.96                          | 0.12                       |

T°: Temperatura

Ev(A): Evaporación del tanque evaporímetro clase A

HR %: Humedad relativa en porcentaje

V.V: Velocidad de viento

Kp: Coeficiente de instalación del tanque evaporímetro

Etp: Evapotranspiración potencial

Kc: Coeficiente de cultivo

Etc: Evapotranspiración del cultivo.

**ANEXO 4. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO DE LA ETAPA INTERMEDIA 55 DÍAS**

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 6            |            | 16.7             | 13.1            | 9.5              | 3.1                        | 77         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.64                | 1.0       | 2.6                 | 2.2                           | 1.1                           | 0.44                       |
| 7            |            | 14.7             | 12.1            | 9.5              | 1.5                        | 82         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 1.28                | 1.0       | 1.3                 | 0.2                           | 0.3                           | 1.08                       |
| 8            |            | 19.7             | 14.5            | 9.3              | 3.1                        | 76         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 2.64                | 1.0       | 2.6                 | 1.8                           | 3.5                           | 0.84                       |
| 9            |            | 19.6             | 14.7            | 9.7              | 3.3                        | 78         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.81                | 1.0       | 2.8                 | 0.2                           | 4.0                           | 2.61                       |
| 10           |            | 19.5             | 13.3            | 7.1              | 4.4                        | 75         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 3.30                | 1.0       | 3.3                 | 0.0                           | 6.1                           | 3.30                       |
| 11           |            | 17.0             | 13.5            | 9.9              | 2.6                        | 74         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 2.21                | 1.0       | 2.2                 | 0.0                           | 0.6                           | 2.21                       |
| 12           |            | 17.8             | 14.2            | 10.5             | 2.9                        | 71         | 259.20            | 3.00           | 0.75      | 2.18                | 1.0       | 2.2                 | 0.8                           | 3.4                           | 1.38                       |
| 13           |            | 19.5             | 14.3            | 9.1              | 3.7                        | 72         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 3.15                | 1.0       | 3.1                 | 0.2                           | 4.5                           | 2.95                       |
| 14           |            | 16.3             | 12.5            | 8.6              | 1.1                        | 79         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 0.94                | 1.0       | 0.9                 | 1.2                           | 0.0                           | -0.27                      |
| 15           |            | 20.4             | 13.6            | 6.7              | 3.2                        | 67         | 86.40             | 1.00           | 0.75      | 2.40                | 1.0       | 2.4                 | 0.0                           | 5.3                           | 2.40                       |
| 16           |            | 20.5             | 14.3            | 8.1              | 2.3                        | 82         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.96                | 1.0       | 2.0                 | 1.0                           | 3.1                           | 0.96                       |
| 17           |            | 22.1             | 15.8            | 9.5              | 3.6                        | 72         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 3.06                | 1.0       | 3.1                 | 0.0                           | 4.0                           | 3.06                       |
| 18           |            | 21.9             | 14.2            | 6.5              | 2.7                        | 75         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 2.30                | 1.0       | 2.3                 | 1.4                           | 3.0                           | 0.90                       |
| 19           |            | 21.7             | 15.5            | 9.3              | 4.3                        | 71         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 3.66                | 1.0       | 3.7                 | 0.0                           | 6.8                           | 3.66                       |
| 20           |            | 21.3             | 14.2            | 7.1              | 4.4                        | 67         | 57.89             | 0.67           | 0.75      | 3.30                | 1.0       | 3.3                 | 3.3                           | 5.4                           | 0.00                       |
| 21           |            | 16.4             | 12.8            | 9.1              | 1.2                        | 85         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.02                | 1.0       | 1.0                 | 4.4                           | 1.4                           | -3.38                      |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 22           |            | 17.9             | 13.4            | 8.9              | 3.7                        | 74         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 2.78                | 1.0       | 2.8                 | 2.4                           | 5.7                           | 0.38                       |
| 23           |            | 17.5             | 13.7            | 9.8              | 2.2                        | 84         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.87                | 1.0       | 1.9                 | 1.1                           | 3.0                           | 0.77                       |
