

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*)  
EN DIFERENTES ETAPAS DE SUPRESIÓN DE RIEGO Y NIVELES DE HUMEDAD  
BAJO WALIPINI**

**VIRGINIA MENDEZ PINAYA**

**La Paz – Bolivia**

**2008**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) EN  
DIFERENTES ETAPAS DE SUPRESIÓN DE RIEGO Y NIVELES DE HUMEDAD,  
BAJO WALIPINI**

Tesis de Grado presentado como requisito  
Parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo

**VIRGINIA MENDEZ PINAYA**

**TUTOR:**

Dr. Alejandro Bonifacio Flores .....

**ASESORES:**

Ing. Msc. Hugo Bosque Sánchez .....

Ing. Msc. Jorge Pascuali Cabrera .....

**TRIBUNAL REVISOR:**

Dr. Aquiles Laura Arce .....

Ing. Msc. Félix Mamani Reynoso .....

**APROBADO**

**VICEDECANO**

Ing. M.S. Felix Rojas Ponce .....

## **DEDICATORIA**

*A la memoria de mis abuelos:  
Zenaida Centellas por la misión que me encomendo  
Quintín Pinaya por el techo que me brindo.*

*A mi hijo:*

*Luis Manuel Fernando  
Por ser la fuerza para seguir adelante*

*A mis padres Manuel y Betty  
Por haberme dado vida  
A mis hermanos: Edgar, Alejandro, Santos y Manuel  
Por confiar en mí.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios, a la vida por permitirme escribir esta tesis a su vez agradezco a la institución privada FUNDACIÓN PROINPA por haberme otorgado una beca tesis en el área de Mejoramiento, a su coordinador Ing. Enrique Carrasco y un agradecimiento especial y sincero al Dr. Alejandro Bonifacio Flores mi TUTOR por haberme permitido ser su tesista en la gestión 2003 y haber apoyado en este largo recorrido: la elaboración del perfil de tesis, el seguimiento al trabajo de campo y las sugerencias en la redacción final de este trabajo gracias Doctor.

Agradezco también al Ing. M. sc. Hugo Bosque Sánchez, al Ing. M.sc. Jorge Pascuali Cabrera y al Dr. René Chipana Rivera, por el asesoramiento y apoyo brindado a lo largo de la elaboración del este trabajo de investigación.

Al tribunal revisor, Ingeniero Félix Mamani Reynoso y al Dr. Aquiles Laura Arce por la revisión y sugerencias realizadas al presente documento.

A los Técnicos del proyecto Mc Knight, Ingeniero M. sc. Raúl Saravia, ingenieros: Amalia Vargas Mena, José Luis Marconi por el seguimiento al trabajo de campo a mis compañeros tesistas: Roberto Quispe, Don José Silva, Rigoberto Valero, Maria Luisa Tola y Oscar Paye por la amistad y apoyo que me brindaron.

A la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ÁNDRES a los docentes de la Facultad de Agronomía que por haberme impartido sus conocimientos durante mi formación académica en esa casa superior de estudios.

A los Ingenieros Samuel A. Patty Patty, Ramiro Ochoa T. Juana Colque T., Grover Aduviri por su apoyo incondicional, a Maria Teresa, Máxima, Yanet, Elena, Ruth, Isabel y Danina, por la amistad que me brindaron.

## INDICE GENERAL

|                                | Pág.      |
|--------------------------------|-----------|
| <b>CONTENIDO</b> .....         | <b>i</b>  |
| <b>INDICE DE CUADROS</b> ..... | <b>vi</b> |
| <b>INDICE DE FIGURAS</b> ..... | <b>ix</b> |
| <b>INDICE DE ANEXOS</b> .....  | <b>x</b>  |
| <b>RESÚMEN</b>                 |           |

## CONTENIDO

|  | Pág.      |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>  |
| 1.2 Objetivos .....  | 2         |
| 1.2.2 Objetivo general .....   | 2         |
| 1.2.3 Hipótesis.....   | 2         |
| <b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                   | <b>2</b>  |
| 2.1 Producción de la quinua .....  | 3         |
| 2.2 Importancia de la quinua .....                                       | 3         |
| 2.3 Distribución de cultivo de la quinua .....                           | 4         |
| 2.4 Fenología .....  | 4         |
| 2.4 Fases fenológicas .....  | 4         |
| 2.5 Valor nutritivo de la quinua .....                                   | 7         |
| 2.6 Requerimientos del cultivo .....                                     | 7         |
| 2.6.1 Suelo .....  | 7         |
| 2.6.2 pH .....   | 7         |
| 2.6.3 Agua .....   | 8         |
| 2.6.4 Temperatura .....  | 8         |
| 2.6.5 Foto periodo .....   | 9         |
| 2.6.6 Riego .....  | 9         |
| 2.6.7 Evapotranspiración .....   | 9         |
| 2.7 Resistencia de la quinua a la sequía .....                           | 10        |
| 2.7.1 Fases fenológicas críticas a la sequía en quinua .....             | 10        |
| 2.8 El agua en el suelo .....  | 10        |
| 2.9 Estados del agua en el suelo .....                                   | 11        |
| 2.9.1 Saturación .....   | 11        |
| 2.9.2 Capacidad de campo (CC) .....                                      | 11        |
| 2.9.3 Punto de marchites permanente (PMP) .....                          | 11        |
| 2.10 Utilización del agua en el suelo .....                              | 12        |
| 2.11 Evapotranspiración .....  | 12        |
| 2.11.1 Estimación de la evapotranspiración en ambientes protegidos ..... | 13        |
| 2.12 Constante térmica .....   | 14        |
| 2.12.1 Métodos para el cálculo de unidades de calor (U. C.) .....        | 14        |
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....                                      | <b>15</b> |
| 3.1 Localización .....   | 15        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2 Características agro ecológicas de la zona .....                                 | 15        |
| 3.3 Vegetación .....   | 15        |
| 3.4 Características del walipini .....   | 15        |
| 3.5 Condiciones en el interior y exterior del walipini .....                         | 16        |
| 3.5.1 Temperatura .....  | 16        |
| 3.5.2 Humedad relativa .....   | 17        |
| 3.6 Materiales .....   | 17        |
| 3.6.1 Material vegetal .....   | 17        |
| 3.6.2 Material de campo e infraestructura .....                                      | 18        |
| 3.6.3 Material de laboratorio .....  | 18        |
| 3.6.4 Equipos de medición .....  | 19        |
| 3.7 Método .....   | 19        |
| 3.7.1 Preparación del sustrato .....   | 19        |
| 3.7.2 Macetas .....  | 19        |
| 3.8 Labores culturales .....   | 20        |
| 3.8.1 Siembra y raleo .....  | 20        |
| 3.8.2 Riego .....  | 20        |
| 3.2.8.1 Cálculo de la lámina neta de riego .....                                     | 20        |
| 3.8.3 Supresiones de riego .....   | 24        |
| 3.8.4 Riegos de recuperación .....   | 24        |
| 3.8.5 Aporque .....  | 25        |
| 3.8.6 Control fitosanitario .....  | 25        |
| 3.8.7 Fertilización química .....  | 25        |
| 3.8.8 Horas luz .....  | 25        |
| 3.8.9 Cosecha y trilla .....   | 25        |
| 3.9 Metodología estadística .....  | 26        |
| 3.9.1 Diseño experimental .....  | 26        |
| 3.9.2 Modelo lineal aditivo .....  | 26        |
| 3.9.3 Factores en estudio .....  | 27        |
| 3.9.4 Dimensiones del lugar de ensayo .....  | 27        |
| 3.9.5 Análisis de datos .....  | 27        |
| 3.10 Variables de respuesta .....  | 28        |
| 3.10.1 Variables agronómicas .....   | 28        |
| 3.10.2 Variables de rendimiento .....  | 29        |
| 3.10.3 Variables de agro climáticas .....  | 29        |
| <b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>   | <b>32</b> |
| 4.1 Variación en el contenido de humedad del sustrato .....                          | 32        |
| 4.2 Altura de planta .....   | 36        |
| 4.2.1 Altura de planta para el factor A en la 1era etapa de supresión de riego.....  | 37        |
| 4.2.2 Altura de planta para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego.....   | 38        |
| 4.2.3 Altura de de planta para el factor A en la 3era etapa de supresión de riego... | 38        |
| 4.2.4 Altura de planta para el factor B en la 1era etapa de supresión de riego.....  | 39        |
| 4.2.5 Altura de planta para el factor C en la 1era etapa de supresión de riego.....  |           |

|  |    |
|--|----|
| .....  | 40 |
| 4.2.6 Altura de planta para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego.....   | 41 |
| .....  | 41 |
| 4.2.7 Altura de planta para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego.....  | 42 |
| .....  | 42 |
| 4.2.8 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 1era etapa de supresión de riego.....            | 43 |
| 4.2.9 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 1era etapa de supresión de riego.....            | 45 |
| 4.2.10 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego.....            | 47 |
| 4.2.11 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego.....            | 48 |
| 4.2.12 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego.....           | 50 |
| 4.3 Diámetro de tallo.....   | 52 |
| 4.3.1 Diámetro de tallo para el factor A en la 2da etapa de supresión.....   | 52 |
| 4.3.2 Diámetro de tallo para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego.....  | 53 |
| 4.3.3 Diámetro de tallo para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego.....  | 54 |
| 4.3.4 Diámetro de tallo para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego.....   | 55 |
| 4.3.5 Diámetro de tallo para el análisis de efectos simples para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego..... | 55 |
| 4.4 Número de Hojas.....   | 57 |
| 4.4.1 Número de hojas para el factor A en la 1era etapa de supresión de riego.....   | 58 |
| 4.4.2 Número de hojas para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego.....  | 59 |
| 4.4.3 Número de hojas para el factor A en la 3era etapa de supresión de riego.....   | 59 |
| 4.4.4 Número de hojas para el factor B en la 1era etapa de supresión de riego.....   | 60 |
| 4.4.5 Número de hojas para el factor B en la 2da etapa de supresión de riego.....  | 61 |
| 4.4.6 Número de hojas para el factor B en la 3era etapa de supresión de riego.....   | 62 |
| 4.4.7 Número de hojas para el factor C en la 1era etapa de supresión de riego.....   | 62 |

|   |    |
|---|----|
| 4.4.8 Número de hojas para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego.....   | 63 |
| 4.4.9 Número de hojas para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego.....  | 64 |
| 4.4.10 Número de hojas para el análisis de efecto simple para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego ..... | 65 |
| 4.5 Área foliar .....   | 67 |
| 4.5.1 Área foliar para el factor B en la 1era etapa de supresión de riego.....  | 68 |
| 4.5.2 Área foliar para el factor B en la 2da etapa de supresión de riego .....  | 69 |
| 4.5.3 Área foliar para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego .....  | 69 |
| 4.5.4 Área foliar para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego .....   | 70 |
| 4.5.5 Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego en la 1era etapa de supresión de riego.....       | 71 |
| 4.5.6 Área foliar para el análisis de efecto simple para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego .....      | 73 |
| 4.5.7 Área foliar para el análisis de efecto simple para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego .....     | 75 |
| 4.5.8 Área foliar para el análisis de efectos simples en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego .....               | 77 |
| 4.6 Diámetro de panoja .....  | 79 |
| 4.6.1 Diámetro de panoja para el factor A: en la 3era etapa de supresión de riego.....  | 80 |
| 4.6.2 Diámetro de panoja para el factor C genotipos en la 2da etapa de supresión de riego .....   | 81 |
| 4.6.3 Diámetro de panoja para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego .....  | 81 |
| 4.6.4 Diámetro de panoja para el análisis de efecto simple en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego .....          | 82 |
| 4.7 Longitud de panoja .....  | 84 |
| 4.7.1 Longitud de panoja para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego... ..   | 85 |



|  |            |
|--|------------|
| 4.7.2 Longitud de panoja para el factor A en la 3era etapa de supresión de riego .....   | 86         |
| 4.7.3 Longitud de panoja para el factor B en la 2da etapa de supresión de riego .....  | 86         |
| 4.7.4 Longitud de panoja para el factor B en la 3era etapa de supresión de riego .....   | 87         |
| 4.7.5 Longitud de panoja para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego .....  | 88         |
| 4.7.6 Longitud de panoja para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego .....   | 89         |
| 4.7.7 Longitud de panoja para el análisis de efecto simple en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego .....            | 89         |
| 4.7.8 Longitud de panoja para el análisis de efecto simple en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego ..... | 91         |
| 4.8 Biomasa .....  | 93         |
| 4.9 Índice de cosecha .....  | 94         |
| 4.9.1 Índice de cosecha para el factor A niveles de humedad .....  | 94         |
| 4.9.2 Índice de cosecha para el factor C genotipos .....   | 95         |
| 4.10 Contrastes ortogonales .....  | 96         |
| 4.10.1 Contraste ortogonal altura de planta para la 1era etapa de supresión de riego .....   | 96         |
| 4.10.2 Contraste ortogonal diámetro de tallo para la 2da etapa de supresión de riego .....   | 97         |
| 4.10.3 Contraste ortogonal número de hojas para la 1era etapa de supresión de riego .....  | 98         |
| 4.10.4 Contraste ortogonal área foliar para la 1era etapa de supresión de riego .....  | 99         |
| 4.10.5 Contraste ortogonal área foliar para la 2da etapa de supresión de riego.....  | 100        |
| 4.10.6 Contraste ortogonal diámetro de panoja para la 2da etapa de supresión de riego .....  | 101        |
| 4.10.7 Contraste ortogonal longitud de panoja para la 2da etapa de supresión de riego .....  | 102        |
| 4.10.8 Contraste ortogonal para la biomasa .....   | 103        |
| 4.10.9 Contraste ortogonal para el índice de cosecha .....   | 104        |
| 4.11 Lámina de riego a lo largo del ciclo del cultivo .....  | 105        |
| 4.12 Evapotranspiración .....  | 107        |
| 4.12.1 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo .....  | 108        |
| 4.13 Constante térmica .....   | 109        |
| <b>5 Conclusiones</b> .....  | <b>110</b> |
| <b>6 Recomendaciones</b> .....   | <b>114</b> |
| <b>7 Bibliografía</b> .....  | <b>115</b> |

## INDICE DE CUADROS

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Cuadro 1.</b> Cálculo del diámetro de la bolsa con vernier digital .....   | 20   |
| <b>Cuadro 2.</b> Cálculo de la lámina neta de riego para un suelo franco arenoso que presenta las siguientes propiedades físicas .....  | 21   |
| <b>Cuadro 3.</b> Factores de estudio .....  | 27   |
| <b>Cuadro 4.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor A: niveles de humedad en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 37   |
| <b>Cuadro 5.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor A: niveles de humedad en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 38   |
| <b>Cuadro 6.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....   | 38   |
| <b>Cuadro 7.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor B: etapas de supresión de riego en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 39   |
| <b>Cuadro 8.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor C: genotipos en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....  | 40   |
| <b>Cuadro 9.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 41   |
| <b>Cuadro 10.</b> Prueba de Duncan altura de planta para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....   | 42   |
| <b>Cuadro 11.</b> Análisis de efecto simple para la altura de planta en la interacción niveles de humedad por genotipos ( A x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....              | 43   |
| <b>Cuadro 12.</b> Análisis de efecto simple para la altura en la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....                         | 45   |
| <b>Cuadro 13.</b> Análisis de efecto simple para la altura de planta en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....                   | 47   |
| <b>Cuadro 14.</b> Análisis de efecto simple para la altura de planta en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego .....                     | 49   |
| <b>Cuadro 15.</b> Análisis de efecto simple para la altura de planta en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....           | 50   |
| <b>Cuadro 16.</b> Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor A: niveles de humedad para la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 52   |
| <b>Cuadro 17.</b> Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor A: niveles de humedad para la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....   | 53   |
| <b>Cuadro 18.</b> Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 54   |
| <b>Cuadro 19.</b> Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....  | 55   |
| <b>Cuadro 20.</b> Análisis de efecto simple para el diámetro de tallo en la interacción etapas de supresión de riego por genotipo (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) ..... | 56   |

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 21.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor A: niveles de humedad en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 58 |
| <b>Cuadro 22.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor A: niveles de humedad en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 59 |
| <b>Cuadro 23.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....   | 59 |
| <b>Cuadro 24.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor B: etapas de supresión de riego para la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 60 |
| <b>Cuadro 25.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor B: etapas de supresión de riego para la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 61 |
| <b>Cuadro 26.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor B: etapas de supresión de riego para la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....                                       | 62 |
| <b>Cuadro 27.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor C: genotipos para la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....  | 62 |
| <b>Cuadro 28.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 63 |
| <b>Cuadro 29.</b> Prueba de Duncan número de hojas para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....  | 64 |
| <b>Cuadro 30.</b> Análisis de efecto simple para el número de hojas en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....          | 65 |
| <b>Cuadro 31.</b> Prueba de Duncan área foliar para el factor B: etapas de supresión de riego para la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 68 |
| <b>Cuadro 32.</b> Prueba de Duncan área foliar para el factor B: etapas de supresión de riego para la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 69 |
| <b>Cuadro 33.</b> Prueba de Duncan área foliar para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 69 |
| <b>Cuadro 34.</b> Prueba de Duncan área foliar para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....  | 70 |
| <b>Cuadro 35.</b> Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x B) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) ..... | 71 |
| <b>Cuadro 36.</b> Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....              | 73 |
| <b>Cuadro 37.</b> Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano).....                 | 75 |
| <b>Cuadro 38.</b> Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....                | 77 |
| <b>Cuadro 39.</b> Prueba de Duncan diámetro de panoja para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego .....   | 80 |
| <b>Cuadro 40.</b> Prueba de Duncan diámetro de panoja para el factor C. genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 81 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro 41.</b> Análisis de efecto simple para el diámetro de panoja en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....           | 82  |
| <b>Cuadro 42.</b> Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor A: niveles de humedad en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 85  |
| <b>Cuadro 43.</b> Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....  | 85  |
| <b>Cuadro 44.</b> Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor B: etapas de supresión de riego en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 86  |
| <b>Cuadro 45.</b> Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor B: etapas de supresión de riego en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....  | 87  |
| <b>Cuadro 46.</b> Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 88  |
| <b>Cuadro 47.</b> Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....   | 89  |
| <b>Cuadro 48.</b> Análisis de efecto simple para la longitud de panoja en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego... ..                               | 90  |
| <b>Cuadro 49.</b> Análisis de efecto simple para la longitud de panoja en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) ..... | 92  |
| <b>Cuadro 50.</b> Prueba de Duncan para el índice de cosecha en el factor A: niveles de humedad .....   | 94  |
| <b>Cuadro 51.</b> Prueba de Duncan para el índice de cosecha en el factor C: genotipos .....  | 95  |
| <b>Cuadro 52.</b> Contraste ortogonal para la altura de planta en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....  | 96  |
| <b>Cuadro 53.</b> Contraste ortogonal para el diámetro de tallo en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 97  |
| <b>Cuadro 54.</b> Contraste ortogonal para el número de hojas en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 98  |
| <b>Cuadro 55.</b> Contraste ortogonal para el área foliar en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....   | 99  |
| <b>Cuadro 56.</b> Contraste ortogonal para el área foliar en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....   | 100 |
| <b>Cuadro 57.</b> Contraste ortogonal para el diámetro de panoja en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 101 |
| <b>Cuadro 58.</b> Contraste ortogonal para la longitud de panoja en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....  | 102 |
| <b>Cuadro 59.</b> Contraste ortogonal para la biomasa .....   | 103 |
| <b>Cuadro 60.</b> Contraste ortogonal para el índice de cosecha .....   | 104 |
| <b>Cuadro 61.</b> Lámina de riego a lo largo del ciclo del cultivo .....  | 105 |
| <b>Cuadro 62.</b> Cálculo de la evapotranspiración del cultivo por el método empírico penman modificado por la FAO .....  | 107 |
| <b>Cuadro 63.</b> Cálculo de la evapotranspiración del cultivo .....  | 108 |
| <b>Cuadro 64.</b> Cálculo de la constante térmica para cada genotipo .....  | 109 |

## INDICE DE FIGURAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>Figura 1.</b> Variación de la temperatura.....   | 16          |
| <b>Figura 2.</b> Variación de la humedad relativa .....   | 17          |
| <b>Figura 3.</b> Esquema de las del agua en el suelo y de su utilización por las plantas .<br>.....   | 23          |
| <b>Figura 4.</b> Curva de humedad del nivel 1 (60% CC) .....  | 32          |
| <b>Figura 5.</b> Curva de humedad del nivel 2 (30% CC) .....  | 34          |
| <b>Figura 6.</b> Curva de humedad del nivel 3 (10% CC) .....  | 35          |
| <b>Figura 7.</b> Altura de planta en la interacción niveles de humedad por genotipos<br>(A x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación).....                      | 44          |
| <b>Figura 8.</b> Altura de planta en la interacción etapas de supresión de riego por<br>genotipos (B x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) .....           | 46          |
| <b>Figura 9.</b> Altura de planta en la interacción niveles de humedad por genotipos<br>(A x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....                         | 48          |
| <b>Figura 10.</b> Altura de planta en la interacción etapas de supresión de riego por<br>genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....              | 49          |
| <b>Figura 11.</b> Altura de planta en la interacción niveles de humedad por genotipos<br>(A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano).....                 | 51          |
| <b>Figura 12.</b> Diámetro de tallo en la interacción etapas de supresión de riego por<br>genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....     | 52          |
| <b>Figura 13.</b> Número de hojas en la interacción etapas de supresión de riego por<br>genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....               | 66          |
| <b>Figura 14.</b> Área foliar en la interacción niveles de humedad por etapas de supresión<br>de riego (A x B) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)<br>.....   | 72          |
| <b>Figura 15.</b> Área foliar en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos<br>(B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....                   | 74          |
| <b>Figura 16.</b> Área foliar en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B<br>x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....           | 76          |
| <b>Figura 17.</b> Área foliar en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en<br>la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....                     | 78          |
| <b>Figura 18.</b> Diámetro de panoja en la interacción niveles de humedad por genotipos<br>(A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) .....              | 83          |
| <b>Figura 19.</b> Longitud de panoja en la interacción niveles de humedad por genotipos (A<br>x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración) .....                      | 90          |
| <b>Figura 20.</b> Longitud de panoja en la interacción etapas de supresión de riego por<br>genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)<br>..... | 92          |
| <b>Figura 21.</b> Lámina de riego aplicada .....  | 105         |
| <b>Figura 22.</b> Lámina de riego total aplicada .....  | 106         |
| <b>Figura 23.</b> Evapotranspiración del cultivo .....  | 108         |

## INDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Croquis del ensayo

**Anexo 2.** Informe de Ensayo (Laboratorio)

**Anexo 3.** Lámina de riego para la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

**Anexo 4.** Lámina de riego para la 2da etapa de supresión de riego (floración)

**Anexo 5.** Lámina de riego para la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 6.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la altura de planta en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

**Anexo 7.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el diámetro de tallo en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

**Anexo 8.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el número de hojas en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

**Anexo 9.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el área foliar en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

**Anexo 10.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el diámetro de panoja en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

**Anexo 11.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la longitud de panoja e la 2da y 3era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano)

**Anexo 12.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la biomasa a la cosecha de los genotipos

**Anexo 13.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el indice de cosecha

**Anexo 14.** Contraste ortogonal para la altura de planta en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

**Anexo 15.** Contraste ortogonal para la altura de planta en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 16.** Contraste ortogonal para el diámetro de tallo en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 17.** Contraste ortogonal para el número de hojas en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

**Anexo 18.** Contraste ortogonal para el número de hojas en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 19.** Contraste ortogonal para el área foliar en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

**Anexo 20.** Contraste ortogonal para el área foliar en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 21.** Contraste ortogonal para el diámetro de panoja en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 22.** Contraste ortogonal para la longitud de panoja en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

**Anexo 23.** Cosecha de los genotipos

- Anexo 24.** Balance hídrico para el mes de junio al 60% de CC
- Anexo 25.** Balance hídrico para el mes de julio al 60% de CC
- Anexo 26.** Balance hídrico para el mes de agosto al 60% de CC
- Anexo 27.** Balance hídrico para el mes de septiembre al 60% de CC
- Anexo 28.** Balance hídrico para el mes de octubre al 60% de CC
- Anexo 29.** Balance hídrico para el mes de junio al 30% de CC
- Anexo 30.** Balance hídrico para el mes de julio al 30% de CC
- Anexo 31.** Balance hídrico para el mes de agosto al 30% de CC
- Anexo 32.** Balance hídrico para el mes de septiembre al 30% de CC
- Anexo 33.** Balance hídrico para el mes de octubre al 30% de CC
- Anexo 34.** Balance hídrico para el mes de junio al 10% de CC
- Anexo 35.** Balance hídrico para el mes de julio al 10% de CC
- Anexo 36.** Balance hídrico para el mes de agosto al 10% de CC
- Anexo 37.** Balance hídrico para el mes de septiembre al 10% de CC
- Anexo 38.** Balance hídrico para el mes de octubre al 10 % de CC
- Anexo 39.** El ensayo dentro el walipini
- Anexo 40.** La sonda theta
- Anexo 41.** Genotipo 1 (EDK – 4)
- Anexo 42.** Genotipo 2 (Real Pandela)
- Anexo 43.** Genotipo 3 (Variedad Chucapaca)
- Anexo 44.** Genotipo 4 (L – 320)
- Anexo 45.** Genotipo 5 (Accesión 1560)

## RESÚMEN

El ensayo se realizó en la gestión 2003, en los predios del Instituto Benson en la localidad Contorno – Letanías, provincia Ingavi departamento de La Paz.