| 24           |            | 16.3             | 12.4            | 8.5              | 1.7                        | 85         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 1.45                | 1.0       | 1.4                 | 0.5                           | 1.2                           | 0.95                       |
| 25           |            | 17.4             | 13.7            | 9.9              | 2.5                        | 81         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 2.13                | 1.0       | 2.1                 | 10.7                          | 3.5                           | -8.58                      |
| 26           |            | 16.5             | 12.8            | 9.1              | 1.2                        | 85         | 259.20            | 3.00           | 0.75      | 0.90                | 1.0       | 0.9                 | 0.6                           | 3.2                           | 0.30                       |
| 27           |            | 17.5             | 13.7            | 9.9              | 4.1                        | 80         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 3.08                | 1.0       | 3.1                 | 0.2                           | 3.8                           | 2.88                       |
| 28           |            | 14.5             | 12.2            | 9.8              | 1.4                        | 80         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.19                | 1.0       | 1.2                 | 1.1                           | 0.1                           | 0.09                       |
| 29           |            | 16.5             | 12.7            | 8.9              | 2.7                        | 78         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 2.03                | 1.0       | 2.0                 | 0.0                           | 2.9                           | 2.03                       |
| 30           |            | 16.1             | 12.3            | 8.4              | 2.2                        | 81         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.87                | 1.0       | 1.9                 | 0.0                           | 0.8                           | 1.87                       |
| 1            | Mayo       | 18.3             | 12.7            | 7.1              | 2.3                        | 75         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.96                | 1.0       | 2.0                 | 0.0                           | 0.9                           | 1.96                       |
| 2            |            | 20.3             | 12.0            | 3.7              | 3.7                        | 69         | 172.80            | 2.00           | 0.70      | 2.59                | 1.0       | 2.6                 | 1.8                           | 8.5                           | 0.79                       |
| 3            |            | 21.7             | 15.3            | 8.9              | 5.3                        | 76         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 4.51                | 1.0       | 4.5                 | 17.8                          | 7.4                           | -13.3                      |
| 4            |            | 19.3             | 14.0            | 8.7              | 3.5                        | 76         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 2.98                | 1.0       | 3.0                 | 3.0                           | 3.4                           | -0.02                      |
| 5            |            | 17.6             | 13.8            | 9.9              | 1.8                        | 82         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 1.53                | 1.0       | 1.5                 | 0.0                           | 0.5                           | 1.53                       |
| 6            |            | 13.9             | 10.2            | 6.4              | 1.8                        | 80         | 287.71            | 3.33           | 0.75      | 1.35                | 1.0       | 1.4                 | 0.0                           | 0.0                           | 1.35                       |
| 7            |            | 19.4             | 13.2            | 7.0              | 2.7                        | 75         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.30                | 1.0       | 2.3                 | 0.0                           | 4.4                           | 2.30                       |
| 8            |            | 16.9             | 12.9            | 8.8              | 3.3                        | 78         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 2.81                | 1.0       | 2.8                 | 0.0                           | 3.0                           | 2.81                       |
| 9            |            | 19.2             | 12.9            | 6.5              | 4.2                        | 72         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 3.15                | 1.0       | 3.2                 | 0.0                           | 5.6                           | 3.15                       |
| 10           |            | 17.3             | 14.0            | 10.7             | 3.7                        | 76         | 230.69            | 2.67           | 0.75      | 2.78                | 1.0       | 2.8                 | 1.0                           | 6.4                           | 1.78                       |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 11           |            | 13.4             | 11.6            | 9.8              | 1.2                        | 86         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 0.90                | 1.0       | 0.9                 | 1.2                           | 0.9                           | -0.30                      |
| 12           |            | 14.8             | 12.2            | 9.6              | 2.0                        | 81         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.70                | 1.0       | 1.7                 | 3.6                           | 1.2                           | -1.90                      |
| 13           |            | 15.3             | 12.6            | 9.9              | 2.1                        | 84         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 1.58                | 1.0       | 1.6                 | 0.4                           | 0.4                           | 1.18                       |
| 14           |            | 15.1             | 12.1            | 9.1              | 2.0                        | 81         | 259.20            | 3.00           | 0.75      | 1.50                | 1.0       | 1.5                 | 0.0                           | 0.4                           | 1.50                       |
| 15           |            | 18.7             | 14.0            | 9.2              | 1.5                        | 74         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.28                | 1.0       | 1.3                 | 0.0                           | 1.5                           | 1.28                       |
| 16           |            | 18.9             | 13.3            | 7.7              | 2.7                        | 77         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.30                | 1.0       | 2.3                 | 2.9                           | 3.1                           | -0.61                      |
| 17           |            | 16.7             | 12.8            | 8.9              | 1.7                        | 83         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.45                | 1.0       | 1.4                 | 1.3                           | 0.1                           | 0.15                       |
| 18           |            | 15.9             | 13.1            | 10.3             | 2.0                        | 81         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 1.70                | 1.0       | 1.7                 | 0.0                           | 0.5                           | 1.70                       |
| 19           |            | 19.4             | 14.1            | 8.7              | 3.4                        | 73         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.89                | 1.0       | 2.9                 | 0.0                           | 5.1                           | 2.89                       |
| 20           |            | 19.8             | 14.7            | 9.6              | 3.6                        | 81         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 3.06                | 1.0       | 3.1                 | 0.5                           | 2.6                           | 2.56                       |
| 21           |            | 17.2             | 13.5            | 9.8              | 2.0                        | 76         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 1.70                | 1.0       | 1.7                 | 0.0                           | 2.0                           | 1.70                       |
| 22           |            | 20.3             | 13.0            | 5.7              | 3.7                        | 70         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 2.78                | 1.0       | 2.8                 | 0.0                           | 7.1                           | 2.78                       |
| 23           |            | 17.6             | 13.2            | 8.8              | 2.0                        | 83         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 1.50                | 1.0       | 1.5                 | 2.1                           | 1.0                           | -0.60                      |
| 24           |            | 19.7             | 12.5            | 5.2              | 3.5                        | 69         | 144.29            | 1.67           | 0.75      | 2.63                | 1.0       | 2.6                 | 0.1                           | 7.1                           | 2.53                       |
| 25           |            | 19.1             | 13.5            | 7.9              | 2.1                        | 78         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.79                | 1.0       | 1.8                 | 0.0                           | 1.6                           | 1.79                       |
| 26           |            | 18.9             | 13.8            | 8.6              | 3.7                        | 74         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 3.15                | 1.0       | 3.1                 | 0.1                           | 5.2                           | 3.05                       |
| 27           |            | 19.3             | 14.4            | 9.4              | 4.2                        | 74         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 3.57                | 1.0       | 3.6                 | 2.7                           | 6.0                           | 0.87                       |
| 28           |            | 14.3             | 11.2            | 8.0              | 1.2                        | 88         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 1.02                | 1.0       | 1.0                 | 6.5                           | 0.1                           | -5.48                      |
| 29           |            | 20.5             | 14.6            | 8.7              | 2.0                        | 76         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.70                | 1.0       | 1.7                 | 1.5                           | 3.2                           | 0.20                       |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 30           |            | 19.7             | 12.5            | 5.3              | 3.0                        | 73         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.55                | 1.0       | 2.6                 | 0.0                           | 6.3                           | 2.55                       |
|              | Total      | 993.80           | 733.20          | 470.60           | 151.00                     | 4252.00    | 7197.98           | 83.31          | 44.90     | 122.72              | 55.00     | 122.72              | 79.80                         | 172.20                        | 42.92                      |
|              | Media      | 18.07            | 13.33           | 8.56             | 2.75                       | 77.31      | 130.87            | 1.51           | 0.82      | 2.23                | 1.00      | 2.23                | 1.45                          | 3.13                          | 0.78                       |