Se evaluaron cinco genotipos en tres niveles de humedad (60, 30 y 10% CC) en tres etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano). Los genotipos evaluados fueron: 1(EDK – 4) de la Costa de Chile, 2 (R. Pandela) y 3 (Var. Chucapaca) del Altiplano Sur, 4 (L – 320) del Altiplano Central y 5 (Accesión 1560) del valle de Arani de Cochabamba. Este material se evaluó bajo un diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas sub divididas y tres repeticiones. Las variables agronómicas estudiadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, diámetro de panoja longitud de panoja, biomasa e índice de cosecha, también la evapotranspiración del cultivo y la constante térmica.

Las mayores alturas de planta fueron alcanzadas en el nivel de humedad 1 (60% CC.) en las tres etapas de supresión de riego (19.19, 59.46 y 61.34 cm) en cambio en el nivel de humedad 3 (10 % CC) se alcanzó las menores alturas de planta (47.40 y 49.53 cm) en la 2da y 3era etapas de supresión de riego, en cambio en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) se registró la menor altura de planta 18.49 cm con un nivel del 30% CC.

Con un 60 % de CC se observó los mayores diámetros de tallo (6.33 y 6.60 mm) en la 2da y 3era etapas de supresión de riego y los menores diámetros de tallo (5.64 y 5.76) con un nivel de humedad del 10 % de CC. El genotipo 1 registró los menores diámetros de tallo (5.38 y 5.53 mm) en cambio el genotipo 5 los mayores diámetros de tallo (6.64 y 6.98 mm).

A un nivel de humedad del 60 % de CC se alcanzó un mayor número de hojas (17.48 y 22.73) en la 1era y 2da etapas de supresión de riego y el menor número de hojas con un nivel de humedad del 10 % de CC (15.37 y 10) en la 3era etapa de supresión de riego.

En la 1era etapa de supresión de riego el genotipo 5 obtiene el mayor número de hojas de 27.40 y el genotipo 2 el menor número de 16.70 hojas. En la 2da etapa de supresión de riego el genotipo 1 alcanzó el mayor número de hojas 17.48 y el



genotipo 5 el menor número de 15.14 hojas en cambio en la 3era etapa de supresión alcanzó un mayor número de 19.92 hojas y el genotipo 3 el menor número de 7.81 hojas.

En cuanto al área foliar en la 2da y 3era etapas de supresión de riego los genotipos: 5 y 1 registraron las mayores áreas foliares (331.68 y 236.93 cm<sup>2</sup>) y las menores áreas foliares lo registraron los genotipos 4 y 3 (290.91 y 104.93 cm<sup>2</sup>).

En la 2da etapa de supresión de riego el genotipo 3 muestra un mayor diámetro de panoja de 33.65 mm y el genotipo 4 el menor diámetro de panoja de 29.75 mm. En la 3era etapa de supresión de riego el genotipo 5 obtiene el mayor diámetro de panoja de 40.10 mm y el menor diámetro de panoja de 32.18 mm el genotipo 1.

Con un nivel de humedad del 60 % CC se tiene la mayor longitud de panoja (15.12 y 17.43 cm) en la 2da y 3era etapas de supresión de riego y la menor longitud de panoja (9.79 y 12.10 cm). con un nivel de humedad del 10 % CC. El genotipo 3 alcanzó la mayor longitud de panoja (17.70 y 18.55 cm) y la menor longitud de panoja el genotipo 5 (4.33 y 7.97 cm).

El mayor índice de cosecha de 0.40 se alcanzo con el nivel de humedad del 30 % CC y el menor índice de 0.34 se alcanza con un nivel de humedad del 10 % CC El genotipo 4 alcanzó el mayor índice de cosecha 0.40 y el genotipo 5 el menor índice de cosecha de 0.32.

La Eto calculado por el método empírico Penman modificado fue de 3.64 mm/ día como promedio.

La constante térmica determinada por el método directo se tiene que el genotipo 1 (EDK -4) alcanzó la menor constante térmica de 918.9 constantes, en cambio el genotipo 5 (Accesión 1560) la mayor constante térmica de 2182.13 constantes.

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia del mejoramiento de cultivos es grande, debido a que el hombre depende de las plantas en forma directa e indirectamente. En este sentido el mejoramiento de plantas en la zona del Altiplano debe orientarse a la obtención de variedades que se adapten a condiciones climáticas adversas que son frecuentes en la región como ser heladas y secúas. De esta manera se pueda asegurar una mayor producción y diversidad de cultivos adaptados al Altiplano.

Entre estos cultivos se tiene a la quinua, planta andina que muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y parientes silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, que fue utilizada por el hombre del altiplano desde 5000 años A. C. La quinua se caracteriza por su rusticidad en cuanto al manejo y la resistencia que tiene a diferentes factores climáticos adversos como ser heladas, secúas, salinidad de los suelos, granizada, nevada, inundaciones y exceso de calor. Sin embargo, estos factores adversos afectan la producción en diferentes aspectos, desde pequeños daños con relativa disminución de la producción, hasta una pérdida total de las cosechas (Mújica, 2004).

Se tiene conocimiento que la quinua es resistente a la sequía, sin embargo existe disconformidad bibliográfica sobre el nivel de resistencia de la quinua a la sequía, y sobre la fase fenológica de mayor sensibilidad y de los niveles de humedad más aceptables para su desarrollo bajo condiciones de déficit hídrico. Por otra parte, tampoco se tienen estudios sobre los cambios morfológicos debido al déficit hídrico.

Como en la mayoría de las especies cultivadas la quinua también es susceptible a la sequía en determinadas fases fenológicas, ante todo en la fase de floración, pero también tolera la sequía, en las fases tempranas (Ramos, 2000). Además, se asume que la resistencia varía con la procedencia del material (valle, costa y altiplano). Por lo que es necesario conocer la respuesta de la quinua ante diferentes niveles de déficit de agua.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

1. Contribuir al conocimiento, bajo ambiente semi controlado (walipini) la respuesta a la sequía de genotipos de quinua.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1 Evaluar el comportamiento agronómico y morfológico de los genotipos de quinua en los niveles humedad del 10, 30 y 60% de C C medidos en humedad volumétrica.
- 2 Determinar el comportamiento agronómico y morfológico de genotipos de quinua en tres etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano).
- 3 Identificar los cambios morfológicos ante el déficit hídrico.

### **1.2.3 Hipótesis**

Ho: No existen diferencias en el comportamiento agronómico y morfológico de los genotipos de quinua en los niveles de humedad del suelo.

Ho: No existen diferencias en el comportamiento agronómico y morfológico en los genotipos de quinua en las tres etapas de supresión de riego.

Ho: No se identifican cambios en su morfología ante el déficit hídrico.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Producción de la quinua

Los principales productores de este grano a nivel internacional son: Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. Bolivia con más de 47,5340 ha cultivadas y alrededor de 30,4120 TM cosechadas, de las cuales un 49 % es consumida por las familias productoras, 35 % se venden en los mercados locales y el resto para mercados externos, constituyéndose así como el primer productor y exportador de quinua en el mundo, siendo productores exclusivos tanto el Altiplano Central como Sur de Bolivia (Viñas, 2000).

### 2.2 Importancia de la quinua

La importancia alimenticia de la quinua radica en su valor nutritivo, su contenido de proteína bruta está entre 14 y 18%, contiene más proteína que el huevo y la leche (11.3% y 3.3% respectivamente). Solamente es superado por la soya y la carne que contiene 33 % y 21%. La quinua junto al amaranto y la cañahua contienen aminoácidos esenciales para el organismo humano (PROINPA, 1999).

Mújica (2003), señala que son poco conocidas las diferentes formas de transformación de estos granos andinos puesto que se pueden obtener: harinas, leche, hojuelas, almidones, colorantes, saponina, proteína concentrada, granos perlados crudos y precocidos, germinados, granos preparados para el graneado, malteados, néctares, fideos, golosinas, toffes, dulces mermeladas, etc. Sin embargo aún no se conoce con precisión cuales son las variedades más adecuadas, para cada uno de estos procesos.

Mújica *et al.* , 2004, indican que la quinua tiene múltiples usos y se puede emplear casi todas sus partes para la alimentación humana, animal (forraje y concentrados), ornamental, medicinal, control de plagas y parásitos que afectan a los animales domésticos, industrial, como combustible, como tutor de siembras asociadas, hortaliza de hoja e inflorescencia y hasta en ritos ceremoniales y creencias

populares, para aclimatar a la altura animales como vacunos que viven en otras latitudes mas bajas, así como para evitar el mal de altura en pollos.

### **2.3 Distribución del cultivo de quinua**

Existen ecotipos de quinua adaptados a condiciones diversas, algunos se cultivan en regiones de precipitación escasa, como el Altiplano Sur de Bolivia. Por otro lado, se observan cultivos en áreas donde los niveles de precipitación son mayores, donde la precipitación pasa los 800 mm al año (Mújica *et al.*, 2004).

Las características nutricionales de la quinua, su rusticidad, amplia adaptabilidad y usos múltiples, explican el interés en su cultivo no sólo en América del Sur si no en gran parte del mundo. La demanda por quinua está aumentando en Norteamérica, Europa y Asia, y este incremento ha generado expectativas en los países de producción tradicional donde los volúmenes de exportación son cada año mayores, sin embargo, la producción es insuficiente para cubrir esta demanda y su incremento (Jacobsen *et al.*, 2004).

### **2.4 Fenología**

Es una rama de la meteorología agrícola que estudia el proceso de desarrollo de los cultivos agrícolas desde la germinación de las semillas hasta la formación de las nuevas semillas, las plantas muestran varios cambios visibles externos, que son resultado de las condiciones ambientales. Estos cambios externos son denominados fases fenológicas (Michel, 2002).

**2.4.1 Fases fenológicas.-** Las fases fenológicas son cambios externos diferenciales para el cultivo de la quinua, las que han sido definidas por Mújica y Canahua (1989) en las siguientes:

**Emergencia.-** Cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales, observándose las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra.

**Dos hojas verdaderas.-** Es cuando fuera de las hojas cotiledonales, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces.

**Cuatro hojas verdaderas.-** Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía.

**Seis hojas verdaderas.-** En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas.

**Ramificación.-** Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra.

**Inicio de panojamiento.-** La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.

**Panojamiento.-** La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

**Inicio de floración.-** Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas.

**Floración o antesis.-** La floración es cuando el 50 % de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra.

**Grano lechoso.-** El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra.

**Grano pastoso.-** El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra.

**Madurez fisiológica.-** Es cuando el grano ofrece resistencia a la penetración cuando es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %, el lapso comprendido de la floración a madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado de grano, así mismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta.

Mújica (1989), indica que la quinua presenta 12 fases fenológicas, cinco corresponden a la etapa vegetativa (emergencia, dos hojas verdaderas, cuatro hojas verdaderas, seis hojas verdaderas y ramificación) y las otras siete son de la fase

reproductiva (inicio de panojamiento, inicio de floración, floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica).

### **2.5 Valor nutritivo de la quinua**

La quinua no tiene un alto contenido de proteínas comparado con otros cereales, pero la importancia nutritiva de esta planta andina radica en la calidad de las proteínas del grano, las cuales son principalmente de tipo albúmina y globulina. Estas tienen una composición balanceada de amino ácidos esenciales parecida a la composición aminoácídica de la caseína, proteína de la leche (Vizarreta, 2002).

Se ha determinado que el 82.71% de ácidos grasos en el aceite de quinua pertenece a ácidos grasos insaturados, los cuales han tenido una gran importancia por la actividad benéfica para el organismo, ya que se les atribuye, el mantener la fluidez de los lípidos de las membranas ( Wood, *et al.*, 1993).

### **2.6 Requerimientos del cultivo**

#### **2.6.1 Suelo**

La quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica y con nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También se puede adaptar a suelos francos arenosos, o franco arcillosos, siempre que se les dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de agua (FAO, 2000).

#### **2.6.2 pH**

La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha observado que dan producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos, equivalente a 4.5 de pH, pero se recomienda utilizar el genotipo más adecuado para cada condición de pH (FAO, 2000).



### 2.6.3 Agua

La quinua es eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, si no tolerar y resistir la falta de humedad del suelo.

En general, la quinua prospera con 250 a 500 mm de precipitación anual, como es el caso del altiplano sur boliviano, en Salinas de Garci Mendoza, Uyuni, Coipasa y áreas aledañas a Llica, lógicamente con tecnologías que permiten almacenar agua para utilizarlas en forma eficiente y apropiada, así como con genotipos específicos y adaptados a dichas condiciones de déficit de humedad. De acuerdo a investigaciones realizadas se ha determinado que la humedad del suelo equivalente a capacidad de campo, constituye exceso de agua para el normal crecimiento y producción de la quinua, siendo sólo suficiente  $\frac{3}{4}$  de capacidad de campo ideal para su producción (Mújica *et al.*, 2004).

### 2.6.4 Temperatura

La temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de 15 a 20° C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10° C desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C, también puede soportar bajas temperaturas hasta (-8° C), en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano (FAO 2000).

Respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los 38°C produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano (Mújica *et al.*, 2004).

### **2.6.5 Foto período**

La quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad presenta genotipos de días cortos, de días largos e indiferentes al foto período. Este cultivo prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada. En la latitud sur a 15° se tiene las zonas de mayor producción de quinua, el promedio de horas de luz diaria es de 12.19, con un acumulado de 146.3 horas al año (Frere *et al.*, 1975).

### **2.6.6 Riego**

Define, riego como al suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua a los cultivos, de tal manera que estos no sufran una disminución en el rendimiento y sin causar daños al medio ambiente (Chipana, 1996).

La quinua en la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales, y en forma excepcional se utiliza riego el cual constituye un elemento complementario, con la finalidad de suministrar humedad en épocas de sequía.

Trabajos de investigación efectuados para determinar los valores del consumo de agua en el Altiplano Boliviano se encontró que el uso consuntivo para la quinua por el método Blaney- Criddle es de 519 mm y de 523 mm por lisímetros para un período de 185 días, mientras que por el método Hargreaves el uso consuntivo alcanza a 504 mm (Morales, 1976).

### **2.6.7 Evapotranspiración**

En el Altiplano Central de Bolivia, la evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua, medida por lisimetría es 3.64 mm/día (promedio estacional), alcanzando sus valores más altos durante la floración e inicio de grano lechoso. La evapotranspiración potencial promedio anual, según la fórmula de Penman, fue de 3.4 mm/día con su equivalente a 1241 mm/año, siendo el coeficiente de cultivo (Kc) de 0.87 en promedio estacional (Choquecallata *et al.*, 1991).

## **2.7 Resistencia de la quinua a la sequía**

Desde el punto de vista agronómico la sequía se define como la falta de humedad que afecta al normal crecimiento y desarrollo de la planta afectando sus principales funciones y disminuyendo su potencial productivo o de rendimiento de sus órganos, el cual puede ocurrir en cualquier etapa fenológica de su desarrollo. Debido a este déficit hídrico de humedad las plantas reaccionan de diferente forma para contrarrestar estos efectos ocurre normalmente la disminución de la producción (Vizarreta, 2002).

La quinua es resistente a la sequía porque además de sobrevivir en condiciones de escasa humedad es capaz de dar producciones de grano y materia verde para el consumo tanto humano como animal, que sean económicamente aceptables y rentables, debido a una serie de modificaciones y mecanismos. Los mecanismos pueden ser: anatómicos (menor número y tamaño de estomas), fenológicos (acortamiento del periodo de floración) y bioquímicos (mayor síntesis de prolina), lo cual le permite mantener sus funciones vitales (Mújica *et al.*, 2004).

### **2.7.1 Fases fenológicas críticas a la sequía en quinua**

Espíndola (1986), en un trabajo de respuestas fisiológicas morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico en condiciones controladas, indica que la fase fenológica de prefloración es la más susceptible al déficit hídrico para el rendimiento de grano. A su vez Huiza (1994), en un trabajo similar da a conocer que la fase fenológica de grano lechoso es la más susceptible al déficit hídrico. Por su parte Jacobsen (1999), indica que en la quinua las fases fenológicas más susceptibles a la sequía, para el rendimiento de grano son la vegetativa, antesis y la fase de llenado de grano.

## **2.8 El agua en el suelo**

Inicialmente el agua se deposita en el suelo como agua gravitacional luego se la encuentra como agua capilar, estas dos formas de agua son aprovechables por la planta y se encuentra en movimiento en los poros grandes y pequeños. Al final el

agua queda aprisionada herméticamente en forma de capas muy delgadas alrededor de las partículas del suelo lo que hace imposible su aprovechamiento por la planta, originando de esa manera el inicio de la marchites en las plantas (Torres, 1981).

## **2.9 Estados del agua en el suelo**

Desde el punto de vista de su utilización por las plantas cabe diferenciar los siguientes estados del agua en el suelo:

### **2.9.1 Saturación**

Un suelo está saturado cuando todos sus poros están ocupados por agua. Esta situación se presente después de una lluvia copiosa o de un riego abundante (Fuentes, 1998).

### **2.9.2 Capacidad de Campo (CC)**

Se introdujo este concepto, por Israelsen y West (1992), para designar la cantidad de agua, expresada como humedad gravimétrica en porcentaje, de un suelo que ha sido mojado abundantemente por riego o por lluvia y después dejado drenar libremente, evitando las pérdidas por evapotranspiración, hasta que la intensidad del drenaje sea despreciable ( Martín *et al.*, 1993).

Fuentes (1988), afirma que cuando el suelo ya no pierde más agua por gravedad se dice que está a capacidad de campo, situación más favorable para el desarrollo de los cultivos. En esta situación, el agua ocupa los microporos y el aire ocupa gran parte del espacio de los macro poros. La cantidad de agua que puede retener un suelo a la capacidad de campo depende sobre todo del tamaño de los macro poros y más de la textura que de la estructura.

### **2.9.3 Punto de Marchites Permanente (PMP)**

El concepto de punto de marchitamiento se introdujo en la física de suelos por Briggs y Shantz (1912), para indicar la humedad existente en el suelo cuando la planta se marchita. El punto de marchitamiento permanente dependerá no sólo del suelo sino

de otros factores, como la planta extensión radicular, capacidad de absorción del agua, presión de turgencia necesaria para el marchitamiento (Martín *et al.*, 1993).

En el USDA (1987), indica que el PMP es el índice de humedad del suelo en el cuál las plantas no obtienen la suficiente cantidad de agua para sus necesidades de transpiración. Leiton (1960), indica que como resultado de esta situación, las plantas se marchitan y permanecen en ese estado, a menos que se aplique agua al suelo. De persistir dicho estado las plantas llegan a morir.

### **2.10 Utilización del agua en el suelo**

Desde el punto de vista de su utilización por las plantas, según Fuentes (1988) el agua del suelo se clasifica en: agua sobrante, agua disponible y agua no disponible.

**Agua sobrante.-** Es la porción de agua que sale libremente del suelo por la acción de la gravedad. Comprende el agua gravitacional. Esta agua no puede ser utilizada por las plantas, porque pasa a una región del suelo no accesible a las raíces.

**Agua disponible.-** Es la porción de agua que puede ser absorbida por las raíces de las plantas con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración. El agua disponible es igual a la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento.

**Agua no disponible.-** Es la porción de agua retenida por el suelo con tanta fuerza que las plantas no pueden absorberla con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración. Esta agua es la que permanece en el suelo a partir del punto de marchitamiento.

### **2.11 Evapotranspiración**

La evapotranspiración incluye dos procesos distintos; uno de carácter físico y el otro de carácter fisiológico, que son; la evaporación de agua del suelo y la transpiración de las plantas. La transpiración o pérdida de agua, en estado de vapor por la planta, es un fenómeno común en todas las plantas terrestres (Barcello, 1988).

Según Gurovich (2001), el consumo de agua de los cultivos, llamado evapotranspiración (ET) o uso - consumo (UC), se define como la cantidad de agua utilizada por cada cultivo, en la formación de tejidos, transpiración a través de las hojas y en la evaporación directa desde la superficie del suelo, más aquella cantidad de agua que no se reintegra a la atmósfera debida a la evaporación del agua (lluvia o riego).

### **2.11.1 Estimación de la evapotranspiración en ambientes protegidos**

La cobertura plástica utilizada en ambiente protegido es responsable por la alteración significativa del balance de radiación que ocurre en su interior en relación a un ambiente externo, debido a la absorción de la radiación solar incidente por la cobertura, que acaba resultando en reducción del saldo de la radiación interna y consecuentemente la evapotranspiración (Farias, 1992).

Asimismo en el interior del ambiente protegido la evapotranspiración es menor que aquella que ocurre en ambiente externo, atribuyéndose no solamente a la reducción de la energía disponible en el ambiente si no también a la menor velocidad del viento (Farias, 1992; Farias *et al.*, 1994; Sentelhas y Santos, 1995). En el interior del ambiente protegido la Eto (Evapotranspiración) es en promedio 60 a 80% de aquella que ocurre en ambiente externo (Rosenberg *et al.*, 1989).

Como en un ambiente protegido no hay la reposición de agua por las lluvias, el riego asume el papel fundamental en ese sistema de cultivos, siendo la estimación de la evapotranspiración indispensable para el manejo de agua de los cultivos (Farias, 1992). En ese sentido, Farias *et al.*, (1994) propusieron la siguiente ecuación de estimación de la evapotranspiración interna (Etoi) a partir de la evapotranspiración externa (Etoe), para la escala quinquedial (5 días):

$$\text{Método de Penman: } E_{toi} = 2.897 + 0.613 E_{toe}$$

## **2.12 Constante térmica**

Torrez (1981), indica que la constante térmica para un determinado cultivo, es la cantidad acumulada de unidades calor desde la emergencia hasta la madurez fisiológica del cultivo.

### **2.12.1 Métodos para el cálculo de unidades de calor (U. C.)**

Toda planta para completar su ciclo vegetativo debe acumular cierto número de grados de temperatura, por lo que se han ideado varios métodos para llevar el control de la acumulación progresiva de grados a partir de la fase inicial. El método más sencillo es de la suma de temperaturas medias diarias propuesto por Reamur y consiste en sumar las temperaturas medias diarias, ya sea entre dos fases o durante todo el ciclo (Ruiz, 1991).

**Método directo o Reamur.-** Consiste en la suma de las temperaturas medias diarias desde el momento de la emergencia hasta la madurez fisiológica (Da Mota, 1981).

**Método Residual.-** Este método también acumula temperaturas media diarias pero encima de la temperatura mínima que el cultivo requiere para desarrollar llamada temperatura base.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización

El estudio se lo realizó en los predios del Instituto Benson situada en Contorno Letanías, Viacha, provincia Ingavi, a 32 km de la ciudad de La Paz ubicada entre los paralelos 16°42' 5" de L. S. y 68° 15' 54" de L. O. a 3860 m. s. n m.

#### 3.2 Características agro ecológicas de la zona

La zona presenta un clima predominantemente frío con una temperatura promedio de 8 °C; tiene una fisiografía que presenta un relieve ondulado, con presencia de serranías su precipitación pluvial media anual es de 500 mm. Los suelos, tienen problemas de salinidad y pH básico y una capa arable poco profunda (INE 1999).

#### 3.3 Vegetación

En la zona la vegetación predominante está compuesta por especies nativas de tipo herbáceo y que en gran número pertenecen a la familia de las Poaceas (gramíneas). Dentro de las especies cultivadas se tiene papa (*Solanum tuberosum*), quinua (*Chenopodium quinoa*), papaliza (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalis tuberosa*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*), avena (*Avena sativa*), haba (*Vicia faba*), Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) (Lescano, 1994).

#### 3.4 Características del Walipini

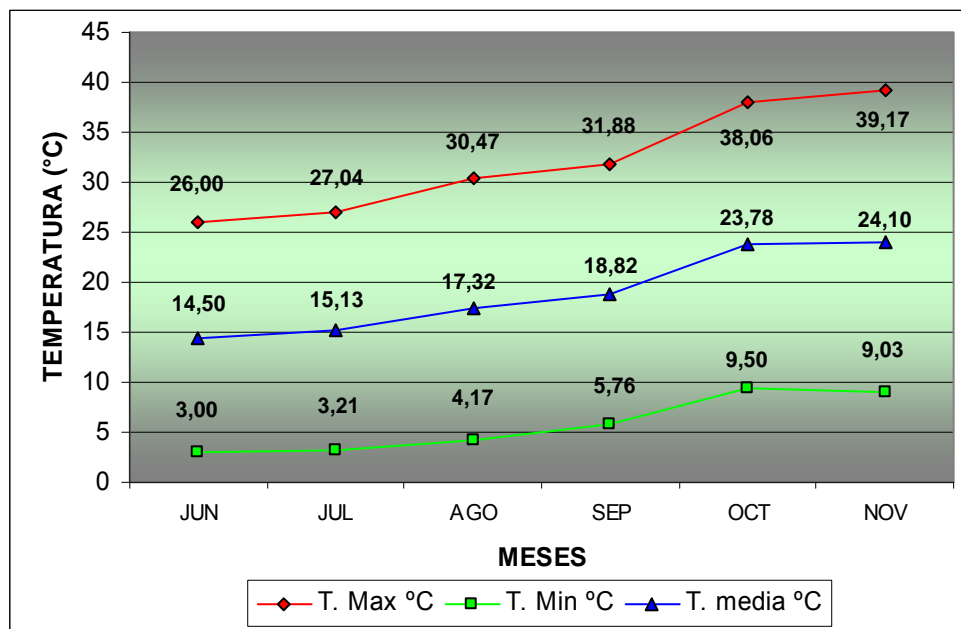
Walipini en idioma aymará quiere decir "siempre bueno", en razón de que en el walipini se puede cultivar todo el año sin perjuicio de las fuertes heladas o sequías que se registran en el Altiplano. En verano la temperatura en el walipini varía de 15 a 40 °C y una humedad relativa de 40 a 60%, en cambio en invierno la temperatura varia de 0 a 35 °C y la humedad relativa es de 20 %.



### 3.5 Condiciones climáticas en el interior y exterior del walipini

#### 3.5.1 Temperatura

En la figura 1, se observa la fluctuación de la temperatura en el exterior e interior del walipini registrada durante el periodo del trabajo de investigación (SENAMHI, 2003 y elaboración propia en el interior del walipini).

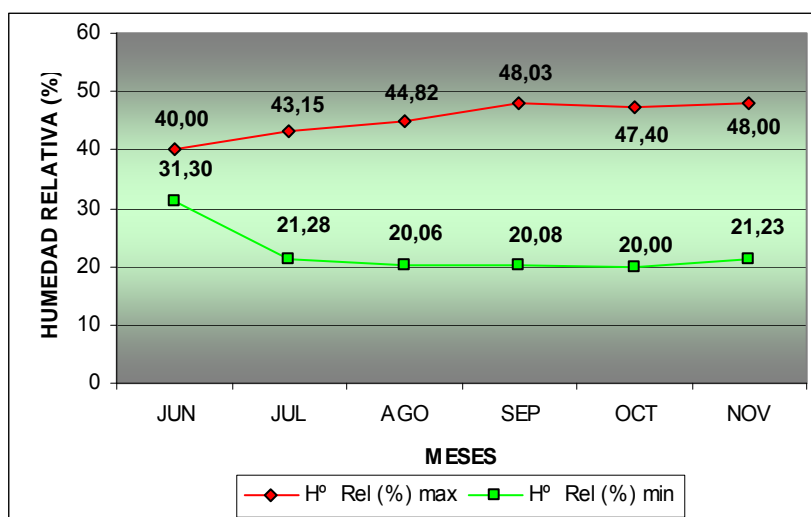


**Figura 1.** Variación de la temperatura

Como es característica del Altiplano se presentaron temperaturas extremas durante el crecimiento y desarrollo del cultivo en la gestión agrícola 2003. La temperatura máxima de 39.2 °C fue registrado en el interior del walipini y 18.50 °C en el exterior del walipini. La temperatura mínima extrema de 3°C registrado en el mes de junio dentro el walipini mientras que en el exterior del walipini se registro 8.90 °C bajo cero en el mismo mes siendo la diferencia de temperatura de 5.89 °C entre el exterior e interior del walipini.

La temperatura media registrada (21.1 °C) durante el ensayo fue próxima a la mencionada por la FAO (2000), que indica que la temperatura normal para el desarrollo del cultivo de quinua se encuentra entre los 15 a 20 °C.

### 3.5.2 Humedad relativa



**Figura 2.** Variación de la humedad relativa

De acuerdo a la figura 2, la humedad relativa registrada dentro del walipini fue la siguiente: la humedad relativa máxima de 48% en el mes de noviembre y la mínima humedad relativa registrada fue de 20 % en el mes de octubre.

## 3.6 Materiales

### 3.6.1 Material Vegetal

En el estudio se utilizaron cinco genotipos de quinua del programa de investigación de la FUNDACION PROINPA; este material representa al grupo de quinuas más sobresaliente del Altiplano Norte, Central, Sur y de la costa de Chile, las cuales presentan las siguientes características:

**1. EDK- 4:** procedente de la costa de Chile, tiene la característica de ser precoz requiere de 100 días para llegar a su madurez fisiológica presenta color verde en la fase vegetativa y un color anaranjado en la floración hasta la madurez fisiológica presenta grano amargo es susceptible a la falta de agua.

**2. Real Pandela:** procedente del Altiplano Sur de color púrpura de panoja tipo “pandela” amarantiforme de grano amargo de color púrpura, grande de ciclo de 140 días para llegar a la madurez fisiológica, resistente a la sequía y salinidad.

**3. Var. Chucapaca:** procedente del Altiplano Central tiene característica de ser semitardío que requiere aproximadamente 150 días para llegar a la madurez fisiológica presenta color rojo, panoja glomerulado de grano dulce de tamaño mediano a grande presenta resistencia a la sequía en las fases de floración.

**4. Línea L- 320:** línea seleccionada del material procedente del Altiplano Central se caracteriza por ser planta de color verde con buena perspectiva de adaptación en el Altiplano Norte, panoja glomerulada de grano mediano a grande dulce de ciclo tardío de 160 días tolerante al anegamiento y al granizo.

**5. Acceso 1560:** procedente de la zona del valle de color verde, grano amargo tardío de ciclo vegetativo de 185 días susceptible a la sequía, helada y la salinidad. Por la característica de la panoja concentrada, se la conoce como cabezona, piña y alcachofa.

### 3.6.2 Material de campo e infraestructura

Los materiales principales de campo e infraestructura usados en el ensayo fueron:

- 1 Walipini (invernadero semi subterráneo) con cobertura de media agua con agrofilm de dimensiones 19 m x 6 m.
- 2 Sustrato del lugar con una relación de 1: 1: 1 (tierra del lugar, arena y turba).
- 3 Tamiz de 4 mm, recipientes de plástico (platos desechables).
- 4 Baldes, regadera, palas jardineras, jarra graduada.
- 5 Mesa de madera, silla, caseta de madera y flexo metro.
- 6 bolsas de polietileno (macetas) de 40 x 20 cm.

### 3.6.3 Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio fueron los siguientes:

Termómetros, probeta de 500 ,10 y 5cc.

Balanzas analítica digital y de 5 Kg. con un margen de error de 1 g.

Sonda theta, cámara fotográfica, vernier digital y horno.

### **3.6.4 Equipos de medición**

Para medir la humedad del suelo se utilizó la sonda Theta. La sonda Theta ha sido diseñada para medir el contenido de agua en el suelo empleando una nueva técnica equivalente a la reflectometría del tiempo dominio (TDR) en cuanto a la exactitud. El cuerpo de la sonda presenta un oscilador sinusoidal de 100 MHz, una sección de línea de transmisión coaxial y un circuito de medición con lectura directa de la humedad del suelo (Jacobsen *et al.*, 1999).

Tarjuelo (2005), indica que es un método que mide la constante dieléctrica del suelo por medio del tiempo de recorrido de un pulso electromagnético que se introduce en el suelo a través de dos varillas de acero inoxidable hincadas en él que sirve de guía a las ondas.

## **3.7 Método**

### **3.7.1 Preparación del sustrato**

Se preparó una mezcla con una relación de 1:1:1 (tierra del lugar, turba, y arena) que se tamizó en forma separada, luego se la mezcló. Una vez obtenida la mezcla del sustrato se procedió al cuarteo, para formar una muestra compuesta del cual se extrajo un kilogramo de sustrato con su respectiva etiqueta. Esta muestra final fue enviada al laboratorio de calidad ambiental dependiente del Instituto de Ecología de la U. M. S. A.

### **3.7.2 Macetas**

Las macetas empleadas fueron de 40 cm de diámetro por 20 cm de profundidad, con orificios en la base. Para recolectar el agua de drenaje se colocó un recipiente de plástico (platos desechables), luego se procedió al llenado de las macetas con 2.96 Kg de sustrato en promedio, esto previa ligera compactación para evitar que cuando se riegue el sustrato se asiente a la mitad de la bolsa.

### 3.8 Labores culturales

#### 3.8.1 Siembra y raleo

La siembra se la realizó en fecha 29 de mayo del 2003, con cinco semillas por maceta siguiendo una trayectoria circular en la maceta y una profundidad de 1.5 cm. El raleo con la ayuda de unas tijeras cuando las plantas alcanzaron seis a ocho hojas verdaderas, dejando una sola planta por maceta.

#### 3.8.2 Riego

Se aplicó riego de fondo a las unidades experimentales para homogenizar la humedad del sustrato, a los 3 días se procedió a la siembra. Posteriormente con la sonda Theta se tomaron las lecturas de la humedad del sustrato, tomado cuatro lecturas por unidad experimental, dos lecturas en la parte superior y dos lecturas en la parte media de la maceta. Para mantener la humedad a capacidad de campo en las macetas hasta que los genotipos alcancen la fase de ramificación.

La lámina de riego aplicada ha sido en base a los datos del análisis del sustrato (anexo 2). La CC del sustrato es 21%, PMP de 8.5 % y el agua disponible de 12.5 %. Dentro de estos parámetros se determinaron los niveles de humedad: Para el nivel de humedad del 60% de CC se bajó un 40% del agua disponible, para el nivel de humedad del 30% de CC se redujo un 70% del agua disponible y para el nivel de humedad del 10% de CC se bajo un 90% del agua disponible.

##### 3.8.2.1 Cálculo de la lámina neta de riego

**Cuadro 1.** Cálculo del diámetro de la bolsa con vernier digital

| Diámetro de A | Diámetro de B  | H (sustrato) | H total de la bolsa |
|---------------|----------------|--------------|---------------------|
| 11.5 cm       | 12.8 cm        | 17.5 cm      | 23.10 cm            |
| 11.4 cm       | <b>12.7 cm</b> | 17.6 cm      | 23.0 cm             |
| 12.2 cm       | 11.7 cm        | 18.0 cm      | 23.8 cm             |
| 11.6 cm       | 12.6 cm        | 17.5 cm      | 24.2 cm             |
| 11.8 cm       | 11.7 cm        | 19.5 cm      | 24.9 cm             |

**a) Cálculo del diámetro de la bolsa con los datos del perímetro**

Si el perímetro es:  $P = (20 + 20) \text{ cm} = 40 \text{ cm}$ ; aplicando la fórmula de perímetro se tiene:  $P = \beta \times R$  donde:  $P = \text{Perímetro}$ ;  $\beta = \text{ángulo}$ .

$R = P / \beta = 40\text{cm} / 2\pi \text{ rad} = 6.37 \text{ cm}$  entonces el diámetro será:  $d = 2R = 2 \times 6.37\text{cm}$

$$\mathbf{d = 12.7 \text{ cm}}$$

**b) Cálculo del área de la bolsa**

Aplicando la fórmula de la circunferencia se tiene:

$$A = \pi/4 \times d^2 = \pi/4 \times (12.7 \text{ cm})^2$$

$$A = 126.68 \text{ cm}^2 \times (1\text{m})^2 / (100 \text{ cm})^2 = 0.01267 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{A = 0.01267 \text{ m}^2}$$

**Cuadro 2.** Cálculo de la lámina neta de riego para un suelo Franco arenoso que presenta las siguientes propiedades físicas

| Porosidad | Dap.      | CC        | PMP      | H. disponible |          |
|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|----------|
|           |           | % peso    | % peso   | % peso        | % Vol    |
| 43        | 1.50      | 14        | 6        | 8             | 12       |
| (40 – 47) | (1.4–1.6) | (10 – 18) | ( 4 – 8) | (6 -10)       | (9 – 15) |

Fuente: Manual de edafología, Chilon E. 1996.

**c) Cálculo de la lámina de riego después de la 1era lectura de la sonda Theta**

Con la fórmula propuesta por Chipana 1996:

$$Z_n = (C.C. - PMP) \times \text{prof}$$

$$Z_n = (0.21 - 0.09) \times 18 \text{ cm} = 2.16 \text{ cm} \times 10 \text{ mm}/1\text{cm} = 21.6 \text{ mm}$$

$$\mathbf{Z_n = 21.6 \text{ l/m}^2}$$

**d) Cálculo del volumen neto a regar a cada bolsa (maceta)**

$$21.6 \text{ l} \text{ ----- } 1\text{m}^2$$

$$\times \text{ ----- } 0.01264 \text{ m}^2$$

$$0.274 \text{ l} \times 1000\text{ml}/1\text{lt} = 274 \text{ ml} = \mathbf{274.0 \text{ ml}}$$

La lámina de riego aplicada a sido en base a los datos de el análisis del sustrato ver (anexo, 2). La CC del sustrato fue de 21 %, PMP 8.5 % el agua disponible de 12.5%. Dentro de estos parámetros se determinaron los niveles de humedad para este ensayo: Para el nivel de humedad del 60 % de CC se bajo un 40% dentro el agua disponible, para el nivel de humedad del 30% de CC se bajo un 70% dentro el agua disponible y para el nivel de humedad del 10% de CC se bajo un 90% dentro el agua disponible.

### e) Determinación de los niveles de humedad para el Factor A:

Nivel de humedad 1 (N1): 60% del total del agua disponible, aplicando la formula propuesta por Tarjuelo 1989, para el cálculo de la humedad disponible:

$$HD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP})$$

Si el sustrato preparado presenta los siguientes valores:

$$\theta_{CC} = 21\% = 0.21 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\theta_{PMP} = 8.5\% = 0.085 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$HD = (0.21 - 0.085) \text{ m}^3/\text{m}^3 = 0.125 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$0.125 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 100\% \text{ HD}$$

$$X \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 60\% \text{ HD}$$

$$X = 0.075 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

La humedad para el nivel 1 será igual a:

$$\begin{aligned} \text{Humedad del N1 Vol} &= \theta_{PMP} + 60\% \text{ HD} = 0.085 \text{ m}^3/\text{m}^3 + 0.075 \text{ m}^3/\text{m}^3 \\ &= \underline{\underline{0.16 \text{ m}^3/\text{m}^3}} \end{aligned}$$

Nivel de humedad 2 (N2): 30% del total del agua disponible:

$$HD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) = 0.125 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$0.125 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 100\% \text{ HD}$$

$$X \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 30\% \text{ HD}$$

$$X = 0.0375 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

La humedad para el nivel 2 será igual a:

$$\begin{aligned} \text{Humedad del N2} &= \theta_{PMP} + 30\% \text{ HD} = 0.085 \text{ m}^3/\text{m}^3 + 0.0375 \text{ m}^3/\text{m}^3 \\ &= \underline{\underline{0.1225 \text{ m}^3/\text{m}^3}} \end{aligned}$$

Nivel de humedad 3 (N3): 10% del total de agua disponible para las plantas

$$HD = \theta_{CC} - \theta_{PMP} = 0.125 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

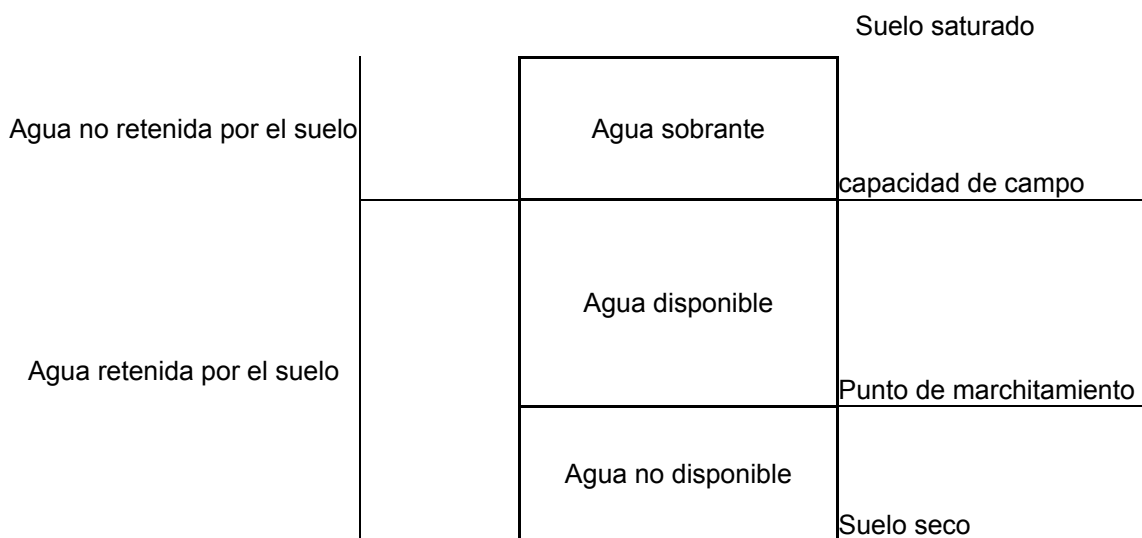
$$\begin{array}{l} 0.125 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad \text{-----} \quad 100\% \text{ HD} \\ X \quad \text{-----} \quad 10\% \text{ HD} \end{array}$$

$$X = 0.0125 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Entonces la humedad para el nivel 3 será igual a:

$$\text{Humedad volumétrica N3} = \theta_{PMP} + 10\% \text{ HD} = 0.085 \text{ m}^3/\text{m}^3 + 0.0125 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$= \underline{\underline{0.0975 \text{ m}^3/\text{m}^3}}$$



**Fig. 3** Esquema de las fases del agua en el suelo y de su utilización por las plantas

La fórmula aplicada para el cálculo de la lámina de agua propuesto por Martín de Santa Olalla Mañas (1993):

$$La = (\theta_{cc} - \theta_i) \times \text{prof. Suelo}$$

Donde:

La = Lámina de agua

$\theta_{cc}$  = Humedad volumétrica a capacidad de campo ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

$\theta_i$  = Humedad volumétrica actual ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

Prof = profundidad efectiva del sistema radicular (m)



### **3.8.3 Supresiones de riego**

Durante el ciclo vegetativo se procedió a la supresión de riego, en tres fases fenológicas: ramificación, floración y llenado de grano. Se tomaron en cuenta estas tres fases debido a que son las más susceptibles a la sequía (Espíndola, 1996; Mújica, 1989 y Jacobsen, 1999).

La primera etapa de supresión de riego en la fase de ramificación, se realizó a los 51 días después de la siembra, hasta que los genotipos presentaron características de marchites intensa como ser hojas secas.

La segunda etapa de supresión de riego se realizó en la fase de floración, a los 101 días después de la siembra hasta que los genotipos muestren características visibles de marchites intensa como ser: caída o colgamiento de hojas, tallo y panoja. También se observó ciertas características nictináceas en las hojas de algunos genotipos.

La tercera etapa de supresión de riego se realizó en la fase llenado de grano a los 131 días después de la siembra hasta que los genotipos muestren marchites intensa como ser: caída de plantas, doblamiento del tallo y sobre todo de la panoja.

El número de días mencionado en párrafos anteriores ha sido modificado según el ciclo de las variedades especialmente en las dos últimas etapas de supresión de riego.

### **3.8.4 Riegos de recuperación**

Una vez sometidas al déficit hídrico las plantas, en las fases definidas en estudio (ramificación, floración y llenado de grano), se aplicaron riegos de recuperación, de acuerdo a los niveles de humedad establecidos del 60, 30 y 10% de CC medidos en humedad volumétrica hasta que las plantas alcancen la madurez fisiológica.

### **3.8.5 Aporque**

El aporque consistió en la adición de sustrato para el mejor soporte de la planta, durante el desarrollo del cultivo. Se realizaron dos aporques, el primero a los 27 días después de la siembra con 100 g de sustrato por maceta y el segundo aporque a los 33 días después de la siembra con 200 g de sustrato. Esto con el propósito de facilitar el sostén de la planta.

### **3.8.6 Control fitosanitario**

Realizado un monitoreo al azar, se constató la incidencia de mildiu (*Peronospora farinosa*) en los otros ensayos adyacentes en el interior del walipini, por lo que preventivamente se fumigó con un funguicida sistémico (Ridomil) a una dosis de 20 g/20 litros de agua.

### **3.8.7 Fertilización química**

Para la fertilización se aplicó en total 5 g de urea alrededor del pie de la planta, por maceta juntamente con el aporque, para de esta manera evitar enanismo en las plantas, puesto que el ensayo se realizó fuera la época de cultivo.

### **3.8.8 Horas luz**

Debido a la proximidad del invierno y el acortamiento de horas luz, se prolongó con 3 horas adicionales para que alcance un foto periodo normal de 8 a 9 horas luz, lo cual permitió a las plantas alcanzar su normal desarrollo. Para ello se instalaron tubos fluorescentes a lo largo del ensayo durante los meses de junio y julio.

### **3.8.9 Cosecha y trilla**

La cosecha se realizó en forma escalonada en fechas tal como se observa en el (anexo 3). Las plantas que alcanzaron la madures fisiológica fueron extraídas de la maceta con previa destrucción de las macetas, evitando así la ruptura de las raíces y teniendo el cuidado de obtener la planta completa. Luego se registró datos de: altura de planta y peso de planta en fresco. Posteriormente, las plantas fueron llevadas al

horno de secado con previa identificación en sobres manila. Durante 8 hrs., luego se procedió al pesado de cada planta para determinar el peso de la materia seca.

La trilla se realizó en forma manual y por planta individual. La limpieza de los granos mediante venteo para su posterior registro de peso del grano limpio.

### 3.9 Metodología estadística

#### 3.9.1 Diseño experimental

El ensayo a sido establecido bajo el diseño de bloques completos al azar en parcelas sub divididas y con tres repeticiones. El factor A niveles de humedad se asignó a la parcela grande. El factor B etapas de supresión de riego correspondió a la parcela mediana y el factor C genotipos de quinua en la parcela chica siendo este último factor de mayor importancia o interés (Reyes, 1999).

#### 3.9.2 Modelo lineal aditivo

$$\chi_{ijkl} = \mu + \beta_l + \alpha_i + \xi_a + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \xi_b + \delta_k + (\alpha\delta)_{ik} + (\gamma\delta)_{jk} + (\alpha\gamma\delta)_{ijk} + \xi_c$$

Donde:

|  |  |
|--|--|
| $\chi_{ijkl}$ = Una observación cualquiera                 | $\xi_b$ = Error del Factor B parcela mediana                 |
| $\mu$ = Media general del experimento                      | $\delta_k$ = Efecto del Factor C (genotipos de quinua).      |
| $\beta_l$ = Efecto de los bloques.                         | $(\alpha\delta)_{ik}$ = Efecto de la interacción de AC       |
| $\alpha_i$ = Efecto del Factor A (nivel de humedad del S°) | $(\gamma\delta)_{jk}$ = Efecto de la interacción BC.         |
| $\xi_a$ = Error Factor A parcela grande.                   | $(\alpha\gamma\delta)_{ijk}$ = Efecto de la interacción ABC. |
| $\gamma_j$ = Efecto del Factor B (Etapa total de riego).   | $\xi_c$ = Error del Factor C parcela chica.                  |
| $(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto de la interacción de AB     |  |

### 3.9.3 Factores en estudio

#### Cuadro 3: Factores de estudio

El cuadro 3 presenta los factores de estudio del ensayo:

| Factor A: Niveles de humedad | Factor B: Etapas de supresión de riego | Factor C: Genotipos |
|------------------------------|--|---------------------|
| a1 Humedad al 60% de C.C.    | b1 E1 fase de ramificación             | c1 E-DK-4           |
| a2 Humedad al 30% de C.C.    | b2 E2 fase de floración                | c2 Real Pandela     |
| a3 Humedad al 10% de C.C.    | b3 E3 fase llenado de grano            | c3 Var. Chucapaca   |
|                              |  | c4 Línea L-320      |
|                              |  | c5 Accesoión 1560   |

### 3.9.4 Dimensiones del lugar de ensayo

Las dimensiones del walipini fueron las siguientes:

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| Longitud del área del ensayo         | 9.0 m  |
| Ancho del área del ensayo            | 2.5 m  |
| Ancho de pasillos entre bloques      | 0.50 m |
| Separación entre niveles de humedad. | 0.30 m |
| Separación entre etapas de supresión | 0.26 m |
| Separación entre genotipos           | 0.53 m |
| Número de U. E. por bloque           | 45     |
| Número total de U. E.                | 135    |

### 3.9.5 Análisis de datos

Para el análisis estadístico de los datos (Análisis de varianza) se utilizó el programa S.A.S (Statistical Analysis System) versión 6.03. La comparación de medias de los factores en estudio se realizó mediante la prueba de significación de Duncan (SAS, 1988). Complementariamente se realizó el análisis de contrastes ortogonales de las variables evaluadas y los efectos simples.