T°: Temperatura

Ev(A): Evaporación del tanque evaporímetro clase A

HR %: Humedad relativa en porcentaje

V.V: Velocidad de viento

Kp: Coeficiente de instalación del tanque evaporímetro

Etp: Evapotranspiración potencial

Kc: Coeficiente de cultivo

Etc: Evapotranspiración del cultivo

**ANEXO 5. TABLA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO DE LA ETAPA FINAL 53 DÍAS**

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b> | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofania<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 31           |            | 17.2             | 13.2            | 9.1              | 3.4                        | 76         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 2.55                | 0.9896    | 2.5                 | 0.3                           | 4.4                           | 2.22                       |
| 1            | Junio      | 15.9             | 12.3            | 8.7              | 2.2                        | 76         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 1.65                | 0.9792    | 1.6                 | 3.1                           | 3.2                           | -1.48                      |
| 2            |            | 17.2             | 12.5            | 7.7              | 1.4                        | 72         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 1.19                | 0.9688    | 1.2                 | 10.4                          | 2.6                           | -9.25                      |
| 3            |            | 15.0             | 11.6            | 8.2              | 1.4                        | 83         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.19                | 0.9688    | 1.2                 | 2.5                           | 0.9                           | -1.35                      |
| 4            |            | 15.3             | 12.3            | 9.3              | 0.4                        | 87         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 0.34                | 0.9584    | 0.3                 | 7.6                           | 2.3                           | -7.27                      |
| 5            |            | 14.5             | 11.5            | 8.4              | 1.0                        | 84         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 0.85                | 0.9480    | 0.8                 | 6.9                           | 0.2                           | -6.09                      |
| 6            |            | 16.5             | 13.1            | 9.7              | 1.5                        | 84         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 1.28                | 0.9480    | 1.2                 | 2.0                           | 4.4                           | -0.79                      |
| 7            |            | 16.8             | 12.9            | 9.0              | 4.0                        | 76         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 3.40                | 0.9376    | 3.2                 | 2.4                           | 5.0                           | 0.79                       |
| 8            |            | 13.0             | 10.7            | 8.3              | 1.1                        | 86         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 0.83                | 0.9272    | 0.8                 | 6.1                           | 0.0                           | -5.34                      |
| 9            |            | 19.1             | 13.5            | 7.8              | 2.6                        | 72         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 2.21                | 0.9168    | 2.0                 | 3.0                           | 3.1                           | -0.97                      |
| 10           |            | 17.4             | 13.8            | 10.1             | 2.9                        | 75         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 2.47                | 0.9168    | 2.3                 | 0.4                           | 2.6                           | 1.86                       |
| 11           |            | 17.5             | 13.0            | 8.4              | 3.4                        | 74         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 2.89                | 0.9064    | 2.6                 | 0.6                           | 3.0                           | 2.02                       |
| 12           |            | 16.3             | 12.6            | 8.9              | 1.8                        | 81         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 1.35                | 0.8960    | 1.2                 | 6.6                           | 2.6                           | -5.39                      |
| 13           |            | 16.2             | 12.7            | 9.1              | 3.2                        | 86         | 57.89             | 0.67           | 0.85      | 2.72                | 0.8960    | 2.4                 | 0.4                           | 0.2                           | 2.04                       |
| 14           |            | 19.9             | 12.9            | 5.9              | 5.1                        | 70         | 259.20            | 3.00           | 0.70      | 3.57                | 0.8856    | 3.2                 | 0.0                           | 9.5                           | 3.16                       |
| 15           |            | 19.7             | 13.1            | 6.5              | 3.3                        | 72         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 2.81                | 0.8752    | 2.5                 | 7.3                           | 6.9                           | -4.85                      |