### 3.10 Variables de respuesta

#### 3.10.1 Variables agronómicas

**Altura de planta (cm):** la altura de planta fue evaluada tomando registro semanal en forma consecutiva. La medida de altura se tomó desde la base del cuello de la planta hasta el ápice con la ayuda de un flexo metro. Esta variable fue evaluada desde la fase de ramificación hasta la madurez fisiológica.

**Diámetro de tallo (cm):** al igual que la variable altura de planta, se evaluó semanalmente, con la ayuda de un vernier digital en la base del cuello de la planta.

**Longitud de panoja (cm):** esta variable ha sido evaluada semanalmente desde la fase de inicio de panojamiento hasta la madurez fisiológica, esto con la ayuda de una regla metálica, desde el punto de inserción de la panoja hasta el ápice de la panoja.

**Diámetro de panoja (mm):** variable que también ha sido evaluada semanalmente desde la fase inicio de panoja hasta la madurez fisiológica, esto con la ayuda de un vernier digital tomándose la medida del tercio medio de la panoja.

**Número de hojas:** el conteo de hojas se realizó desde la fase de ramificación hasta la madurez fisiológica. El conteo fue cada siete días tomando el total de las hojas de la planta.

**Área foliar (cm<sup>2</sup>):** para determinar esta variable, se dibujaron tres hojas de cada planta de la parte (apical, media y basal), en papel milimetrado, desde la fase de ramificación hasta la madurez fisiológica con previa identificación en el envés de la hoja con marcador indeleble para su posterior cuantificación del área foliar en cm<sup>2</sup>.

### 3.10.2 Variables de rendimiento

**Biomasa a la cosecha (%):** esta variable se determinó después de la cosecha, las plantas fueron colocadas en sobres manila con previo pesaje en gramos de la planta completa (raíz, tallo, hoja y panoja) y con una identificación posteriormente se introdujo al horno para el secado de la planta a 75 °C por el tiempo de 24 hrs., hasta obtener peso constante. Con estos datos se obtiene el porcentaje de materia seca recurriendo a la siguiente fórmula (Vizarreta, 2002):

$$MS = \frac{PS}{PF} \times 100\%$$

Donde:

MS : materia seca

PS : peso seco

PF : peso fresco

**Índice de cosecha:** Esta variable se determinó después de la cosecha, primeramente se procedió al pesaje en gramos de la planta, para luego realizar la trilla, limpieza del grano y su posterior pesaje en gramos. Con estos datos, se procedió al cálculo mediante la siguiente expresión:

$$IC = PG/PMS$$

Donde:

IC : índice de cosecha

PG : peso de grano seco

PMS : peso de materia seca

### 3.10.3 Variables agro climáticas

**Determinación de la Evapotranspiración:** El método utilizado para su determinación fue el método indirecto de Penman – Monteith (FAO, 1991). La ecuación se presenta a continuación:

$$E_{to} = \frac{0.48 * (R_n - G) + \gamma * (900 / (T + 273)) * u_2 (e_a - e_d) / r_a}{\Delta + \gamma * (1 + 0.34 u_2)} \text{ (mm)}$$

Donde:

$E_{to}$  = evapotranspiración del cultivo de referencia (mm)

$R_n$  = radiación neta de la superficie evaporante ( $\text{MJ}^{-2} \text{d}^{-1}$ )

$G$  = tasa de flujo de calor del suelo ( $\text{MJm}^{-1} \text{d}^{-1}$ )

$U_2$  = velocidad del viento a 2 m de altura ( $\text{ms}^{-1}$ )

$e_a - e_d$  = déficit de presión del vapor a 2 m de altura (Kpa)

$\gamma$  = constante psicrométrica ( $\text{Kpa} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

900 = coeficiente para el cultivo de referencia ( $\text{KJ}^{-1} \text{Kgd}^{-1}$ )

0.34 = coeficiente para el cultivo de referencia ( $\text{ms}^{-1}$ )

$\Delta$  = tasa de cambio de la presión saturante del vapor con la temperatura ( $\text{Kpa} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

Los cálculos de la evapotranspiración de referencia ( $E_{to}$ ) se realizó cada 5 días, desde la presencia de 13 hojas alternas hasta la madurez fisiológica.

Para determinar la evapotranspiración interna a partir de la evapotranspiración externa se aplicó la siguiente fórmula propuesta por Farias *et. al*; (1994):

$$E_{toi} = 2.897 + 0.613 \times (E_{toe}) \text{ (mm/5días)}$$

Donde:

$E_{toi}$  = Evapotranspiración interna

$E_{toe}$  = Evapotranspiración externa

2.897 y 0.613 = Constantes

Una vez calculada la  $E_{to}$ , se procedió a determinar la evapotranspiración del cultivo ( $E_{tc}$ ) con la siguiente fórmula (FAO, 1991):

$$E_{tc} = E_{to} \times K_c \text{ (mm)}$$

Donde:

$E_{tc}$  = evapotranspiración del cultivo (mm)

$E_{to}$  = evapotranspiración de referencia (mm)

$K_c$  = coeficiente del cultivo de quinua

---

Los coeficientes de cultivo que se utilizaron para las fases fenológicas fueron los propuestos por Choquecallata (1990) para el cultivo de la quinua y fueron los siguientes: 3 hojas alternas = 0.63; ramificación = 0.63; floración = 1.08; grano lechoso = 1.14; grano masoso = 0.78 y madurez fisiológica = 0.54.

**Determinación de la constante Térmica:** Se determinó a través del registro de temperaturas medias mensuales, para luego determinar la constante térmica por el método residual con la siguiente expresión:

$$UC = \frac{T_{\text{máx}} - T_{\text{min}}}{2} - T_b$$

Donde:

UC = Unidades calor o constante térmica.

T máx. = Temperatura máxima (día).

T min. = Temperatura mínima (día)

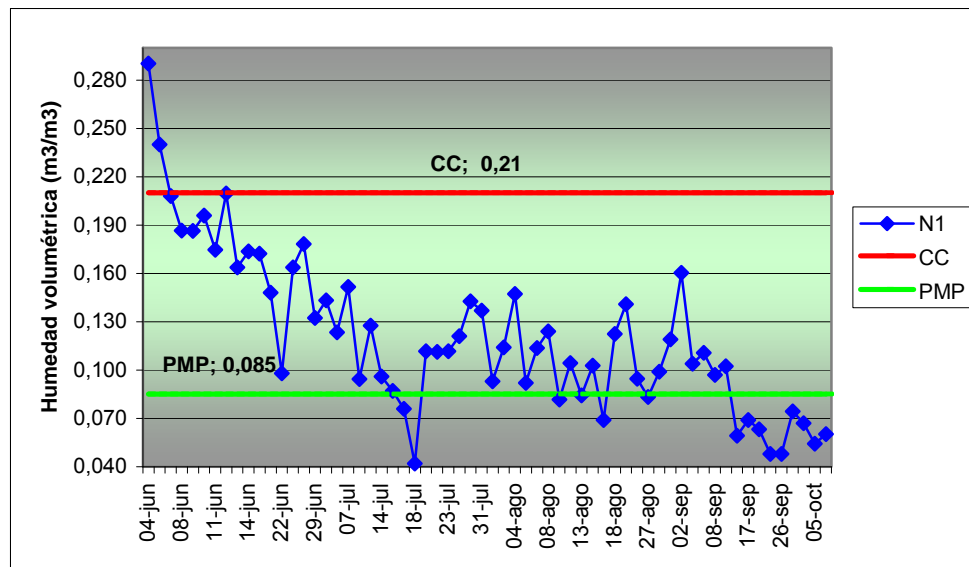
Tb = Temperatura base (5° C temperatura base en quinua)



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación incluye el comportamiento de la humedad el sustrato, las variables (altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, biomasa, indice de cosecha) en las distintos niveles de humedad y supresión de riego, así como los contrastes ortogonales de dichas variables y finalmente se complementa con el cálculo de la constate térmica y la evado-transpiración.

### 4.1. Variación en el contenido de humedad del sustrato



**Figura 4.** Curva de humedad del de humedad nivel 1 (60% CC)

La figura 4 refleja, el comportamiento de la humedad (anexo 3) del sustrato en el nivel de humedad 1 (60% de C.C.) registradas con la sonda Theta en términos de humedad volumétrica (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) a lo largo del ciclo del cultivo. En el inicio de la figura se observa un nivel de humedad por encima de capacidad de campo esto debido a que después de haber llenado las macetas con el sustrato se aplicó un riego de fondo para de esta manera homogenizar el contenido del sustrato en las macetas. Estas lecturas han sido tomadas hasta alcanzar la 1era etapa de supresión de riego (fase de ramificación) que fue en la fecha 12 de julio, donde se suprimió el riego a las

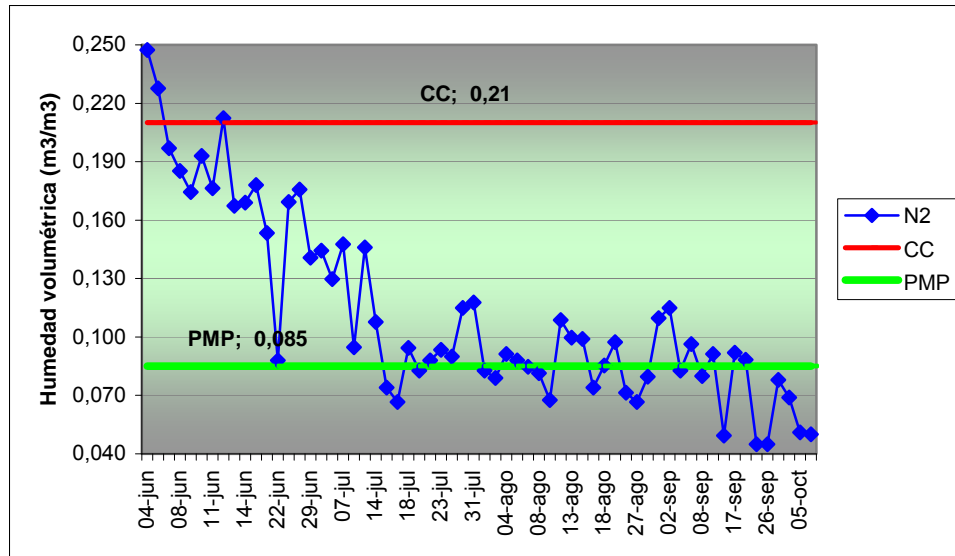
---

macetas, para de esta manera someter a un déficit hídrico, por lo que se tienen registros de la sonda Theta por debajo del punto de marchites permanente ( $0.042 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) del sustrato. Pasado este periodo de sequía se realizaron riegos de recuperación para evitar la pérdida de plantas en las macetas, por lo que se observa en el gráfico los puntos en su mayoría por encima del punto de marchites permanente del sustrato y próxima al 16% de CC esto hasta alcanzar la 2da etapa de supresión de riego (fase de floración) que fue en la fecha 5 de septiembre.

Como consecuencia, se observan puntos por debajo del punto de marchites permanente del sustrato ( $0.057 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ), similar situación se observa en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) donde se registran lecturas por debajo del punto de marchites permanente ( $0.054 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) constante debido a que los genotipos alcanzaron la madurez fisiológica y por cierto mecanismo de evasión a la sequía debido a que los genotipos alcanzaron la madurez fisiológica por cierto mecanismo de evasión a la sequía, por lo que se aplicó el riego después de la última lectura de la sonda Theta.

Pasado este periodo de sequía se realizaron riegos de recuperación, para evitar la pérdida de plantas en las macetas, por lo que se observa en el gráfico los puntos en su mayoría por encima del punto de marchites permanente del sustrato y próxima al 16% de CC esto hasta alcanzar la 2da etapa de supresión de riego (fase de floración) que fue en la fecha 5 de septiembre.

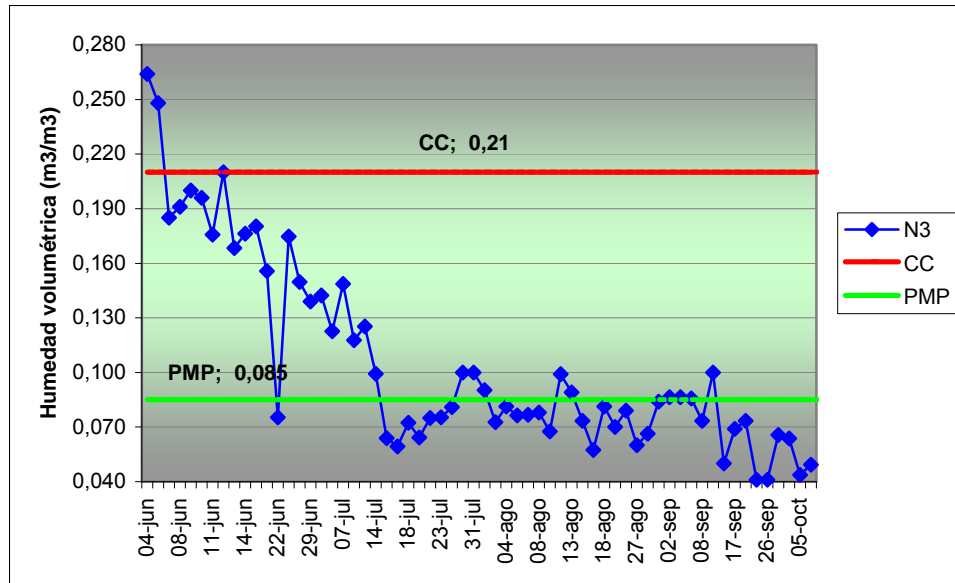
Por lo tanto se observan puntos por debajo del punto de marchites permanente del sustrato ( $0.057 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ), similar situación se observa en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) donde se observan lecturas por debajo del punto de marchites permanente ( $0.054 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) en razón a que los genotipos alcanzaron la madurez acelerada por cierto mecanismo de evasión a la sequía, por lo que se aplicó el riego después de la última lectura de la sonda Theta.



**Figura 5.** Curva de humedad del nivel 2 (30% C C)

La figura 5 refleja el comportamiento de la humedad (anexo 4) en el nivel de humedad 2 (30 % CC) donde, se tienen valores por encima de capacidad de campo del sustrato al igual que en la figura 4, esto debido a que en las macetas se aplicó un riego de fondo y se tomaron las lecturas con la sonda hasta alcanzar la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) el 12 de julio, constatándose que la humedad en las macetas va descendiendo hasta alcanzar valores por debajo del punto de marchites permanente ( $0.055 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ).

Con los riegos de recuperación los puntos de la curva van subiendo pero sin sobrepasar el 12.2 % de CC y mantener esta humedad hasta la 2da etapa de supresión de riego (floración) que fue en fecha 5 de septiembre. A partir de esta fecha se registran lecturas por debajo del punto de marchites permanente ( $0.043 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) del sustrato. Pasado este periodo de déficit hídrico y con los riegos de recuperación, los puntos alcanzaron lecturas por encima del punto de marchites permanente hasta alcanzar la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) que fue en fecha 5 de octubre, donde también se observan lecturas por debajo del punto de marchites permanente ( $0.047 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) del sustrato.



**Figura 6.** Curva de humedad del nivel 3 (10% C.C.)

La figura 6 refleja el comportamiento de la humedad del nivel de humedad (anexo 5) del 10% de CC donde se observa que en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) en fecha 12 de julio la humedad desciende con valores por debajo del punto de marchites permanente ( $0.052 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ), después de este periodo de sequía y con los riegos de recuperación la humedad volumétrica alcanza valores por encima del punto de marchites permanente registrándose valores de humedad del 9.7% de CC hasta que las macetas alcancen la 2da etapa de supresión de riego (floración) en fecha 5 de septiembre. A partir de esta fecha también se observa descensos en la humedad por debajo del punto de marchites permanente ( $0.047 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ).

En la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) también se registran lecturas por debajo del punto de marchites permanente donde se observa un mayor descenso en la humedad ( $0.047 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ), debido a que las macetas se encontraban en constante sequía hasta alcanzar la madurez fisiológica.

Lo que se puede observar en las figuras 4, 5 y 6, es la misma tendencia en cuanto a la curva de humedad. Relacionando con la variable agronómica altura de planta se observan ciertas diferencias en cuanto a los niveles de humedad, a mayores niveles

---

de humedad mayores han sido las alturas de planta y de la misma forma a menores niveles de humedad menores alturas de planta.

También se observa que en la figura la figura 4 las lecturas de la sonda Theta se encuentra por encima del punto de marchites permanente, en cambio en la figura 5 las lecturas se ubican próximas al punto de marchites permanente y en la figura 6 las lecturas de la sonda se encuentran por debajo del punto de marchites permanente. Todo esto concuerda con los niveles de déficit hídrico propuestos para evaluar sus efectos sobre las variables agronómicas de la quinua en condiciones de walipini.

#### 4.2. Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta (anexo 6), muestra diferencias no significativas entre bloques en la 1ra, 2da y 3ra etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano). Por otra parte, existen diferencias significativas en el factor A (niveles de humedad) y en el factor B (Etapas de supresión de riego). También existen diferencias significativas en la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x B) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) y diferencias no significativas en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano).

Se observa también que en el factor C (genotipos) y la interacción niveles de humedad por genotipo (A x C), existen diferencias significativas en las tres etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano). En la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) no existen diferencias significativas en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) y diferencias significativas en la 2da y 3 era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano). En la triple interacción (A x B x C) se observan diferencias significativas en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) y diferencias no significativas en la 2da y 3 era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano).

Los coeficientes de variación para las fases de ramificación, floración y llenado de grano son: 6.48, 8.99 y 8.64% respectivamente, lo que nos indica que los valores se encuentran dentro los límites permisibles de variación esperada en un trabajo agronómico.

#### 4.2.1. Altura de planta para el factor A en la 1 era etapa de supresión de riego

**Cuadro 4.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor A: niveles de humedad en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| FA (Niveles de humedad) | Altura (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Nivel 1 (60 % CC)       | 19.19       | a           |
| Nivel 2 (30 % CC)       | 18.49       | b           |
| Nivel 3 (10 % CC)       | 19.09       | a           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5 % (cuadro2), los promedio de la altura de planta alcanzadas en la supresión de riego en la fase de ramificación refleja dos grupos en base a la altura de planta: el primero integrado por los niveles de humedad 1 y 3 con alturas de planta de (19.19 y 19.09 cm) y el segundo integrado por el nivel de humedad 2 con una altura de planta de 18.49 cm.

La mínima diferencia que se refleja en la fase de ramificación, en los niveles de humedad 1 y 3 se puede atribuir, a que antes de la etapa de supresión de riego se mantuvo la humedad a capacidad de campo en todas las unidades experimentales. Por lo que no se observó una diferencia marcada en cuanto a la altura de planta entre estos dos niveles de humedad. En el caso del nivel 2 la diferencia respecto a los niveles de humedad 1 y 3 también es mínima por esta misma razón.

#### 4.2.2 Altura de planta para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 5.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor A: niveles de humedad en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FA (Niveles de humedad) | Altura (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Nivel 1 (60 % CC)       | 59.46       | a           |
| Nivel 2 (30 % CC)       | 52.13       | b           |
| Nivel 3 (10 % CC)       | 47.40       | B           |

En la fase de floración la prueba de Duncan agrupa a los genotipos en dos grupos según la altura de planta: el primero integrado por los niveles de humedad 2 y 3 con alturas de planta (52.13 y 47.40 cm) y el segundo por el nivel de humedad 1 con una altura de planta de 59.46 cm. Los resultados obtenidos en la fase de floración, indican que el déficit hídrico afecta significativamente en los aspectos agro morfológicos (menor tamaño de planta), estos resultados están de acuerdo con la afirmación de Mújica y Jacobsen (1999), al indicar que el déficit hídrico da como resultado una reducción en crecimiento de las plantas por debajo de su potencial genético. Al mismo tiempo Alba (1995), menciona que la altura de planta, es función de la humedad existente en el suelo.

#### 4.2.3 Altura de planta para el factor A en la 3era etapa de supresión de riego

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FA (Niveles de humedad) | Altura (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Nivel 1 (60 % CC)       | 61.34       | A           |
| Nivel 2 (30 % CC)       | 53.92       | b           |
| Nivel 3 (10 % CC)       | 49.53       | C           |

La fase de llenado de grano refleja tres grupos: el primero integrado por el nivel de humedad 1 con altura de planta de 61.34 cm, el segundo grupo integrado por el nivel

de humedad 2 con una altura de planta de 53.92 cm y el tercer grupo integrado por el nivel de humedad 3 con un valor de 49.53 cm.

Al igual que en la fase de floración, el déficit de agua en la fase llenado de grano, afecta significativamente en los aspectos morfológicos (menor tamaño de planta), estos resultados están de acuerdo con la afirmación de Mújica y Jacobsen (1999), quienes indican que el déficit de humedad influye en el crecimiento de las plantas.

#### 4.2.4 Altura de planta para el factor B en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 7.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor B: etapas de supresión de riego en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Factor B: Etapas de supresión de riego | Altura (cm) | Duncan (5 %) |
|--|-------------|--------------|
| b1 fase de ramificación                | 17.28       | b            |
| b2 fase de floración                   | 19.86       | a            |
| b3 fase de llenado de grano            | 19.63       | a            |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5 % (cuadro 5) fase de ramificación, el factor B (etapas de supresión de riego) está integrado por dos grupos en base a la altura de planta: por las fases 2 y 3 con alturas de planta de 19.86 y 19.63 y el segundo grupo por la fase 1 con altura de planta de 17.28 cm.

La menor altura de planta fue registrada cuando se suspendió el riego en la fase de ramificación, lo que se atribuye a que los genotipos sometidos a un déficit hídrico en esta fase, fueron afectados negativamente en la altura de planta sufriendo modificaciones morfológicas (menor tamaño de planta) susceptible en esa fase.

Respecto a las fases fenológicas del cultivo de quinua Apaza (1999), indica que el comportamiento de la planta es afectado por el déficit hídrico del suelo, desde los inicios de su crecimiento y desarrollo, debido a que tanto las células de la zona meristemática como la zona de alargamiento y del cambium vascular se encuentran



en plena división celular y la presencia de agua es importante para que el crecimiento y desarrollo de las plantas sean favorecidos.

#### 4.2.5 Altura de planta para el factor C en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 8.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor C: genotipos en la 1 era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Genotipos       | Altura (cm) | Duncan (5%) |
|-----------------|-------------|-------------|
| G1 EDK - 4      | 22.69       | a           |
| G2 Real Pandela | 20.61       | b           |
| G3 Chucapaca    | 18.75       | c           |
| G4 L - 320      | 16.47       | d           |
| G5 Acc. 1560    | 16.09       | d           |

En el cuadro 6 se presenta el resultado de la prueba de Duncan a un nivel de probabilidad del 5 % para la variable altura de planta de los genotipos cuando se suprimió el riego en la fase de ramificación. Esta prueba permite distinguir cuatro grupos de similitud de medias: el primero integrado únicamente por el genotipo 1 (EDK – 4) con altura de planta de 22.69 cm, el segundo integrado por el genotipo 2 (Real Pandela) con altura de planta de 20.61 cm, el tercero integrado por el genotipo 3 (Var. Chucapaca) con altura de planta de 18.75 cm y el cuarto grupo integrado por los genotipos 4 (L – 320) y 5 (Acc.1560) con alturas de planta (16.47 y 16.09 cm respectivamente).

La mayor altura de planta del genotipo 1 (EDK – 4) puede atribuirse a cierto mecanismo de tolerancia a sequía, lo que le permitió tolerar o soportar la sequía manteniendo la capacidad de recuperarse, ya que tiene una respuesta con cambios temporales en el comportamiento de la planta que le facilitaron compensar el déficit de humedad, ya sea por una menor pérdida de agua por los estomas o por cambios en el ángulo de inserción del pecíolo. En cambio el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó la

menor altura de planta, debido a que este material procede de la zona de los valles y probablemente no presenta este mecanismo de tolerancia.

#### 4.2.6 Altura de planta para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 9.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Genotipos       | Altura (cm) | Duncan (5%) |
|-----------------|-------------|-------------|
| G1 EDK - 4      | 50.29       | c           |
| G2 Real Pandela | 55.46       | b           |
| G3 Chucapaca    | 61.80       | a           |
| G4 L - 320      | 52.36       | c           |
| G5 Acc. 1560    | 45.07       | d           |

Como consecuencia de la supresión del riego en fase de floración se tienen valores promedio en altura de planta alcanzada por los genotipos, los mismos que sometidos a la prueba de Duncan arrojan cuatro grupos de similitud: el primero integrado por el genotipo 3 (Var. Chucapaca) con una altura de planta de 61.80 cm, el segundo grupo integrado por el genotipo 2 (R. Pandela) con altura de planta de 55.46 cm, el tercer grupo integrado por los genotipos 1 (EDK – 4) y 4 (L – 320) con alturas de planta de 50.29 y 52.36 cm respectivamente y el cuarto grupo integrado por el genotipo 5 (Acc. 1560) con una altura de planta de 45.07 cm.

En la fase de floración el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó la mayor altura de planta, esto en razón de que este genotipo presenta mecanismos de resistencia que le permitieron resistir el déficit de humedad en esta fase. Las plantas adaptadas a condiciones de sequía presenta mecanismos controlados por genes que están involucrados directamente en el proceso de síntesis de proteínas, o por genes acondicionadores que le dan a la planta características de resistencia al déficit hídrico, los cuales pueden ser transmitidas a sus descendientes Mújica y Jacobsen (1999). En cambio el genotipo 5 (Acc.1560) presentó la menor altura de planta,

debido a que este genotipo no presenta mecanismos de resistencia, puesto que este genotipo es de valle y por lo tanto es susceptible al déficit hídrico en esta fase de su desarrollo y en condiciones de walipini.

Según Mújica (1976) y (1982), el efecto de la sequía depende de la etapa fenológica en la cual ocurre, siendo resistente en la fase de ramificación y menos resistente durante el periodo de floración y llenado de grano, lo cual también depende de los genotipos.

#### 4.2. 7 Altura de planta para el factor C en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 10.** Prueba de Duncan altura de planta para el factor C: genotipos en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Genotipos       | Altura (cm) | Duncan (5%) |
|-----------------|-------------|-------------|
| G1 EDK – 4      | 50.34       | c           |
| G2 Real Pandela | 56.47       | b           |
| G3 Chucapaca    | 62.28       | a           |
| G4 L – 320      | 55.44       | b           |
| G5 Acc. 1560    | 50.12       | c           |

Según la prueba de rango múltiple Duncan, la variación en altura de planta en la fase llenado de grano corresponde a tres grupos de medias similares: el primero integrado por el genotipo 3 con una altura de planta de 62.28 cm, el segundo integrado por los genotipos 2 y 4 con alturas de planta (56.47 y 55.44 cm ) y el tercero integrado por los genotipos 1 y 5 con alturas de planta (50.34 y 50.12 cm)

Al igual que en la fase de floración, en la fase llenado de grano el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó la mayor altura de planta, esto refuerza la deducción de que este genotipo presenta mecanismos de resistencia que le permiten resistir el déficit de humedad, debido a mecanismos genéticos involucrados directamente en el proceso de síntesis de proteínas, o por genes acondicionadores que le dan a la

planta características de resistencia al déficit hídrico tal como sostienen Mújica y Jacobsen (1999). En cambio el genotipo 5 (Acc.1560) presentó la menor altura de planta, debido a que este genotipo no presenta mecanismos de resistencia, por tanto, es susceptible a la sequía. Esta deducción es lógica por que este genotipo procede del valle y por lo tanto no posee resistencia al déficit hídrico en esta fase de su desarrollo.

Según Mújica (1976 y 1982), la quinua es menos resistente a la sequía en la fase de floración y llenado de grano.

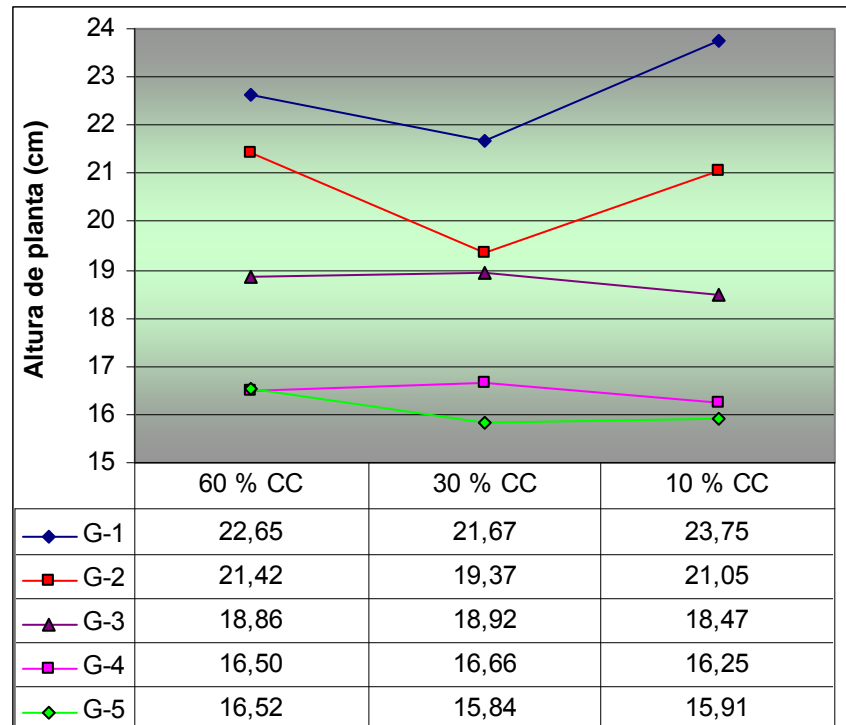
#### 4.2.8 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 11.** Análisis de efectos simples altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 1ra etapa de supresión de riego (ramificación)

| FV                                 | GL | SC         | CM        | Fc        | Ft    | Significancia |
|------------------------------------|----|------------|-----------|-----------|-------|---------------|
| Nivel de Humedad. en EDK - 4       | 2  | 709,3674   | 354,6837  | 235.1061  | 3,4   | *             |
| Nivel de Humedad en R. Pandela     | 2  | 886,4046   | 443,2023  | 293.7816  | 3,4   | *             |
| Nivel de Humedad en Var. Chucapaca | 2  | 2018,9106  | 1009,4553 | 669.1289  | 3,4   | *             |
| Nivel de Humedad en L - 320        | 2  | 4808,4246  | 2404,2123 | 1593.6595 | 3,4   | *             |
| Nivel de Humedad en Acc. 1560      | 2  | 2907,1602  | 1453,5801 | 963.5221  | 3,4   | *             |
| Genotipos en 60 % CC               | 4  | 3129,6186  | 782,40465 | 518.6258  | 2.496 | *             |
| Genotipos en 30 % CC               | 4  | 3687,08004 | 921,77001 | 611.0057  | 2.496 | *             |
| Genotipos en 10 % CC               | 4  | 3019,65084 | 754,91271 | 500.4024  | 2.496 | *             |
| Error                              | 72 | 108.620000 | 1.508611  |           |       |               |

El cuadro 9, indica que existen diferencias significativas entre los niveles de humedad 60, 30 y 10 % CC dentro el comportamiento de los genotipos en estudio, es decir, que los niveles de humedad influyen en el comportamiento de la planta de cada genotipo.

También nos indica que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad en estudio.



**Figura 7.** Altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

La figura 7 refleja que con un nivel de humedad del 60% de C.C, el genotipo 1 (EDK - 4) alcanzó una mayor altura de planta de 22.65 cm, seguido del genotipo 2 (R. Pandela) con 21.42 cm y la menor altura de planta correspondió al genotipo 4 (L – 320) con 16.50 cm

En el nivel de humedad del 30% de CC se observa que el genotipo 1 (EDK - 4) alcanzó una mayor altura de planta de 21.67 cm, el genotipo 2 (R. Pandela) alcanzó una altura de 19.37 cm y la menor altura de planta de 15.84 fue para el genotipo 5 (Acc. 1560).

Finalmente, en el nivel de humedad del 10% de CC (figura 7) el genotipo 1 (EDK -4) alcanzó 23.75 cm en altura de planta, seguido del genotipo 2 (R. Pandela) con 21.05 cm y por último el genotipo 5 (Acc. 1560) con altura de 15.91 cm.

Lo anteriormente descrito indica que el genotipo 1 (EDK -4), no es susceptible a la falta de agua en esta fase de ramificación, debido al mecanismo de resistencia que le permite vencer el periodo de sequía, manteniendo altos potenciales de agua en sus tejidos. Según Turner (1979) y Levitt (1980) la reducción de las pérdidas de agua se consigue a través de cambios en la conductancia epidermal (cierre de estomas, presencia de pubescencias, capas de cera).

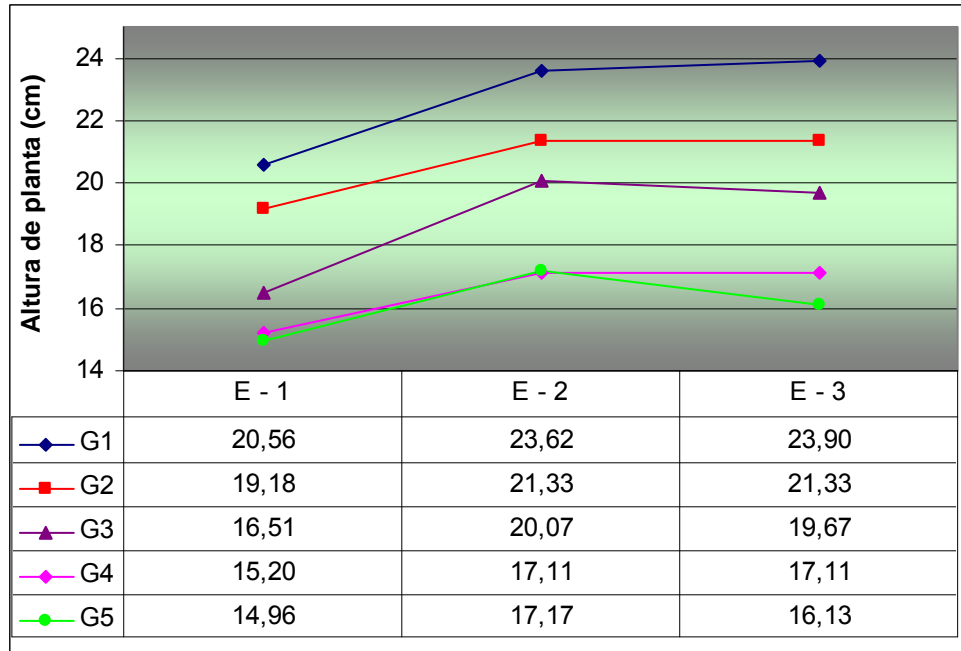
El genotipo 4 (L- 320) alcanzó la menor altura de planta en el nivel de humedad 1 al igual que el genotipo 5 (Acc. 1560) en los niveles de humedad 2 y 3, esto indica que los genotipos son susceptibles a la falta de agua en esta fase de su desarrollo puesto que carecen de algún mecanismo de resistencia a la sequía.

**4.2.9 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 1era etapa de supresión de riego**

**Cuadro 12.** Análisis de efectos simples altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| FV   | GL | SC         | CM       | Fc     | Ft   | Significancia |
|--|----|------------|----------|--------|------|---------------|
| Etapas de supresión de riego en EDK - 4      | 2  | 185,378    | 92,689   | 61.439 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en R. Pandela   | 2  | 83,205     | 41,602   | 27.576 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Var. Chucap. | 2  | 205,373    | 102,686  | 68.066 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en L - 320      | 2  | 65,666     | 32,833   | 21.763 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Acc. 1560    | 2  | 66,011     | 33,006   | 21.878 | 3,4  | *             |
| Genotipos en la 1era ESR (ramificación)      | 4  | 666,092    | 166,523  | 110.38 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 2da ESR (floración)          | 4  | 840,812    | 210,203  | 139.33 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 3era ESR (llenado de grano)  | 4  | 108.620000 | 268,143  | 177.74 | 2,49 | *             |
| Error  | 72 | 1591,650   | 1.508611 |        |      |               |

En el cuadro 12 se evidencia la existencia de diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro el comportamiento de los genotipos 1, 2, 3, 4, y 5. Al igual que diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad en estudio.



**Figura 8.** Altura de planta para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

En la figura 8 se observa el comportamiento de los genotipos en cuanto a la variable altura de planta en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano):

En la 1era etapa de supresión de riego el genotipo 1 (EDK - 4) alcanzó la mayor altura de planta (20.56 cm,) en cambio el genotipo 5 (Acc. 1560) una menor altura de planta (14.96 cm).

En la 2da etapa de supresión de riego se observa que el genotipo 1 (EDK - 4) tiene una mayor altura de planta de 23.90 cm y la menor altura de planta el genotipo 4 (L - 320) con 17.11 cm.

En la 3era etapa de supresión de riego el genotipo 1 (EDK -4) alcanzó la mayor altura de planta 23.90 cm y el genotipo 5 (Acc. 1560) la menor altura de planta 16.13 cm.

El comportamiento del genotipo 1 (EDK- 4) se puede atribuir a cierto mecanismo de evasión que le permitió escapar de los efectos de la sequía, debido a características propias de este genotipo. En cambio los genotipos 4(L -320) y 5 (Acc. 1560) no presentan ningún mecanismo de evasión al efecto de la sequía.

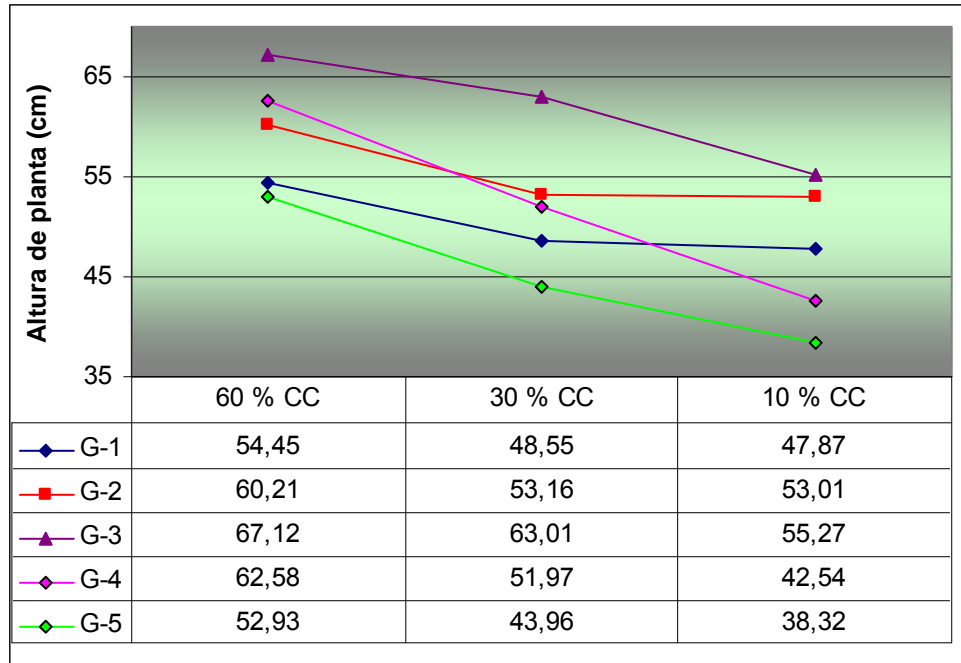
#### 4.2.10 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 13.** Análisis de efectos simples altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FV                             | GL | SC         | CM       | Fc      | Ft    | Significancia |
|--------------------------------|----|------------|----------|---------|-------|---------------|
| Nivel de humedad en EDK -4     | 2  | 707,119    | 353,560  | 15.568  | 3,4   | *             |
| Nivel de humedad en R. Pandela | 2  | 914,085    | 457,042  | 20.125  | 3,4   | *             |
| Nivel de humedad en Chucapaca. | 2  | 1955,000   | 977,500  | 43.042  | 3,4   | *             |
| Nivel de humedad en L – 320    | 2  | 5427,887   | 2713,944 | 119.504 | 3,4   | *             |
| Nivel de humedad en Acc. 1560  | 2  | 2931,503   | 1465,752 | 64.542  | 3,4   | *             |
| Genotipos en 60 % de CC.       | 4  | 3691,264   | 922,816  | 40.634  | 2,496 | *             |
| Genotipos en 30 % de CC.       | 4  | 5373,707   | 1343,427 | 59.155  | 2,496 | *             |
| Genotipos en 10 % de CC.       | 4  | 5391,789   | 1347,947 | 59.354  | 2,496 | *             |
| Error                          | 72 | 1635.15467 | 22.710   |         |       |               |

En el cuadro 13 se observa que existen diferencias significativas entre los niveles de humedad 1, 2, y 3 dentro el comportamiento de los genotipos 1, 2, 3, 4 y 5. A su vez nos indica que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad 1, 2 y 3 en estudio.





**Figura 9.** Altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

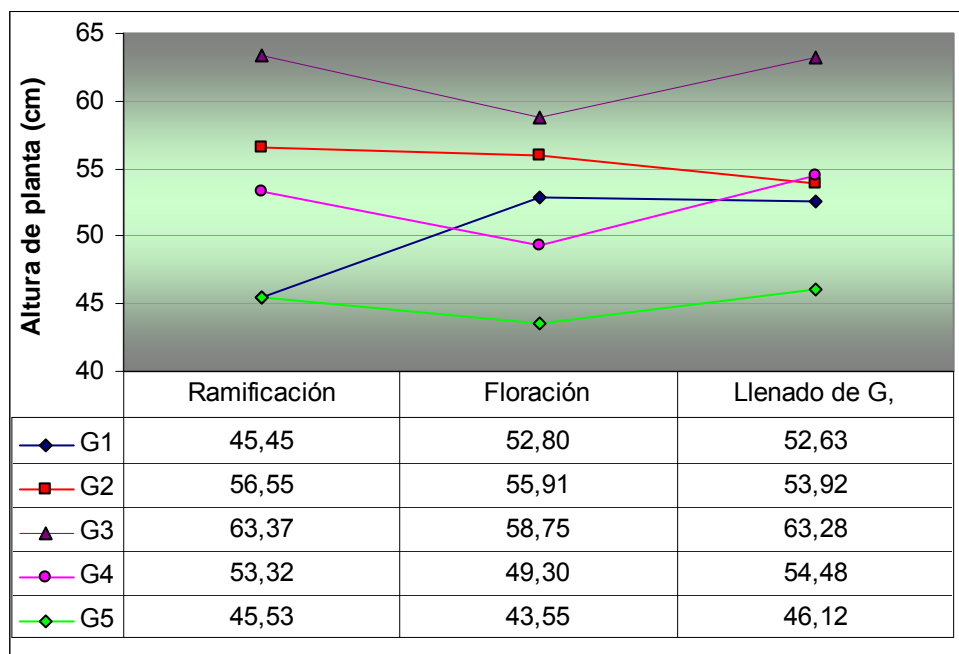
En la figura 9 representa la variación en altura de planta alcanzada por los genotipos en los distintos niveles de humedad cuando se suprime el riego en la fase de floración, donde resalta la altura alcanzada por el genotipo 3 (Var. Chucapaca) siendo 67.12, 63.01 y 55.27 cm en los niveles de humedad del 60, 30 y 10% respectivamente, esto indica que este genotipo es resistente al déficit hídrico en esta fase y en los niveles de humedad en estudio debido a ciertas características genéticas de resistencia a la sequía que presenta este genotipo y no así el genotipo 5 (Acc. – 1560) que casi siempre alcanzó alturas menores en los tres niveles de humedad (52.93, 43.96 y 38.32 cm) respectivamente.

**4.2.11 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego**

**Cuadro 14.** Análisis de efectos simples altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FV   | GL | SC       | CM       | Fc     | Ft   | Significancia |
|--|----|----------|----------|--------|------|---------------|
| Etapas de supresión de riego en EDK-4      | 2  | 950,434  | 475,217  | 20.925 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en R. Pandela | 2  | 101,579  | 50,790   | 2.23   | 3,4  | ns            |
| Etapas de supresión de riego en Chucapaca  | 2  | 376,861  | 188,430  | 8.297  | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en L – 320    | 2  | 399,046  | 199,523  | 8.785  | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Acc. 1560  | 2  | 97,861   | 48,930   | 2.154  | 3,4  | ns            |
| Genotipos en 1° ESR (ramificación)         | 4  | 6288,935 | 1572,234 | 69.230 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 2° ESR (floración)            | 4  | 3784,425 | 946,106  | 41.660 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 3° ESR (llenado de grano)     | 4  | 4057,817 | 1014,454 | 44.669 | 2,49 | *             |
| Error                                      | 72 | 1635.154 | 22,710   |        |      |               |

En el cuadro 14, se observa que existen diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro el comportamiento de los genotipos 1, 3 y 4. En cambio no existen diferencias significativas en el genotipo 2 y 5. Se observa también que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad.



**Figura 10.** Altura de planta para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

La figura 10 refleja la altura de plata cuando se suprime el riego en la fase de floración donde en la 1era etapa de supresión de riego, en la que el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó las mayores alturas de planta (63.37, 58.75 y 63.28 cm) en la 1ra, 2da y 3ra etapas de supresión de riego, esto se atribuye a las posibles modificaciones morfológicas y fisiológicas que le permitieron contrarrestar los efectos de la sequía. En cambio el genotipo 1 al igual que el genotipo 5 alcanzaron las menores alturas de planta (45.45, 43.55 y 46.12 cm) en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego, debido a que el genotipo 1 presento cierta modificación fenológica (escape a la sequía) y alcanzó madurez prematura y desarrollo fenológico rápido en cambio el genotipo 5 no manifestó este escape a la sequía como un mecanismo de evasión a la sequía, por ser de ciclo tardío y de valle por lo tanto susceptible a la sequía.

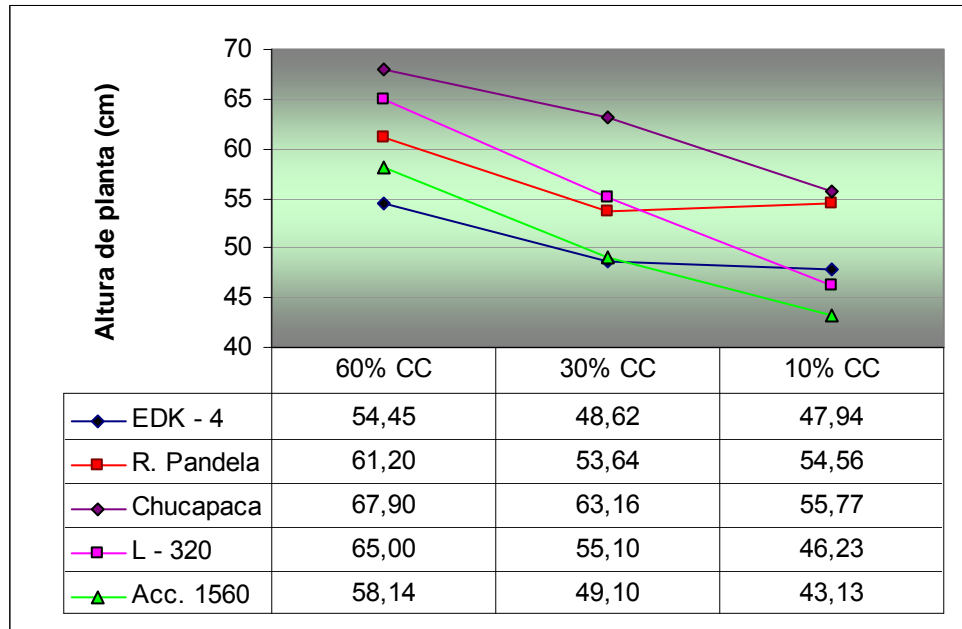
**4.2.12 Altura de planta para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego**

**Cuadro 15.** Análisis de efectos simples altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FV                               | GL | SC         | CM       | Fc      | Ft    | Significancia |
|----------------------------------|----|------------|----------|---------|-------|---------------|
| Niveles de humedad en EDK - 4    | 2  | 691,483    | 345,741  | 15.333  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en R. Pandela | 2  | 918,806    | 459,403  | 20.374  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en Chucapaca  | 2  | 19.55.000  | 977.500  | 43.351  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en L – 320    | 2  | 4760,998   | 2380,499 | 105.574 | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en Acc. 1560  | 2  | 3083,963   | 1541,982 | 68.386  | 3,4   | *             |
| Genotipos en 60 % CC             | 4  | 3082,344   | 770,586  | 34.175  | 2,496 | *             |
| Genotipos en 30 % CC             | 4  | 6579,956   | 1644,989 | 72.954  | 2,496 | *             |
| Genotipos en 10 % CC             | 4  | 10470,748  | 2617,687 | 116.093 | 2,496 | *             |
| Error                            | 72 | 1623.46400 | 22,548   |         |       |               |

En el cuadro 15 se refiere al análisis de efectos simples, se observa que existen diferencias significativas entre los niveles de humedad 1, 2, y 3 dentro el comportamiento de los genotipos 1, 2, 3, 4 y 5. A su vez nos indica que existen

diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad 1, 2 y 3 en estudio.