| FECHA | MES   | T° Máxima | T° Media | T° Mínima | Ev (A)<br>(mm/día) | HR% | VV(Km/día) | VV(m/s) | Kp   | Etp (mm/día) | Kc     | Etc (mm/día) | Precipitación<br>(mm) | Heliofania<br>(horas) | Balance<br>hídrico |
|-------|-------|-----------|----------|-----------|--------------------|-----|------------|---------|------|--------------|--------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 16    |       | 18.0      | 13.8     | 9.5       | 3.3                | 71  | 144.29     | 1.67    | 0.85 | 2.81         | 0.8648 | 2.4          | 8.2                   | 5.0                   | -5.77              |
| 17    |       | 16.1      | 13.0     | 9.9       | 2.7                | 85  | 259.20     | 3.00    | 0.75 | 2.03         | 0.8648 | 1.8          | 0.7                   | 3.8                   | 1.05               |
| 18    |       | 16.1      | 11.9     | 7.7       | 3.0                | 79  | 374.11     | 4.33    | 0.75 | 2.25         | 0.8544 | 1.9          | 12.1                  | 5.7                   | -10.18             |
| 19    |       | 13.1      | 11.2     | 9.3       | 1.3                | 82  | 86.40      | 1.00    | 0.85 | 1.11         | 0.8440 | 0.9          | 4.8                   | 0.0                   | -3.87              |
| 20    |       | 15.6      | 11.9     | 8.1       | 1.1                | 87  | 230.69     | 2.67    | 0.75 | 0.83         | 0.8440 | 0.7          | 3.1                   | 1.3                   | -2.40              |
| 21    |       | 16.4      | 12.3     | 8.2       | 2.5                | 83  | 144.29     | 1.67    | 0.85 | 2.13         | 0.8336 | 1.8          | 0.4                   | 1.6                   | 1.37               |
| 22    |       | 16.9      | 12.4     | 7.9       | 3.2                | 76  | 86.40      | 1.00    | 0.85 | 2.72         | 0.8232 | 2.2          | 0.7                   | 5.2                   | 1.54               |
| 23    |       | 14.5      | 11.4     | 8.3       | 1.7                | 81  | 144.29     | 1.67    | 0.85 | 1.45         | 0.8128 | 1.2          | 1.5                   | 0.4                   | -0.33              |
| 24    |       | 13.9      | 11.0     | 8.1       | 0.6                | 83  | 403.49     | 4.67    | 0.75 | 0.45         | 0.8128 | 0.4          | 7.1                   | 0.2                   | -6.73              |
| 25    |       | 14.1      | 11.7     | 9.3       | 0.9                | 90  | 114.91     | 1.33    | 0.85 | 0.77         | 0.8024 | 0.6          | 8.4                   | 0.3                   | -7.79              |
| 26    |       | 12.5      | 10.4     | 8.2       | 1.3                | 84  | 259.20     | 3.00    | 0.75 | 0.98         | 0.7920 | 0.8          | 4.8                   | 0.0                   | -4.03              |
| 27    |       | 14.4      | 11.5     | 8.5       | 1.1                | 78  | 144.29     | 1.67    | 0.85 | 0.94         | 0.7920 | 0.7          | 4.1                   | 3.7                   | -3.36              |
| 28    |       | 15.1      | 11.8     | 8.5       | 2.3                | 77  | 114.91     | 1.33    | 0.85 | 1.96         | 0.7816 | 1.5          | 0.0                   | 3.1                   | 1.53               |
| 29    |       | 16.5      | 12.3     | 8.1       | 3.1                | 72  | 259.20     | 3.00    | 0.75 | 2.33         | 0.7712 | 1.8          | 0.0                   | 3.0                   | 1.79               |
| 30    |       | 19.3      | 13.1     | 6.9       | 3.2                | 72  | 57.89      | 0.67    | 0.85 | 2.72         | 0.7608 | 2.1          | 0.1                   | 5.0                   | 1.97               |
| 1     | Julio | 18.0      | 12.7     | 7.3       | 3.7                | 68  | 114.91     | 1.33    | 0.75 | 2.78         | 0.7608 | 2.1          | 0.0                   | 4.8                   | 2.11               |
| 2     |       | 18.3      | 13.3     | 8.2       | 3.3                | 73  | 28.51      | 0.33    | 0.85 | 2.81         | 0.7504 | 2.1          | 0.0                   | 3.6                   | 2.10               |
| 3     |       | 17.2      | 11.7     | 6.2       | 4.6                | 67  | 259.20     | 3.00    | 0.70 | 3.22         | 0.7400 | 2.4          | 0.0                   | 8.0                   | 2.38               |
| 4     |       | 16.4      | 13.5     | 10.5      | 2.9                | 76  | 172.80     | 2.00    | 0.75 | 2.18         | 0.7400 | 1.6          | 1.5                   | 1.4                   | 0.11               |