**Figura 11.** Altura de planta para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

La figura 11 refleja la altura de planta en la fase llenado de grano donde el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó alturas de planta mayores (67.90, 63.16 y 55.77 cm) en los niveles de humedad 1, 2 y 3, debido a ciertos mecanismos de resistencia que le dan a la planta características de resistencia al déficit hídrico, los que pueden ser transmitidos a sus descendientes. En cambio el genotipo 1 (EDK – 4) alcanzó menores alturas de planta (54.45 y 48.62 cm) en los niveles 1 y 2 al igual que el genotipo 5 (Acc. 1560) con una altura de planta de 43.13 cm en el nivel de humedad 3 lo que indica que estos genotipos son susceptibles a la sequía en esta fase de llenado de grano, y por tanto no presentaron ningún mecanismos de resistencia al efecto de la sequía.

### 4.3 Diámetro de tallo

El análisis de varianza para la variable diámetro de tallo (anexo 7) en la 1ra, 2ra y 3ra etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano) se observa que no existen diferencias significativas entre bloques. Al igual que en el factor A (niveles de humedad) en la 1era etapa de supresión de riego; sin embargo existen diferencias significativas en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego.

Para el factor B (etapas de supresión de riego) en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano) no existen diferencias significativas. Al igual que en la interacción (A x B) niveles de humedad por etapas de supresión de riego.

Para el factor C (genotipos) no existen diferencias significativas en la 1era etapa de supresión de riego al igual que en la interacción (A x C). En cambio sí existen diferencias significativas en la 2da y 3era etapas de supresión de riego.

No existen diferencias significativas en la interacción etapas de supresión por genotipos (B x C) en la 1era y 2da etapas de supresión de riego, pero si existen diferencias significativas en la 3era etapa de supresión de riego. En la triple interacción (A x B x C) se tienen diferencias no significativas en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego. Los coeficientes de variación fueron 6.48, 8.99 y 8.64 % para las fases de ramificación, floración y llenado de grano.

#### 4.3.1 Diámetro de tallo para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 16.** Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor A: niveles de humedad para la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Factor A (Niveles de humedad) | Diámetro (mm) | Duncan (5%) |
|-------------------------------|---------------|-------------|
| Nivel 1 (60 % CC)             | 6.33          | a           |
| Nivel 2 (30 % CC)             | 6.12          | a           |
| Nivel 3 (10 % CC)             | 5.68          | b           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 16) se observan dos grupos de medias similares: el primero integrado por los niveles de humedad 1 y 2 con valores (6.33 y 6.12 mm) el segundo grupo integrado por el nivel de humedad 3 con un diámetro de 5.68 mm. Los resultados indican que con un nivel de humedad del 60% de CC plantas alcanzan mayores diámetros de tallo lo que representa que existe un mayor engrosamiento del tallo y consecuentemente mayor vigor de la planta. En cambio con un nivel de humedad del 10% de CC menor engrosamiento de tallo es menor.

Bosque (1999) en un estudio similar encontró reducciones en el diámetro de tallo debido a la sequía. Según Vizarrata (2002), existe un mayor diámetro de tallo en los genotipos sometidos a capacidad de campo que en los genotipos que estén por debajo de este nivel, esto se debe probablemente al efecto físico que existe en la absorción de agua por los genotipos a capacidad de campo, ya que se tendrían mayor disponibilidad de agua en el suelo, pese a que una de las modificaciones anatómicas de la quinua en estrés hídrico es aumentar la longitud de raíz pudiendo absorber más agua.

#### 4.3.2 Diámetro de tallo para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 17.** Prueba de Duncan del diámetro de tallo para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Factor A (Niveles de humedad) | Diámetro (mm) | Duncan (5%) |
|-------------------------------|---------------|-------------|
| Nivel 1 (60 % CC)             | 6.60          | a           |
| Nivel 2 (30 % CC)             | 6.35          | a           |
| Nivel 3 (10 % CC)             | 5.76          | b           |

De acuerdo a la prueba de medias Duncan a un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 17) se observan dos grupos cuyas medias de diámetro de tallo son: el primero integrado por los niveles de humedad 1 y 2 con valores (6.60 y 6.35 mm), el segundo grupo integrado por el nivel de humedad 3 con un valor de 5.76 mm.

Los resultados obtenidos permiten deducir que a un mayor contenido de humedad, las plantas alcanzan mayores diámetros de tallo. En cambio a un menor nivel de humedad del suelo, el engrosamiento de tallo es menor. Bosque (1999), en un estudio similar constató que el diámetro de tallo fue menor como consecuencia de la sequía a la que fueron sometidas las plantas.

Apaza (2000), indica que el diámetro de tallo es menor en la fase vegetativa y este va en incremento a medida que la planta avanza en su ciclo. Según Vizarrreta (2002), existe un mayor diámetro de tallo en los genotipos sometidos a capacidad de campo que en los genotipos que están por debajo de este nivel de humedad.

#### 4.3.3 Diámetro de tallo para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 18.** Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FC (Genotipos)    | Diámetro (mm) | Duncan (5%) |
|-------------------|---------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 5.38          | d           |
| c2 Real Pandela   | 5.77          | c           |
| c3 Var. Chucapaca | 6.18          | b           |
| c4 L - 320        | 6.24          | b           |
| c5 Accesoión 1560 | 6.64          | a           |

De acuerdo a la prueba de medias Duncan con un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 18) se conforman cuatro grupos con valores promedios similares: el primero integrado por el genotipo 5 con un valor de 6.64 mm, el segundo grupo integrado por los genotipos 3 y 4 con valores de 6.18 y 6.40 mm, el tercer grupo integrado por el genotipo 2 con un valore 5.77 mm y el cuarto grupo integrado por el genotipo 1 con un valor de 5.38 mm. El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor diámetro de tallo. Riquelme (1998), Rojas (1988) y Mamani (1999), indican que los genotipos y variedades de quinua tardías, presentan un mayor diámetro de tallo que las

precoces. En el presente caso, el genotipo 1 (EDK – 4) es precoz y alcanzó el menor diámetro de tallo.

#### 4.3.4 Diámetro de tallo para el factor C en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 17.** Prueba de Duncan diámetro de tallo para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FC (Genotipos)     | Diámetro (mm) | Duncan (%) |
|--------------------|---------------|------------|
| c1: EDK - 4        | 5.53          | d          |
| c2: Real Pandela   | 5.80          | C          |
| c3: Var. Chucapaca | 6.40          | b          |
| c4: L - 320        | 6.46          | b          |
| c5: Accesoión 1560 | 6.98          | a          |

La prueba de Duncan (probabilidad del 5%) para la fase llenado de grano se encuentra en el (cuadro 19), donde se observan cuatro grupos con medias similares: el primero integrado por el genotipo 5 con un valor de 6.98 mm, el segundo grupo integrado por los genotipos 3 y 4 con valores (6.40 y 6.46 mm), el tercer grupo integrado por el genotipo 2 con un valor de 5.80 mm y el cuarto grupo integrado por el genotipo 1 con un valor de 5.53 mm. El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor diámetro de tallo, lo que se atribuye a la característica de tener ciclo largo. Riquelme (1998), Rojas (1988) y Mamani (1999), indican que los genotipos y variedades de ciclo tardío, presentan un mayor diámetro de tallo que las precoces. En el presente caso, el genotipo 1 (EDK – 4) es el más precoz y alcanzó el menor diámetro de tallo. Por lo tanto concuerda con lo reportado por los citados autores.

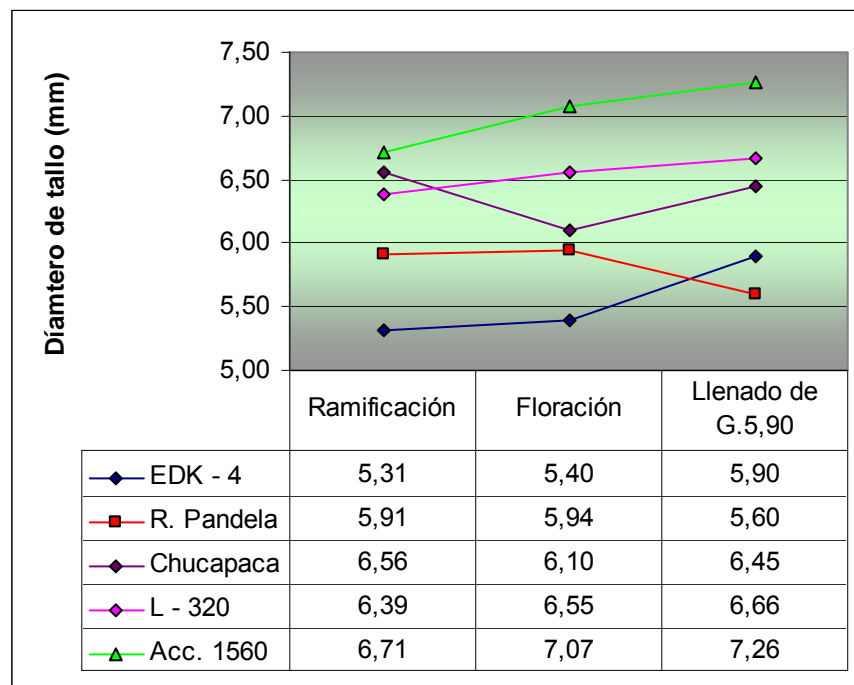
#### 4.3.5 Diámetro de tallo para el análisis de efectos simples para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego



**Cuadro 20.** Análisis de efecto simple diámetro de tallo para la interacción niveles de humedad por genotipos (B X C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FV   | GL | SC       | CM       | Fc       | Ft   | Significancia |
|--|----|----------|----------|----------|------|---------------|
| Etapas de supresión de riego en EDK – 4    | 2  | 5,580    | 2,790    | 16.607   | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en R. Pandela | 2  | 1,706    | 0,853    | 5.077    | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Chucapca   | 2  | 1,303    | 0,652    | 3.880    | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en L - 320    | 2  | 0,920    | 0,460    | 2.738    | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Acc. 1560  | 2  | 4,937    | 2,469    | 14.696   | 3,4  | *             |
| Genotipos en la 1° ESR ( ramificación)     | 4  | 5109,356 | 1277,339 | 7603.208 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 2° ESR ( floración)        | 4  | 5277,965 | 1319,491 | 7854.113 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 3° ESR ( llenado de grano) | 4  | 5490,585 | 1372,646 | 8170.511 | 2,49 | *             |
| Error                                      | 72 | 12.10446 | 0.168    |          |      |               |

El cuadro 18 contiene los resultados del análisis de efectos simples, donde se observa que existen diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro de cada genotipo en estudio. También se observa que existen diferencias significativas entre los genotipos en estudio dentro de cada etapa de supresión de riego.



**Figura 12.** Diámetro de tallo para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

La Figura 12 refleja la variación en el diámetro de tallo de 5 genotipos en la fase llenado de grano. Constatándose que el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó mayores diámetros de tallo (6.71, 7.07 y 7.26 mm) en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego, debido a la característica propia de la forma del tallo de ser aristado y engrosado. En cambio el genotipo 2 (EDK - 4) alcanzó menores diámetros de tallo de (5.31 y 5.40) mm en la 1era y 2da con lo que se confirma la afirmación de los autores: Riquelme (1998), Rojas (1988) y Mamani (1999), que indican que los genotipos y variedades de ciclo tardío, presentan un mayor diámetro de tallo que las precoces. Al igual que el genotipo 2 (R. Pandela) con 5.60 mm

#### 4.4 Número de Hojas

El análisis de varianza para el número de hojas (anexo 8), en la 1ra, 2da y 3ra etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano) reporta que las diferencias entre bloques no son significativas para la variable número de hojas, En cambio, las diferencias en número de hojas son estadísticamente significativas para el factor A (niveles de humedad), factor B (etapas de supresión de riego) y factor C (genotipos). En la interacción (A x B) niveles de humedad por etapas de supresión de riego en la 1ra etapa de supresión de riego existen diferencias significativas, en cambio en la 2da y 3ra etapa de supresión de riego no existen diferencias significativas.

En la interacción (A x C) niveles de humedad por genotipos se observa que no existen diferencias significativas en la 1ra, 2da y 3ra etapas de supresión de riego. En la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 1ra y 3ra etapas de supresión de riego no existen diferencias significativas, pero sí existe diferencias significativas en la 2da etapa de supresión de riego.

En la triple interacción (A x B x C) se observa que no existen diferencias significativas en la 1era, 2da y 3ra etapas de supresión de riego y los coeficientes de variación son de 12.74, 15.28 y 12.74 % respectivamente.

#### 4.4.1 Número de hojas para el factor A en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 21.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor A: niveles de humedad en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| FA: (Niveles de humedad) | Nº de Hojas | Duncan (5%) |
|--------------------------|-------------|-------------|
| N1: 60 % CC              | 16.0        | b           |
| N2: 30 % CC              | 17.0        | a           |
| N3: 10 % CC              | 16.0        | b           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5 % (cuadro 21) en la fase de ramificación se tiene dos grupos: el primero integrado por el nivel de humedad 2 (30% de CC) con 17 hojas y el segundo grupo integrado por los niveles de humedad 1(60% de CC) y 3 (30% de CC) con 16 hojas.

El nivel de humedad 2 (30 % C.C.) alcanzó un mayor número de hojas, debido a que los genotipos se encontraban con un nivel de humedad próxima a capacidad de campo las hojas presentaron arpeollamiento en las hojas, pero recuperaron con los riegos de recuperación.

En el nivel de humedad 3 (10 % CC) los genotipos alcanzaron un menor número de hojas debido a la marchites intensa que manifestaron las hojas, por lo que no llegaron a recuperar de lo contrario defoliaron. En cambio en el nivel de humedad 1 (60% de CC) los genotipos tendieron a defoliar ante el déficit hídrico en esta fase como un mecanismo morfológico (caída de hojas).

#### 4.4.2 Número de hojas para el factor A en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 22.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor A: niveles de humedad en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FA: (Niveles de humedad) | Nº de Hojas | Duncan (5%) |
|--------------------------|-------------|-------------|
| N1 60 % CC               | 22.0        | a           |
| N2 30 % CC               | 21.0        | a           |
| N3 10 % CC               | 20.0        | b           |

Por la comparación de medias Duncan, con un nivel de probabilidad del 5 % (cuadro 22) en la fase de floración se tienen dos grupos con valores promedio en número de hojas similares: el primero integrado por los niveles de humedad 1 y 2 con valores (22.0 y 21.0 hojas) y el segundo integrado por el nivel de humedad 3 con un valor de 20.0 hojas. El nivel de humedad 1 (60 % CC.) alcanzó un mayor número de hojas, debido a que los genotipos se encontraban con un nivel de humedad próxima a capacidad de campo y las hojas recuperaron. En cambio en el nivel de humedad 3 (10 % de CC) los genotipos alcanzaron menor número de hojas por la caída de hojas como una modificación morfológica para defenderse de la sequía (Vizarreta, 2000).

#### 4.4.4 Número de hojas para el factor A en la 3era etapa de supresión de riego

**Cuadro 23.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FA: (Niveles de humedad) | Nº de Hojas | Duncan (5%) |
|--------------------------|-------------|-------------|
| N1 60 % CC               | 10.0        | a           |
| N2 30 % CC               | 12.0        | a           |
| N3 10 % CC               | 15.0        | b           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5 % (cuadro 23) se tienen tres grupos: el primero integrado por el nivel de humedad 3 con un

valor 15.0 hojas, el segundo integrado por los niveles de humedad 1 y 2 con un número de 10 y 12 hojas.

El nivel de humedad 3 (10 % CC.) alcanzó el mayor número de hojas, debido a que los genotipos adoptaron cierta modificación morfológica (concentración de cristales de oxalato de calcio sobre las hojas) en algunos genotipos y fisiológicas (mayor tolerancia a la deshidratación de los tejidos durante la sequía) y las plantas no defoliaron (Vizarreta 2002). En cambio en el nivel de humedad 1 (60 % CC.) y 2 (30 % CC) se alcanzó el menor número de hojas por la defoliación de la planta (modificación morfológica) como una reacción al efecto de la sequía, perdiendo las hojas y así evitar mayor pérdida de agua por transpiración.

#### 4.4.4 Número de hojas para el factor B en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 24.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor B: etapas de supresión de riego para la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| FB (Etapas de supresión de riego) | Nº de hojas | Duncan (5%) |
|-----------------------------------|-------------|-------------|
| b1 1era ESR (ramificación)        | 15.0        | b           |
| b2 2da ESR (floración)            | 17.0        | a           |
| b3 3era ESR (llenado de grano)    | 17.0        | a           |

El cuadro 24 refleja la prueba de medias Duncan, a un nivel de probabilidad del 5% donde se tienen dos grupos: el primero integrado por la 2da y 3era etapas de supresión de riego con valores 17.0 hojas y el segundo integrado por la 1era etapa de supresión de riego con 15.0 hojas. El menor número de hojas que se observa en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) se debe a que los genotipos tardaron en recuperar la parte vegetativa y por lo tanto alcanzaron un menor número de hojas, deduciéndose que la fase de ramificación es sensible al déficit de agua especialmente en lo que se refiere a la formación de hojas o conservación del número de hojas formadas.

#### 4.4. 5 Número de hojas para el factor B en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 25.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor B: etapas de supresión de riego para la 2 da etapa de supresión de riego (floración)

| FB ( Etapas de supresión de riego) | Nº de hojas | Duncan (5%) |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| b1 1era ESR (ramificación)         | 23.0        | b           |
| b2 2da ESR (floración)             | 20.0        | a           |
| b3 3era ESR (llenado de grano)     | 21.0        | a           |

Por la prueba de medias Duncan, con un nivel de significancia del 5% (cuadro 25) en la fase de floración se tienen dos grupos con promedios similares: el primero integrado por la 1era etapa de supresión de riego con un valor 23.0 hojas, el segundo integrado por la 2da y 3ra etapas de supresión de riego con valores 20.0 y 21.0 hojas.

El menor número de hojas que se observa en la 2da etapa de supresión de riego (floración) se debe a que los genotipos alcanzaron defoliación extrema como una reacción al efecto de la sequía al que fueron sometidos en esta fase, perdiendo las hojas y así evitar mayor pérdida de agua por transpiración, sin embargo continúan fotosintetizando, acumulando energía y fotosintatos, debido a que la fotosíntesis laminar es reemplazada por fotosíntesis no laminar efectuada por la panoja y pedicelos de la inflorescencia.

En cambio en la fase de ramificación se observa un mayor número de hojas, debido a que recuperaron el déficit hídrico al que fueron sometidos en esta fase, esto puede deberse a que los genotipos se encuentran en plena fase vegetativa y las hojas adultas protegieron a los primordios foliares como una reacción al efecto de la sequía (Vizarreta, 2002).

#### 4.4.6 Número de hojas para el factor B en la 3era etapa de supresión de riego

**Cuadro 26.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor B: etapas de supresión de riego para la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FB (Etapas de supresión de riego) | Nº de hojas | Duncan (5%) |
|-----------------------------------|-------------|-------------|
| b1 1era ESR (ramificación)        | 13.0        | a           |
| b2 2da ESR (floración)            | 13.0        | a           |
| b3 3era ESR (llenado de grano)    | 10.0        | b           |

Según la prueba de Duncan, a un nivel de significancia del 5% realizada con valores promedio del número de hojas en la fase llenado de grano (cuadro 26) permite distinguir dos grupos: el primero integrado por la 1ra y 2da etapas de supresión de riego con valores iguales a 13.0 hojas, el segundo grupo integrado por la 3ra etapa de supresión de riego con un valor 10.0 hojas

El menor número de hojas que se observa en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) se debe a que los genotipos alcanzaron defoliación extrema como una reacción al efecto de la sequía al que fueron sometidos, o por que la planta alcanzó ya su madurez fisiológica perdiendo las hojas. En cambio en la 1era y 2da etapa de supresión de riego (ramificación y floración) los genotipos llegan a recuperar del déficit hídrico sufrido anteriormente.

#### 4.4.7 Número de hojas para el factor C en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 27.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor C: genotipos para la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| FC (Genotipos)    | Nº de Hojas | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 17.0        | a           |
| c2 Real Pandela   | 17.0        | a           |
| c3 Var. Chucapaca | 17.0        | a           |
| c4 L - 320        | 17.0        | a           |
| c5 Accesoión 1560 | 15.0        | b           |

En el cuadro 27 se encuentra la clasificación de medias según la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, identificándose dos grupos con promedios similares en número de hojas: el primero integrado por los genotipos 1, 2, 3, y 4 con un valor de 17 hojas y el segundo integrado por el genotipo 5 con un valor de 15.0 hojas. Los genotipos 1, 2, 3 y 4 alcanzaron un mayor número de hojas debido a que estos genotipos adoptaron cierta (modificación morfológica, hojas pequeñas) para defenderse de la sequía. En cambio el genotipo 5 alcanzó el menor número de hojas por la disposición de las hojas alrededor del tallo en menor número y no presentar ninguna modificación morfológica.

#### 4.4.8 Número de hojas para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 28.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FC (Genotipos)    | Nº de Hojas | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 20.0        | c           |
| c2 Real Pandela   | 17.0        | d           |
| c3 Var. Chucapaca | 20.0        | c           |
| c4 L - 320        | 22.0        | b           |
| c5 Accesoión 1560 | 27.0        | a           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de significancia del 5% (cuadro 28), en la fase de floración se tienen tres grupos: el primero integrado por el genotipo 5 con un valor de 27.0 hojas, el segundo grupo integrado por el genotipo 4 con un valor de 22.0 hojas, el tercero integrado por los genotipos 1 y 3 con un número de 20.0 hojas y el cuarto grupo integrado por el genotipo 2 con 17.0 hojas.

El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor número de hojas, debido a la manifestación de cierto mecanismo morfológico en esta fase de floración, como la presencia de cristales de oxalato de calcio sobre las hojas como una reacción al efecto de la sequía (Vizarreta, 200), para así evitar la pérdida de agua por



transpiración. En cambio el genotipo 2 (R, Pandela) alcanzó el menor número de hojas debido a la defoliación extrema que presentó en esta fase este genotipo como una reacción al efecto de la sequía y evitar la mayor pérdida de agua por transpiración.

#### 4.4.9 Número de hojas para el factor C en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 29.** Prueba de Duncan número de hojas para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FC (Genotipos)    | Nº de Hojas | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 16.0        | b           |
| c2 Real Pandela   | 9.0         | c           |
| c3 Var. Chucapaca | 7.0         | c           |
| c4 L - 320        | 8.0         | c           |
| c5 Accesoión 1560 | 20.0        | a           |

Por la clasificación de Duncan a un nivel de significancia del 5% (cuadro29) se observan tres grupos: el primero integrado por el genotipo 5 con un valor de 20.0 hojas, el segundo integrado por el genotipo 1 con un valor de 16.0 hojas y el tercero integrado por los genotipos 2, 3 y 4 con valores (9.0, 7.0 y 8.0) hojas.

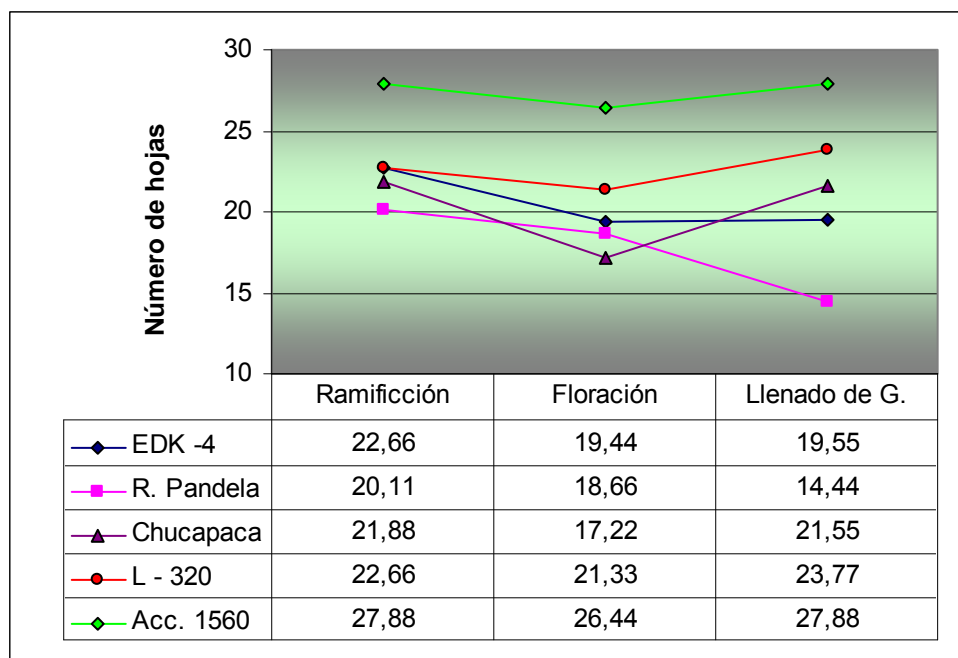
El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor número de hojas debido a que no presentó defoliación atribuyéndose esto a la mayor retención de humedad en las hojas por la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas (Vizarreta 2002), En cambio el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó el menor número de hojas, defolió como una reacción al efecto de la sequía en esta fase y evitar perder agua por transpiración.

#### 4.4.10 Número de hojas para el análisis de efectos simples para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 30.** Análisis de efectos simples número de hojas para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FV   | GL | SC       | CM      | Fc     | Ft   | Significancia |
|--|----|----------|---------|--------|------|---------------|
| Etapas de supresión de riego en EDK – 4    | 2  | 180,473  | 90,237  | 19.941 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en R. Pandela | 2  | 468,538  | 234,269 | 51.772 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Chucapaca  | 2  | 365,161  | 182,580 | 40.349 | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en L – 320    | 2  | 80,591   | 40,296  | 8.905  | 3,4  | *             |
| Etapas de supresión de riego en Acc. 1560  | 2  | 37,325   | 18,662  | 4.124  | 3,4  | *             |
| Genotipos en la 1° ESR ( ramificación)     | 4  | 908,412  | 227,103 | 50.188 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 2° ESR (floración)         | 4  | 1381,603 | 345,401 | 76.331 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 3° ESR (llenado de grano)  | 4  | 2686,140 | 671,535 | 148.40 | 2,49 | *             |
| Error                                      | 72 | 325.8666 | 4.525   |        |      |               |

En el cuadro 30 de efecto simple se observa que existen diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro los genotipos: EDK - 4, R. Pandela, Chucapaca, L - 320 y la Acc. 1560. Se observa también que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro la: 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego.



**Figura13.** Número de hojas para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

La figura 13 refleja el número de hojas en la fase de floración en la 1era etapa de supresión de riego, donde el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó un mayor número de 27 hojas y el menor número de 20.11 hojas el genotipo 2 (R. Pandela).

En la 2da etapa de supresión de riego (floración) el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó un número de hojas mayor de 26.0 sin embargo el genotipo 3 (Var. Chucapaca) un menor número de hojas de 17.0.

En la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) el genotipo 5 (Acc.1560) alcanzó el mayor número de 27 hojas en cambio el genotipo 2 (R. Pandela) el menor número de 14.0 hojas.

En la fase floración y en las diferentes etapas de supresión del riego (ramificación, floración y llenado de grano), evidenciándose que el genotipo 5 (Acc.1560) alcanzó el mayor número de hojas debido a la disposición de las hojas alrededor del tallo y la modificación morfológica por efecto de la sequía como la presencia de cristales de

---

oxalato de calcio sobre las hojas (Vizarreta, 2000). En cambio el genotipo 2 (R. Pandela) en las fases de ramificación y llenado de grano alcanzó un menor número de hojas debido a la defoliación extrema como una reacción al efecto de la sequía y evitar mayor pérdida de agua por transpiración al igual que el genotipo 3 (Var. Chucapaca) en la fase de floración.

#### 4.5 Área foliar

El análisis de varianza para el área foliar (anexo 9), en la 1era, 2da y 3ra etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano) se observa que no existen diferencias significativas entre bloques. Al igual que en el factor A (niveles de humedad).

En el factor B (etapas de supresión de riego) existen diferencias significativas en la 1era y 2da etapas de supresión de riego en cambio en la 3ra etapa de supresión de riego no existen diferencias significativas. Por otra parte, en la 1era etapa de supresión de riego existe diferencias significativas para la interacción niveles de humedad por etapas de supresión (A x B) y diferencias no significativas para la 1era y 3ra etapas de supresión de riego al igual que para el factor C (genotipos) en la 1era etapa de supresión de riego; en cambio, en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego existen diferencias significativas.

En la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 1era y 2da etapas de supresión de riego se tienen diferencias no significativas y en la 3ra etapa de supresión de riego existen diferencias significativas. En la interacción etapas de supresión por genotipos (B x C) no existen diferencias significativas en la 1era etapa de supresión de riego, pero las diferencias son significativas en la 2da y 3era etapas de supresión de riego.

En la triple interacción (A x B x C) se observa que en la 1era y 2da etapa de supresión de riego no se tienen diferencias significativas. En cambio en la 3era etapa

de supresión de riego se tienen diferencias significativas. Los coeficientes de variación en las fases en estudio son 25.64, 29.25 y 37.01 %.

#### 4.5.1 Área foliar para el factor B en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 31.** Prueba de Duncan área foliar para el factor B: etapas de supresión de riego en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Factor B (Etapas de supresión de riego) | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Duncan (5%) |
|---|--------------------------------|-------------|
| B1 1era ESR (ramificación)              | 125.67                         | b           |
| B2 2da ESR ( floración)                 | 160.79                         | a           |
| B3 3era ESR (llenado de grano)          | 164.26                         | a           |

La prueba de Duncan (cuadro 31) con una probabilidad del 5% para la fase de ramificación ha conformado dos grupos, el primero integrado por la 2da y 3ra etapas de supresión de riego con valores de 164.26 y 160.79 26 cm<sup>2</sup>, el segundo integrado por la 1era etapa de supresión de riego con un valor de 125.67 cm<sup>2</sup>.

La fase llenado de grano alcanzó el mayor área foliar en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación), debido a que los genotipos en esta fase se encuentran en plena división celular y las hojas adultas protegen a las hojas jóvenes aglutinándose sobre los primordios foliares (Vizarreta 2002). La menor área foliar la fase de ramificación debido a que las hojas se encontraban en plena fase vegetativa y son pequeñas en esta fase. Turner (1980), indica al respecto que la parte aérea se ve reducida notoriamente en el tratamiento con déficit hídrico; en cambio en la fase llenado de grano los genotipos alcanzaron su mayor expansión foliar.

#### 4.5.2 Área foliar para el factor B en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 32.** Prueba de Duncan área foliar para el factor B: etapas de supresión de riego en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Factor B (Etapas de supresión de riego) | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Duncan (5%) |
|---|--------------------------------|-------------|
| B1 1era ESR (ramificación)              | 233.75                         | b           |
| B2 2da ESR ( floración)                 | 242.28                         | b           |
| B3 3era ESR (llenado de grano)          | 280.18                         | a           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 32), se tienen dos grupos: el primero integrado por la 3era etapa de supresión de riego con un valor de 280.18 cm<sup>2</sup> y el segundo integrado por la 1era y 2da etapas de supresión de riego con valores de 233.75 y 242.28 cm<sup>2</sup>.

La fase llenado de grano alcanzó el mayor área foliar de en la 2da etapa de supresión de riego (floración) debido a que los genotipos en estas fases se encuentran en plena división celular y las hojas adultas protegen a las hojas jóvenes aglutinándose sobre los primordios florales (Vizarreta 2002). En cambio los genotipos que sufrieron un déficit hídrico en la fase de ramificación no recuperaron en su totalidad su follaje, por lo que se tiene un menor número de hojas.

#### 4.5.3 Área foliar para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 33.** Prueba de Duncan área foliar para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FC (Genotipos)    | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Duncan (5%) |
|-------------------|--------------------------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 201.83                         | c           |
| c2 Real Pandela   | 206.06                         | c           |
| c3 Var. Chucapaca | 230.16                         | c           |
| c4 L - 320        | 290.91                         | b           |
| c5 ACC. 1560      | 331.38                         | a           |

La prueba de Duchan a un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 33), en la 2da etapa de supresión de riego (floración), se tienen tres grupos: el primero integrado por el genotipo 5 con 331.38 cm<sup>2</sup> el segundo integrado por el genotipo 4 con un valor de 290.91 cm<sup>2</sup> y el tercero integrado por los genotipos 3, 2 y 1 con valores de 230.16, 206.06 y 201.83 cm<sup>2</sup> respectivamente.

El mayor área foliar fue alcanzado por el genotipo 5 en la fase de floración, lo cual se puede atribuir a que este es un genotipo de valle y de ciclo tardío. Por lo que se en esta etapa se encuentra en plena división celular, además de la forma lobulada de sus hojas y en número mayor que en los otros genotipos. En cambio el genotipo 1 alcanzó el área foliar menor por las hojas pequeñas que presentó como una modificación morfológica para defenderse de la sequía en esta fase (Vizarreta 2002).

#### 4.4.4 Área foliar para el factor C en la 3era etapa de supresión de riego

**Cuadro 34.** Prueba de Duncan área foliar para el factor C: genotipos en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FC (Genotipos)    | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Duncan (5%) |
|-------------------|--------------------------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 236.93                         | a           |
| c2 Real Pandela   | 178.81                         | b           |
| c3 Var. Chucapaca | 104.93                         | d           |
| c4 L - 320        | 142.71                         | c           |
| c5 ACC. 1560      | 213.00                         | b           |

El cuadro 34 muestra la prueba de Duncan (5% de probabilidad) para el área foliar en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano), donde se tienen cuatro grupos. El primero integrado por los genotipos 1 y 5 con valores de 236.93 y 213.00 cm<sup>2</sup>, el segundo integrado por el genotipo 2 con un valor de 178.81 cm<sup>2</sup>, el tercero integrado por el genotipo 4 con un valor de 142.71 cm<sup>2</sup> y el cuarto integrado por el genotipo 3 con un valor promedio de 104.93 cm<sup>2</sup>.

En la fase de llenado de grano se observa que el genotipo 1 alcanzó un mayor área foliar, esto puede atribuirse a una modificación fenológica, es decir madurez prematura y desarrollo fenológico rápido del genotipo (Vizarreta 2002). Al igual que en el genotipo 5(Acc. 1560) pero en el caso de este genotipo puede deberse a la presencia de cristales de oxalato de calcio sobre sus hoja. En cambio el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó un área foliar menor debido a que presentó cierta modificación morfológica en la planta como ser un menor número de hojas como reacción al efecto de la sequía.

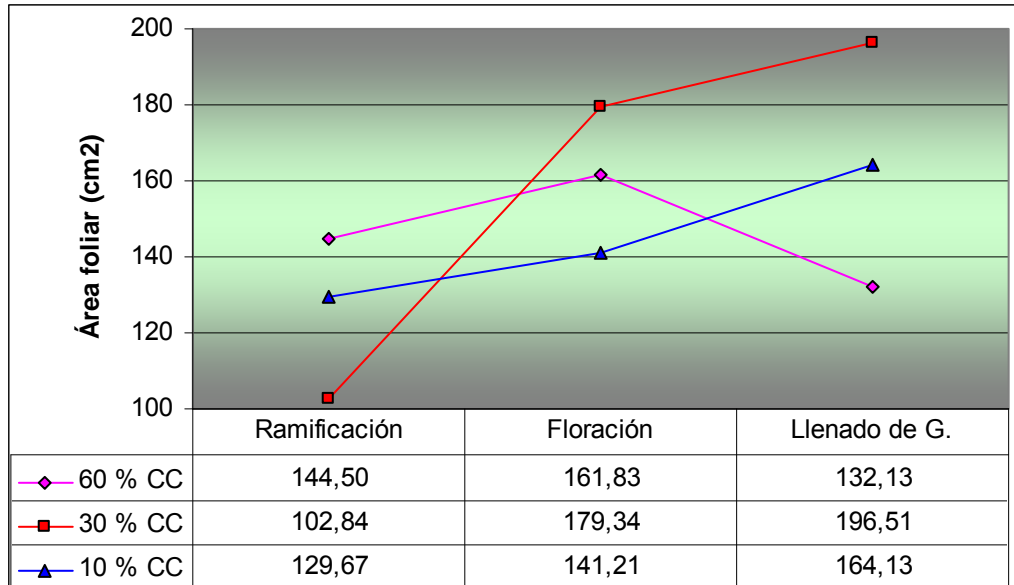
#### 4.5.5 Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego en la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 35.** Análisis de efectos simples área foliar para la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x B) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| FV                             | GL | SC        | CM        | Fc     | Ft  | Significancia |
|--------------------------------|----|-----------|-----------|--------|-----|---------------|
| Niveles de humedad en 1era ESR | 2  | 24078,001 | 12039,000 | 8.111  | 3,4 | *             |
| Niveles de humedad en 2da ESR  | 2  | 19671,133 | 9835,566  | 6.627  | 3,4 | *             |
| Niveles de humedad en 3era ESR | 2  | 55955,239 | 27977,620 | 18.850 | 3,4 | *             |
| ESR en nivel de hum. 60 %CC    | 2  | 12018,922 | 6009,461  | 4.049  | 3,4 | *             |
| ESR en nivel de hum. 30 % CC   | 2  | 134290,15 | 67145,075 | 45.241 | 3,4 | *             |
| ESR en nivel de hum. 10 % CC   | 2  | 16613,906 | 8306,953  | 5.597  | 3,4 | *             |
| Error                          | 72 | 106859.58 | 1484.161  |        |     |               |

El cuadro 35 de efecto simple se observa que existen diferencias significativas entre los niveles de humedad dentro la: 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego. También se observa que existen diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro los niveles de humedad de 60%, 30% y 10% de C.C.





**Figura 14.** Área foliar para la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x B) en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

La figura 14 refleja el área foliar, donde en la 1era etapa de supresión (ramificación) de riego, el nivel de humedad del 60% de CC alcanzó una mayor área foliar de 144.50 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar de 102.84 cm<sup>2</sup> en el nivel de humedad del 30% de CC.

En la 2da etapa de supresión de riego (floración) con un nivel de humedad del 30% de C.C. se tiene la mayor área foliar de 179.34 cm<sup>2</sup> y con un nivel de humedad del 10% de C.C. se tiene una menor área foliar de 141.21 cm<sup>2</sup>.

En la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) con un nivel de humedad del 30% de CC se alcanzó una mayor área foliar de 196.51 cm<sup>2</sup> y con un nivel de humedad del 60% de C.C. se alcanzó la menor área foliar de 132.13 cm<sup>2</sup>.

La fase de ramificación alcanzó la mayor área foliar con un nivel de humedad del 60% de CC, esto debido a que en condiciones de capacidad de campo los genotipos recuperaron rápidamente y además se encontraban en plena división celular y formación de tejidos. En cambio en el nivel de humedad 2 (30% CC) la

recuperación de los genotipos en esta fase no fue rápida debido a la marchites intensa que sufrieron las hojas.

En la fase de floración con un nivel de humedad 2 (30% CC) alcanzó la mayor área foliar, debido a que los genotipos se encontraban con una humedad próxima a capacidad de campo por lo que recuperaron rápidamente, en cambio en el nivel de humedad 3 (10% CC) los genotipos se encontraban con un nivel de humedad próxima al punto de marchites permanente ante esta situación manifestaron cierto mecanismo morfológico (menor expansión foliar) por el efecto de la sequía (Vizarreta, 2000).

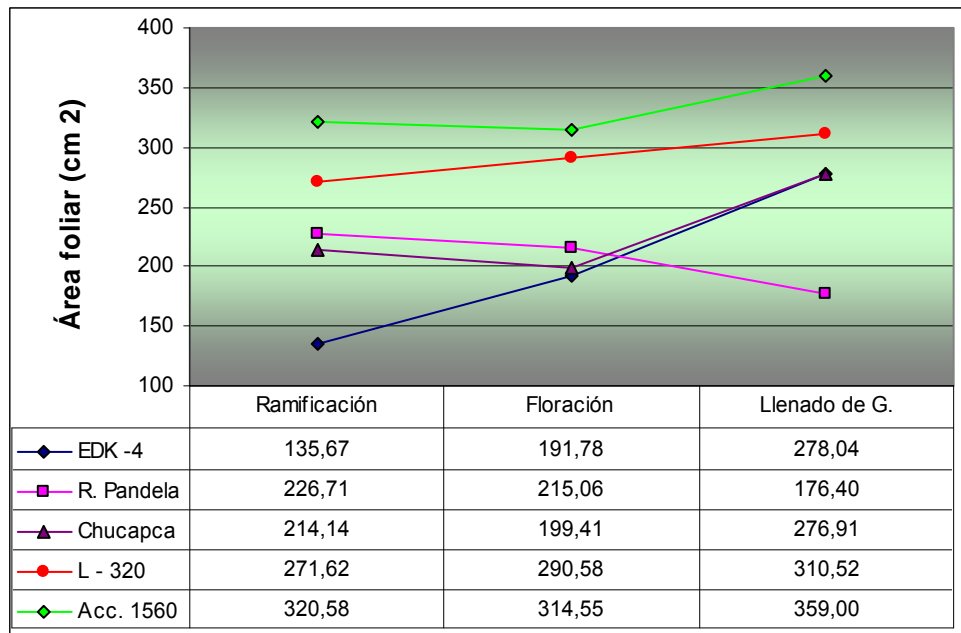
En la fase llenado de grano en el nivel de humedad 2 (30% CC) alcanzó la mayor área foliar, esto debido a ciertas modificaciones fisiológicas y movimientos nictinásticos de las hojas. En cambio en el nivel de humedad 1 (60% CC) se observa una menor área foliar debido a que a que los genotipos defolian como una reacción al efecto de la sequía y también por lo que se encuentran en plena madurez fisiológica la planta comienza a defoliar como un indicador que alcanzó su madurez fisiológica.

#### 4.5.6 Área foliar para el análisis de efecto simple para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 36.** Análisis de efectos simples área foliar para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FV  | GL | SC         | CM         | Fc     | Ft   | Significancia |
|---|----|------------|------------|--------|------|---------------|
| Etapa de supresión de riego en EDK - 4    | 2  | 277725,029 | 138862,515 | 25.531 | 3,4  | *             |
| Etapa de supresión de riego en R. Pandela | 2  | 37452,728  | 18726,364  | 3.443  | 3,4  | *             |
| Etapa de supresión de riego en Chucapca   | 2  | 91469,662  | 45734,831  | 8.409  | 3,4  | *             |
| Etapa de supresión de riego en L – 320    | 2  | 20432,657  | 10216,328  | 1.878  | 3,4  | ns            |
| Etapa de supresión de riego en Acc. 1560  | 2  | 31394,338  | 15697,169  | 2.886  | 3,4  | ns            |
| Genotipos en la 1° ESR (ramificación)     | 4  | 513739,414 | 128434,854 | 23.614 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 2° ESR (floración)        | 4  | 342491,169 | 85622,792  | 15.742 | 2,49 | *             |
| Genotipos en la 3° ESR (llenado de grano) | 4  | 483804,055 | 120951,014 | 22.238 | 2,49 | *             |
| Error                                     | 72 | 391593.020 | 5438.792   |        |      |               |

El cuadro 36 de efecto simple indica que existen diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro los genotipos: EDK - 4, R. Pandela, Var. Chucapca y no así dentro los genotipos: L - 320 y Acc. 1560. También se observa que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro las etapas de supresión de riego en estudio.



**Figura 15.** Área foliar para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

En la figura 15 se observa el comportamiento del área foliar de los genotipos dentro las etapas de supresión de riego en la 2da etapa de supresión de riego (floración), donde en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación) el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó la mayor área foliar de 320.58 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar de 135.67 cm<sup>2</sup> el genotipo 1 (EDK -4).

En la 2da etapa de supresión de riego (floración) el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó una mayor área foliar de 314.55 cm<sup>2</sup> y el genotipo 1 (EDK -4) la menor área foliar de 191.78 cm<sup>2</sup>.

En la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) el genotipo 5 también alcanzó la mayor área foliar de 359.00 cm<sup>2</sup> y el genotipo 2 (R. Pandela) la menor área foliar de 176.40 cm<sup>2</sup>.

En la 1era, 2da y 3ra etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano) el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanza la mayor área foliar debido a cierta modificación fisiológica como ser la de mayor concentración de cristales de oxalato de calcio sobre las hojas que captaron la humedad para de esta manera mantener húmedos los estomas y a la misma planta (Mújica 1976 – 1982). En cambio el genotipo 1 (EDK- 4) la menor área foliar debido a que este genotipo es susceptible a la falta de agua en esta dos fases (figura 14). El genotipo 2 (R. Pandela) tiene una reducción en cuanto al área foliar 176.40 cm<sup>2</sup> en la fase de llenado de grano, esto atribuye a que este genotipo por la modificación morfológica reduce el área foliar mediante la eliminación de hojas (Vizarreta 2002).

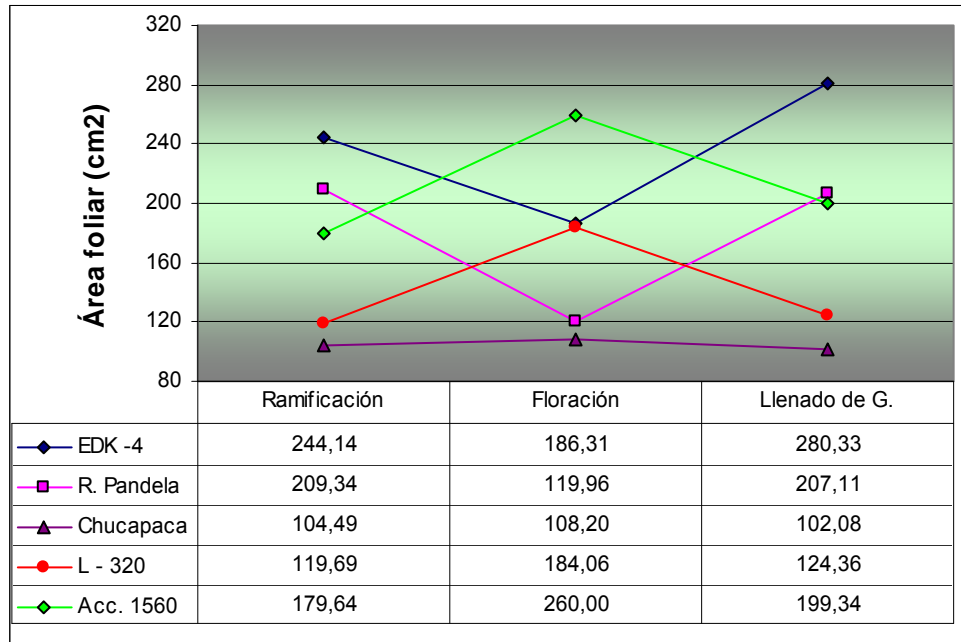
**4.5.7 Área foliar para el análisis de efecto simple para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego**

**Cuadro 37.** Análisis de efecto simple para el área foliar en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FV                   | GL | SC         | CM         | Fc     | Ft   | Significancia |
|----------------------|----|------------|------------|--------|------|---------------|
| ESR en EDK - 4       | 2  | 121444,069 | 60722,034  | 14.426 | 3,4  | *             |
| ESR en Real Pandela  | 2  | 140299,918 | 70149,959  | 16.665 | 3,4  | *             |
| ESR en Var. Chucapca | 2  | 513,239    | 256,620    | 6.096  | 3,4  | *             |
| ESR en L – 320       | 2  | 69564,562  | 34782,281  | 8.263  | 3,4  | *             |
| ESR en Accesión 1560 | 2  | 94729,097  | 47364,548  | 11.252 | 3,4  | *             |
| Genotipos en 1° ESR  | 4  | 376631,181 | 94157,795  | 22.369 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 2° ESR  | 4  | 401554,506 | 100388,627 | 23.849 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 3° ESR  | 4  | 548301,931 | 137075,483 | 32.565 | 2,49 | *             |
| Error                | 72 | 303060.080 | 4209.168   |        |      |               |

El cuadro 37 de efecto simple refleja, que existen diferencias significativas entre las etapas de supresión de riego dentro los genotipos: EDK - 4, R. Pandela, Var.