| <b>FECHA</b> | <b>MES</b>   | <b>T° Máxima</b> | <b>T° Media</b> | <b>T° Mínima</b> | <b>Ev (A)<br/>(mm/día)</b> | <b>HR%</b> | <b>VV(Km/día)</b> | <b>VV(m/s)</b> | <b>Kp</b> | <b>Etp (mm/día)</b> | <b>Kc</b> | <b>Etc (mm/día)</b> | <b>Precipitación<br/>(mm)</b> | <b>Heliofanía<br/>(horas)</b> | <b>Balance<br/>hídrico</b> |
|--------------|--------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 5            |              | 16.0             | 12.8            | 9.5              | 3.2                        | 74         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 2.40                | 0.7296    | 1.8                 | 0.6                           | 2.9                           | 1.15                       |
| 6            |              | 19.9             | 14.9            | 9.8              | 4.2                        | 75         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 3.57                | 0.7192    | 2.6                 | 9.2                           | 6.3                           | -6.63                      |
| 7            |              | 19.4             | 14.7            | 10.0             | 1.6                        | 71         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 1.36                | 0.7088    | 1.0                 | 17.3                          | 6.5                           | -16.34                     |
| 8            |              | 18.0             | 14.0            | 9.9              | 3.7                        | 76         | 287.71            | 3.33           | 0.75      | 2.78                | 0.7088    | 2.0                 | 0.0                           | 2.4                           | 1.97                       |
| 9            |              | 17.5             | 13.7            | 9.8              | 3.8                        | 74         | 144.29            | 1.67           | 0.85      | 3.23                | 0.6984    | 2.3                 | 1.3                           | 5.3                           | 0.96                       |
| 10           |              | 14.5             | 12.0            | 9.5              | 2.1                        | 76         | 230.69            | 2.67           | 0.75      | 1.58                | 0.6880    | 1.1                 | 0.6                           | 1.4                           | 0.48                       |
| 11           |              | 13.9             | 11.7            | 9.4              | 1.5                        | 77         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.28                | 0.6880    | 0.9                 | 2.2                           | 0.7                           | -1.32                      |
| 12           |              | 15.2             | 12.1            | 8.9              | 2.1                        | 80         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.79                | 0.6776    | 1.2                 | 6.1                           | 1.1                           | -4.89                      |
| 13           |              | 20.2             | 13.7            | 7.2              | 4.9                        | 63         | 114.91            | 1.33           | 0.75      | 3.68                | 0.6672    | 2.5                 | 10.8                          | 9.8                           | -8.35                      |
| 14           |              | 19.4             | 11.0            | 2.5              | 3.0                        | 66         | 201.31            | 2.33           | 0.70      | 2.10                | 0.6568    | 1.4                 | 0.0                           | 3.7                           | 1.38                       |
| 15           |              | 17.4             | 11.1            | 4.8              | 2.1                        | 76         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.79                | 0.6568    | 1.2                 | 2.1                           | 2.4                           | -0.93                      |
| 16           |              | 15.9             | 12.4            | 8.9              | 2.7                        | 76         | 201.31            | 2.33           | 0.75      | 2.03                | 0.6464    | 1.3                 | 1.9                           | 3.6                           | -0.59                      |
| 17           |              | 17.1             | 11.0            | 4.9              | 2.8                        | 68         | 114.91            | 1.33           | 0.75      | 2.10                | 0.6360    | 1.3                 | 14.5                          | 8.3                           | -13.16                     |
| 18           |              | 15.3             | 11.4            | 7.4              | 1.5                        | 85         | 114.91            | 1.33           | 0.85      | 1.28                | 0.6360    | 0.8                 | 5.9                           | 0.0                           | -5.09                      |
| 19           |              | 18.7             | 12.4            | 6.0              | 3.3                        | 73         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 2.81                | 0.6256    | 1.8                 | 8.3                           | 6.7                           | -6.55                      |
| 20           |              | 19.9             | 14.4            | 8.9              | 3.3                        | 75         | 28.51             | 0.33           | 0.85      | 2.81                | 0.6152    | 1.7                 | 0.5                           | 3.4                           | 1.23                       |
| 21           |              | 18.1             | 13.6            | 9.0              | 9.7                        | 73         | 172.80            | 2.00           | 0.75      | 7.28                | 0.6048    | 4.4                 | 20.8                          | 5.5                           | -16.40                     |
| 22           |              | 11.9             | 10.4            | 8.9              | 0.3                        | 88         | 86.40             | 1.00           | 0.85      | 0.26                | 0.605     | 0.2                 | 16.2                          | 0.0                           | -16.05                     |
|              | <b>Total</b> | 749.80           | 560.50          | 369.00           | 125.00                     | 3446.00    | 7140.96           | 82.65          | 36.10     | 99.31               | 34.43     | 75.11               | 200.20                        | 154.00                        | -125.1                     |

|       |       |       |      |      |       |        |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Media | 14.15 | 10.58 | 6.96 | 2.36 | 65.02 | 134.74 | 1.56 | 0.68 | 1.87 | 0.65 | 1.42 | 3.78 | 2.91 | -2.36 |
|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|

T°: Temperatura

Ev(A): Evaporación del tanque evaporímetro clase A

HR %: Humedad relativa en porcentaje

V.V: Velocidad de viento

Kp: Coeficiente de instalación del tanque evaporímetro

Etp: Evapotranspiración potencial

Kc: Coeficiente de cultivo

Etc: Evapotranspiración del cultivo

## CAPÍTULO VII

### PROPUESTA

Producción del cultivo de quinua (*Chenopodium quinua*), var. Tunkahuán bajo condiciones de secano en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua

#### 7.1. DATOS INFORMATIVOS

##### **Responsables Administrativos y técnicos:**

Universidad Técnica de Ambato

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

#### 7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El mejor rendimiento obtenido en la parcela de 125 m<sup>2</sup> bajo condiciones de secano fue de 4320 Kg/ ha tomado en cuenta las etapas fenológicas del cultivo solo con la precipitación en el ciclo, en conclusión la quinua es un cultivo secano que no necesita mucha agua y retiene la humedad.

#### 7.3. JUSTIFICACIÓN

INIAF (2013), La quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán se la cultiva en los Andes de América del sur desde hace 5000 años, al igual que la papa es uno de los principales alimentos de los pueblos andinos, en Ecuador, tradicionalmente ha sido considerado como un cultivo secundario, no solamente por la escasa superficie cultivada, sino por su bajo consumo per cápita (menos de 1 kg/persona/año) y aparente bajo interés de la población para incrementar su producción y consumo. Se

cultiva en los Andes de Bolivia, Perú, Argentina, Chile, Colombia y Ecuador, así como en Estados Unidos. Bolivia es el primer productor mundial, seguido por Perú y Estados Unidos. Crece desde el nivel del mar en Perú y hasta los 4000 m de altitud en los Andes, aunque su altura más común es a partir de los 2500 m.

#### **7.4. OBJETIVO**

Producir la quinua (*Chenopodium quinua*), var. Tunkahuán bajo condiciones de secano en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.

#### **7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La propuesta es factible la duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua*), var. Tunkahuán con riego y sin riego y el mejor resultado fue bajo las condiciones de sin riego por el alto rendimiento que se presentó en la cosecha.

#### **7.6. FUNDAMENTACIÓN**

Las etapas fenológicas influyeron directamente bajo las condiciones climáticas pese a la importancia que tiene la fenología en el manejo productivo, del cultivo de quinua (*Chenopodium quinua*), var. Tunkahuán bajo condiciones de secano en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua dando lugar a nivel nacional a realizar más investigaciones, por ende los estudios y manejos técnicos que se utilizan son de distintas zonas y de otros países. Observándose así aspectos positivos como mayor retención de la humedad, mayor llenado de la panoja, parámetro que al desconocerse no permite una buena programación del producto al mercado en tiempos de precios altos de la semilla, por lo tanto se consigue más producción es el mejor tratamiento obteniendo beneficios de reducción de pérdida del grano en la cosecha dando importancia a los recursos económicos cuando se maneja bien el cultivo.

## 7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

### 7.7.1. Análisis de suelo

Tomar muestras en zig-zag del ensayo a cultivar, se recomienda tomar 1 kg de suelo para enviar la muestra al laboratorio.

### 7.7.2. 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 y a trazar parcelas de 5m x 5m.

### 7.7.3. Siembra y tiempo de siembra

Se recomienda trabajar con semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*), var. Tunkahuán, con una densidad de siembra de 0.80cm entre hileras y 0.40 cm entre plantas.

### 7.7.4. Riego

El primer riego se realizó de acuerdo a las necesidades hídricas, en suelos de textura franco arenoso. Con una frecuencia de riego de 7 días en cultivo a campo abierto.

$$LDZr = \frac{CC - Pm}{100} * \frac{Pea}{Pew} * Hz$$

**Donde:**

**LDZr:** Lamina neta

**CC:** Capacidad de campo

**Pmp:** Punto de marchitez permanente

**Pea:** Peso específico del suelo

**Pew:** Peso específico del agua

**H<sub>z</sub>**: profundidad radicular

$$LDZr = \frac{CC - Pm}{100} * \frac{Pea}{Pew} * Hz$$

$$LDZr = \frac{14\% - 6\%}{100} * \frac{1.50 \frac{g}{cc}}{1.00 \frac{g}{cc}} * 1.00 \text{ cm}$$

$$LDZr = 12 \text{ cm}$$

$$LDZr = 1200 \text{ m}^3/\text{ha}$$

### 7.7.5. Fertilización

Como investigadora propongo el siguiente plan de fertilización edáfica para una área de 250 m<sup>2</sup> en kg/ha.

#### Etapa Inicial

| N    | P2O5 | K2O  |
|------|------|------|
| 1,63 | 1,29 | 2,23 |

Fuente: Toapanta (2015)

#### Etapa de Desarrollo

| N    | P2O5 | K2O  |
|------|------|------|
| 3,26 | 3,24 | 2,64 |

Fuente: Toapanta (2015)

#### Etapa Intermedia

| N    | P2O5 | K2O  |
|------|------|------|
| 4,89 | 5,18 | 3,05 |

Fuente: Toapanta (2015)

### **7.7.6. Control de malezas y aporque**

Realizar las deshierbas en forma manual para evitar de tal forma la competencia de nutrientes en el cultivo, es recomendado realizar un aporque para esta variedad Tunkahuán, para evitar el volcamiento, dado el tamaño grande de la planta.

### **7.7.7. Control fitosanitario**

Siembra: Para desinfectar la semilla Vitavax en una dosis de 2 g/l.

30, 47 días: Se puede aplicar el siguiente producto:

Desis cuyo ingrediente activo es (deltamethrin + adictivos) a una dosis 0.5 cc/lit, aplicaciones al follaje.

Curacron cuyo ingrediente activo es (profenofos+mezcla, hidrocarburos+adictivo) a una dosis 0.75 cc/lit, aplicaciones al suelo.

Engeo cuyo ingrediente activo (tiametoxan+lambdacihalotrina) a una dosis .75 cc/lit, aplicaciones al suelo, Suspensión Concentrada.

Fertilizante foliar Plant Prod 15-15-30 es una formula ultra soluble perfecta para engrose ya que tiene el doble de potasio en referencia al Nitrógeno a una dosis de 1 libra por 20 litros de agua.

Repelente de extracto de ajo produciendo un mal olor fuerte la dosis es 2 cc por litro de agua.

### **7.7.8. Cosecha**

- Corte

Realizar la cosecha manualmente con la ayuda de una hoz; se debe cosechar con la menor cantidad de tallo ya que este tiene mucha humedad lo que dificulta el secado de grano.

- Selección de panojas

Se recomienda extenderlas sobre un plástico o manta a campo abierto, para exponerlas directamente al sol; el uso del plástico facilita recoger las panojas cuando sea necesario.

- Trilla

Se recomienda en terrenos pequeños realizar manualmente en piedras sobre el plástico. Y en terrenos grandes es mejor la trilladora.

- Limpieza del grano

Realizar el venteo lo que ayuda a secar los granos y eliminar los residuos conformados por: restos de tallos, hojas, inflorescencia y flores que aún contengan humedad.

- Secado del grano

Se recomienda para el grano comercial se debe secar al sol sobre un tendal, para semilla no se recomienda secar directamente al sol pierde la capacidad de germinación), si no bajo un techo al que ingrese luz directa.

- Selección y clasificación de grano

Realizar con zarandas manuales, utilizando un tamiz de 2 mm para separar las impurezas grandes y un tamiz de 1.1 mm para separar el grano de primera calidad, que puede servir como semilla.

- Almacenamiento

Almacenar el grano en envases de tela o cabuya, en cuartos ventilados y frescos, protegidos del ataque de ratas y en lo posible de insectos.

- Eliminación de saponina

La variedad vigente es dulce, es decir con un contenido muy bajo de saponina, por lo que solo requiere un lavado previo a la cocción.

## **7.8. ADMINISTRACIÓN**

Representante de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Representantes de agricultores de la zona

## **7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

La previsión de la evaluación de la investigación se realizará mediante charlas técnicas dirigidas a los docentes, estudiantes y agricultores, con el fin de dar a conocer una nueva opción de producción de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) var. Tunkahuán aplicando bajo las condiciones climáticas en secano de acuerdo al estado fenológico del cultivo.