Chucapaca, L - 320 y Acc. 1560. También refleja que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro la: 1era, 2da y 3 era etapas de supresión de riego.



**Figura 15.** Área foliar para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano)

La figura 15 refleja el área foliar en la interacción de los factores (BxC), donde en la 1era etapa de supresión de riego el genotipo 1 (EDK – 4) alcanzo la mayor área foliar de 244.14 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar de 104.49 cm<sup>2</sup> el genotipo 3 (Var. Chucapaca).

En la 2da etapa de supresión de riego el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó una mayor área foliar de 260.00 cm<sup>2</sup> y el genotipo 3 (Var. Chucapaca) una menor área foliar de 108.20 cm<sup>2</sup>.

En la 3era etapa de supresión de riego el genotipo 1 (EDK- 4) alcanzó una mayor área foliar de 280.33 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar de 102.08 cm<sup>2</sup> el genotipo 3 (Var. Chucapaca).

El genotipo 1 (EDK- 4) alcanzó la mayor expansión foliar en la 1era y 3ra etapas de supresión de riego (ramificación y llenado de grano). En la fase de ramificación debido a la característica de ser arbustivo y con hojas pequeñas (modificación morfológica) y en la fase llenado de grano por el mecanismo de resistencia de escape a la sequía, es decir a la habilidad que tuvo el genotipo para completar su ciclo antes que el déficit hídrico se desarrolle en esa fase.

En la 2da etapa de supresión de riego (floración) el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor área foliar por la disposición de sus hojas en forma cilíndrica alrededor del tallo y las hojas adultas se aglutinaron para proteger a las hojas pequeñas para evitar que estas se marchiten.

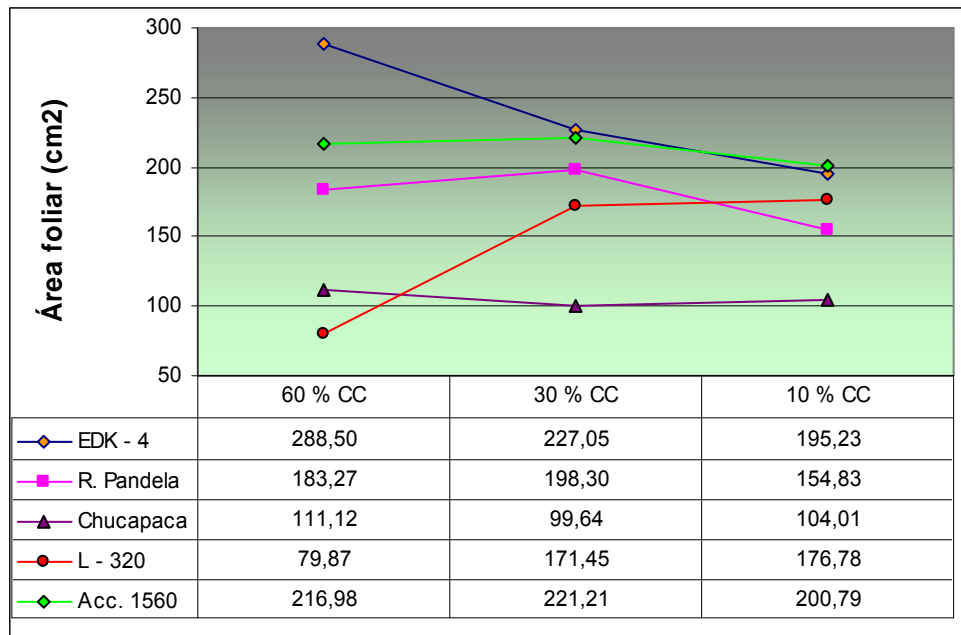
El genotipo 3 (Var. Chucapaca) muestra la menor área foliar en las tres etapas de supresión de riego, esto indica que este genotipo adquiere modificaciones morfológicas como caída de hojas ante la presencia de un déficit hídrico (Vizarreta, 2002).

#### 4.5.8 Área foliar para el análisis de efectos simples en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 38.** Análisis de efectos simples para el área foliar en la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FV                               | GL | SC        | CM         | Fc     | Ft   | Significancia |
|----------------------------------|----|-----------|------------|--------|------|---------------|
| Niveles de humedad en EDK - 4    | 2  | 121391,17 | 60695,585  | 14.419 | 3,4  | *             |
| Niveles de humedad en R. Pandela | 2  | 26319,379 | 13159,689  | 3.126  | 3,4  | ns            |
| Niveles de humedad en Chucapca   | 2  | 1812,955  | 906,477    | 0.215  | 3,4  | ns            |
| Niveles de humedad en L - 320    | 2  | 160261,68 | 80130,840  | 19.037 | 3,4  | *             |
| Niveles de humedad en Acc. 1560  | 2  | 6272,869  | 3136,434   | 0.745  | 3,4  | ns            |
| Genotipos en 60 % de CC          | 4  | 751648,70 | 187912,177 | 44.643 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 30 % de CC          | 4  | 289315,37 | 72328,843  | 17.183 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 10 % de CC          | 4  | 165994,28 | 41498,571  | 9.859  | 2,49 | *             |
| Error                            | 72 | 303060.08 | 4209.168   |        |      |               |

El cuadro 38, de efectos simples indica que existen diferencias significativas entre los niveles de humedad del 60%, 30% y 10% CC dentro los genotipos EDK- 4 y L -320 y no existen diferencias significativas entre los niveles de humedad dentro los genotipos R. Pandela, Var. Chucapaca y Acc. 1560. También nos indica que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad en estudio.



**Figura 17** Área foliar para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

La figura 17 refleja el área foliar en la fase llenado de grano donde el genotipo 1 (EDK - 4) con un nivel de humedad del 60% de CC alcanzó una mayor área foliar de 288.50 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar de 79.87 cm<sup>2</sup> el genotipo 4 (L - 320).

Con un nivel de humedad del 30 % de C C el genotipo 1 (EDK - 4) alcanzó la mayor área foliar de 227.05 cm<sup>2</sup> y el genotipo 3 (Var. Chucapaca) la menor área foliar de 99.64 cm<sup>2</sup>.

A un nivel de humedad del 10% de CC el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó la mayor área foliar de 200.79 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar de 104.01 cm<sup>2</sup> el genotipo 3 (Var. Chucapaca).

El genotipo 1 (EDK - 4) en los niveles de humedad 1 y 2 presentó un mayor número de hojas por adoptar cierto mecanismo de resistencia a la sequía como ser el escape a la sequía, la habilidad que tuvo el genotipo de completar su ciclo antes que el déficit hídrico se desarrolle en el suelo y la planta (Turner, 1970). En cambio el genotipo 5 (Acc. 1560) en el nivel de humedad 3 alcanzó el mayor número de hojas por la disposición de sus hojas alrededor del tallo y la presencia de cristales de oxalato de calcio sobre las hojas (Vizarreta, 2002).

En cambio el genotipo 4 (L – 320) una menor área foliar en el nivel de humedad 1 al igual que el genotipo 3 (Var. Chucapaca) una menor área foliar en los niveles de humedad 2 y 3. Por que estos genotipos defoliaron como una reacción al efecto de la sequía y así evitar mayor pérdida de agua por transpiración.

#### **4.6 Diámetro de panoja**

El análisis de varianza para el diámetro de panoja (anexo 10) en la 2da y 3da etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano) se observa que no existen diferencias significativas entre bloques. Para el factor A (niveles e humedad) en la 2da etapa de supresión de riego no existen diferencias significativas, en cambio en la 3era etapa de supresión de riego existen diferencias significativas para este factor.

Se observa también que no existen diferencias significativas para el factor B (etapas de supresión de riego), al igual que para la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x B) en la 2da y 3era etapas de supresión de riego.

Para el factor C (genotipos) se tienen diferencias significativas en la 2da y 3era etapas de supresión de riego. En la interacción niveles de humedad por genotipos (A



x C) se tienen diferencias no significativas en la 2da etapa de supresión de riego y diferencias significativas en la 3era etapa de supresión de riego

En la interacción etapas de supresión de riego por genotipo (B x C) no existen diferencias significativas en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego. Al igual que en la triple interacción (A x B x C). Los coeficientes de variación son de 15.80 % para la fase de floración y de 12.30 % para la fase llenado de grano, siendo ambos valores aceptable para investigaciones en agricultura.

#### 4.6.1 Diámetro de panoja para el factor A: en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 39.** Prueba de Duncan diámetro de panoja para el factor A: niveles de humedad en la 3 era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Factor A (Niveles de humedad) | Diámetro de panoja (mm) | Duncan (5%) |
|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| Nivel 1 (60 % cc)             | 40.75                   | A           |
| Nivel 2 (30 % cc)             | 38.05                   | A           |
| Nivel 3 (10 % cc)             | 34.20                   | b           |

En el cuadro 39, se observa la comparación de medias Duncan con un nivel de significancia del 5% del diámetro de panoja donde se tienen dos grupos: el primero integrado por el nivel de humedad 1 y 2 con valores (40.75 y 38.05 mm) y el segundo grupo integrado por el nivel de humedad 3 con una longitud de panoja de 34.20 mm.

Se observa que en los genotipos con un riego próximo a capacidad de campo presentan menores diámetros de panoja esto debido al efecto de dos modificaciones (morfológicas y fisiológicas) por causa de estrés hídrico, la primera referida a la protección que tiene la planta con la panoja hasta incluso llega a ponerla paralela al tallo, la segunda es que la planta tiene movimientos nictinásticos reduciendo los ángulos de inserción de los glomérulos esto conlleva a un menor diámetro de panoja (Vizarreta 2002).

#### 4.6.2 Diámetro de panoja para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 40.** Prueba de Duncan diámetro de panoja para el factor C: genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FC: (Genotipos)   | Diámetro de panoja (mm) | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 30.78                   | B           |
| c2 Real Pandela   | 30.64                   | B           |
| c3 Var. Chucapaca | 33.65                   | A           |
| c4 L – 320        | 29.75                   | b           |
| c5 Accesoión 1560 | 31.28                   | A           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan (5% de significancia) en el cuadro 38, se observa dos grupos conformados, el primero integrado por los genotipos 3 y 5 con valores de (33.65 y 31.28 mm), el segundo integrado por los genotipos 1, 2 y 4 con valores (30.78, 30.64 y 29.75 mm). El genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó el mayor diámetro de panoja se puede atribuir a la forma de panoja glomerulada y concentrada que es característica morfológica de este genotipo. También este genotipo alcanzó cierta modificación morfológica como el doblado de la planta protegiendo a la panoja. En cambio el genotipo 4 (L – 320) tiene otro tipo de panoja glomerulado pero alargada por lo que alcanzó el menor diámetro de panoja y no presento ninguna modificación morfológica ante un déficit hídrico.

#### 4.6.3 Diámetro de panoja para el factor C en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 40.** Prueba de Duncan diámetro de panoja para el factor C: genotipos en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FC (Genotipos)    | Diámetro de panoja (mm) | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------------------|-------------|
| c1 EDK - 4        | 32.18                   | C           |
| c2 Real Pandela   | 34.45                   | C           |
| c3 Var. Chucapaca | 37.71                   | B           |
| c4 L - 320        | 37.95                   | b           |
| c5 Accesoión 1560 | 46.01                   | A           |

En el cuadro 40, se observa la clasificación de Duncan a un nivel de significancia del 5% en la fase llenado de grano se tienen tres grupos: el primero integrado por el genotipo 5 con un valor de 46.01 mm, el segundo integrado por los genotipos 4 y 3 con valores (37.95 y 37.71 mm) y el tercero integrado por los genotipos 2 y 1 con valores (34.45 y 32.18 mm).

En esta fase de llenado de grano el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor diámetro de panoja de 46.01 mm, debido al tipo de panoja que presenta este genotipo de tipo amarantiforme y muy concentrado en sus glomérulos. En cambio el genotipo 1 (EDK – 4) alcanzó el menor diámetro de panoja de 32.18 mm, debido al tipo de panoja glomerulado pero poco concentrado en sus glomérulos y por el mecanismo de escape a la sequía alcanzando madurez fisiológica rápida.

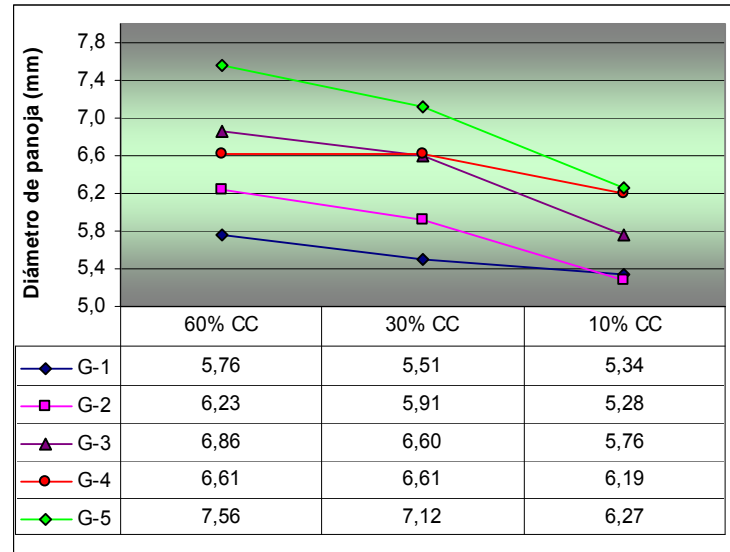
#### 4.6.4 Diámetro de panoja para el análisis de efectos simples para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego

**Cuadro 41.** Análisis de efectos simples diámetro de panoja para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FV                                   | GL | SC       | CM       | Fc     | Ft    | Significancia |
|--------------------------------------|----|----------|----------|--------|-------|---------------|
| Niveles de humedad en EDK – 4        | 2  | 132,205  | 66,102   | 3.162  | 3,4   | ns            |
| Niveles de humedad en Real Pandela   | 2  | 124,942  | 62,471   | 2.988  | 3,4   | ns            |
| Niveles de humedad en Var. Chucapca  | 2  | 328,127  | 164,064  | 7.848  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en L – 320        | 2  | 1096,553 | 548,276  | 26.228 | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en Accesoión 1560 | 2  | 2667,904 | 1333,952 | 63.813 | 3,4   | *             |
| Genotipos en 60 % de CC.             | 4  | 5832,999 | 1458,250 | 69.759 | 2,496 | *             |
| Genotipos en 30 % de CC.             | 4  | 3690,206 | 922,551  | 44.132 | 2,496 | *             |
| Genotipos en 10 % de CC              | 4  | 845,626  | 211,406  | 10.113 | 2,496 | *             |
| Error                                | 72 | 1505.089 | 20.904   |        |       |               |

El cuadro 41 de efecto simple indica que no existen diferencias significativas entre los niveles de humedad dentro los genotipos EDK - 4 y R. Pandela, pero si existen diferencias significativas entre los niveles de humedad dentro los genotipos: Var.

Chucapaca, L -320 y Acc. 1560. Indica también el cuadro que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro los niveles de humedad en estudio.



**Figura 18** Diámetro de panoja para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

La figura 18 muestra el diámetro de panoja para la interacción niveles de humedad por genotipos para la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano), observándose que en el nivel de humedad del 60% de CC el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó un mayor diámetro de panoja de 7.56 mm y el menor diámetro de 5.76 mm el genotipo 1(EDK -4).

En el nivel de humedad del 30% de CC el genotipo 5 (Acc. 1560) tiene un mayor diámetro de panoja de 7.12 mm y el genotipo 1 (EDK – 4) un menor número de panoja de 5.51 cm.

En el nivel de humedad del 10% de CC el genotipo 5 (Acc. 1560) registro el mayor diámetro de panoja de 6.27 mm y el genotipo 2 (R. Pandela) el menor diámetro de panoja de 5.28 mm.

---

En general el diámetro de panoja es mayor en el nivel de humedad 1 (60% de CC) y menor en el nivel 3 (10% de CC), siendo intermedio para el nivel 2 (30% CC).

Complementariamente se puede afirmar que este parámetro está influenciado por las características fenotípicas inherentes de cada genotipo en estudio y en menor grado por otros factores como ser fertilización, ataque de plagas y enfermedades fenómenos climatológicos entre otros (Lescano, 1994).

#### **4.7 Longitud de Panoja**

El análisis de varianza para la variable longitud de panoja en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano) anexo 11, muestra diferencias no significativas entre bloques, pero sí diferencias significativas en la 2da y 3era etapas de supresión de riego para el factor A (niveles de humedad) y factor B (etapas de supresión de riego).

Para la interacción niveles de humedad por etapas de supresión de riego (A x B) no existen diferencias significativas en la 2da y 3era etapas de supresión de riego. En cambio para el factor C (genotipos) y la interacción niveles de humedad por genotipos existen diferencias significativas. En tanto que para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego se tienen diferencias no significativas. Para la triple interacción (A x B x C) se tienen diferencias no significativas.

Los coeficientes de variación son 22.72 % para la fase de floración y de 18.50% para la fase de llenado de grano.

#### 4.7.1 Longitud de panoja para el factor A: en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 42** Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor A: niveles de humedad en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FA (Niveles de humedad) | Longitud de panoja (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------------|-------------------------|-------------|
| a1 60 % CC.             | 15.12                   | a           |
| a2 30 % CC.             | 12.82                   | b           |
| a3 10 % CC.             | 9.79                    | c           |

La prueba de Duncan (5% de probabilidad) efectuada con promedio de longitud de panoja en la fase de floración permite diferenciar tres grupos diferentes (cuadro 42). El primero integrado por el nivel de humedad 1 con 15.12 cm, el segundo integrado por el nivel de humedad 2 con 12.82 cm y el tercero integrado por el nivel de humedad 3 con 9.79 cm.

En el nivel de humedad 1 (60 % CC) se observa que en la fase de floración alcanzó la mayor longitud de panoja con un valor de 15.12 cm, esto debido a las modificaciones anatómicas y morfológicas que presenta la panoja por el estrés hídrico (Vizarreta 2002)

En el nivel de humedad 3 (10% CC) se observa la menor longitud de panoja de 9.79 cm, alcanzando una reducción del 35 % de la panoja lo cual se atribuye al déficit de agua. Huiza (1994) menciona que la sequía en quinua, en sus principales fases fenológicas, reduce la longitud de panoja, pero en las fases más susceptibles a la sequía que son las fases de prefloración y floración se encontró reducciones del 26 al 28 %.

#### 4.7.2 Longitud de panoja para el factor A en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 43.** Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor A: niveles de humedad en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FA (Niveles de humedad) | Longitud de panoja (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------------|-------------------------|-------------|
| a1 60 % CC.             | 17.43                   | a           |
| a2 30 % CC.             | 15.13                   | b           |
| a3 10 % CC.             | 12.18                   | c           |

En el cuadro 43 se tiene la comparación de medias Duncan (5% probabilidad) para longitud de panoja en la fase llenado de grano, constatándose tres grupos diferentes correspondiente a los niveles de humedad. 1, 2 y 3. En el nivel de humedad del 60% de CC la longitud promedio de panoja es de 17.43 cm, en el segundo 15.13 cm y en el tercero 12.18 cm.

La reducción de la longitud de panoja bajo niveles de sequía es atribuible a las modificaciones anatómicas y morfológicas por el estrés hídrico (Vizarreta 2002). Por su parte Huiza (1994), en un estudio similar indica que la sequía reduce la longitud de panoja.

#### 4.7.3 Longitud de panoja para el factor B en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

**Cuadro 44.** Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor B: etapas de supresión de riego en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FB (Etapas de supresión de riego) | Longitud de panoja (cm) | Duncan (5%) |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------|
| B1 1era ESR (ramificación)        | 14.55                   | a           |
| B2 2da ESR (floración)            | 11.36                   | b           |
| B3 3era ESR (llenado de grano)    | 11.83                   | b           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 49), en la fase de floración se tienen dos grupos: el primero integrado por la 1era etapa de supresión de riego con un longitud de 14.55 cm y el segundo integrado por la 2da y 3era etapas de supresión de riego con longitudes de 11.83 y 11.36 cm.

Los genotipos que fueron sometidos al déficit hídrico en la fase de ramificación alcanzaron una mayor longitud de panoja, debido a que con los riegos de recuperación, recuperaron y completaron su madurez fisiológica y no se vio afectada la longitud de panoja. En cambio en la fase de floración se observa la menor longitud de panoja, debido a que esta fase es susceptible a la sequía y por lo tanto redujo la longitud panoja (Mújica, 1999).

#### 4.7.4 Longitud de panoja para el factor B en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 50.** Prueba de Duncan longitud de panoja para el factor B: etapas de supresión de riego en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FB (Etapas de supresión de riego) | Longitud de panoja (cm) | Duncan (5%) |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------|
| b1 1era ESR (ramificación)        | 16.77                   | a           |
| b2 2da ESR (floración)            | 13.92                   | b           |
| b3 3era ESR (llenado de grano)    | 14.05                   | b           |

La prueba de Duncan del cuadro 50, refleja dos grupos diferenciados en base a la longitud de panoja en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano). La mayor longitud fue registrada para la 1era etapa de supresión en fase de ramificación, en cambio las menores longitudes de panoja se registraron en la 2da y 3era etapa de supresión de riego: floración y llenado de grano. Esto es una clara muestra de que el déficit hídrico en fase vegetativa no influye sobre la variable longitud de panoja, en cambio, el déficit de agua en las fases reproductivas tiene influencia directa sobre la longitud de panoja.



Los resultados obtenidos se atribuyen a que los genotipos se recuperaron después del déficit hídrico sin mayores efectos sobre la longitud de panoja, en cambio en la 2da y 3era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano) los genotipos se vieron afectados ante la falta de agua y se tienen longitudes de panoja menores.

#### 4.7.5 Longitud de panoja para el factor C en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 51.** Prueba de Duncan longitud de panoja de los genotipos en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| FC (genotipos)    | Longitud de panoja (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------------------|-------------|
| c1 EDK – 4        | 13.64                   | b           |
| c2 Real Pandela   | 13.53                   | b           |
| c3 Var. Chucapaca | 17.70                   | a           |
| c4 L – 320        | 13.69                   | b           |
| c5 Accesión 1560  | 4.33                    | c           |

Según la clasificación de Duncan a un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 51) en la fase de floración se tienen tres grupos de similitud, el primero integrado por el genotipo 3 con un valor de 17.70 cm, el segundo integrado por los genotipos 1, 2 y 4 con valores de 13.64, 13.53 y 13.69 cm y el tercero integrado por el genotipo 5 con un valor de 4.33 cm.

El genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó una mayor longitud de panoja (17.70 cm), lo que se pueden atribuir a que este genotipo tiene ciertas modificaciones morfológicas en respuesta a la sequía como el arqueado de la panoja evitando la incidencia directa de los rayos solares y reduciendo la evapotranspiración. En cambio el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó la menor longitud de panoja (4.33 cm), esto puede atribuirse al tipo de panoja que presenta alta susceptibilidad a la sequía y en ausencia de mecanismos de respuesta ante el déficit hídrico.

#### 4.7.6 Longitud de panoja para el factor C en la 3ra etapa de supresión de riego

**Cuadro 52.** Prueba de Duncan longitud de panoja de los genotipos en la 3 era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FC(Genotipos)     | Longitud de panoja (cm) | Duncan (5%) |
|-------------------|-------------------------|-------------|
| c1 EDK – 4        | 14.50                   | b           |
| c2 Real Pandela   | 15.51                   | b           |
| c3 Var. Chucapaca | 18.55                   | a           |
| c4 L – 320        | 18.04                   | a           |
| c5 Accesión 1560  | 7.97                    | c           |

La prueba de medias Duncan con un nivel de probabilidad del 5% (cuadro 52) para la fase llenado de grano se tienen tres grupos: El primero integrado por los genotipos 3 y 4 con longitudes de 18.55 y 18.04 cm, el segundo integrado por los genotipos 1 y 2 con 14.50 y 15.51 cm y el tercero integrado por el genotipo 5 con un 7.97 cm de longitud de panoja.

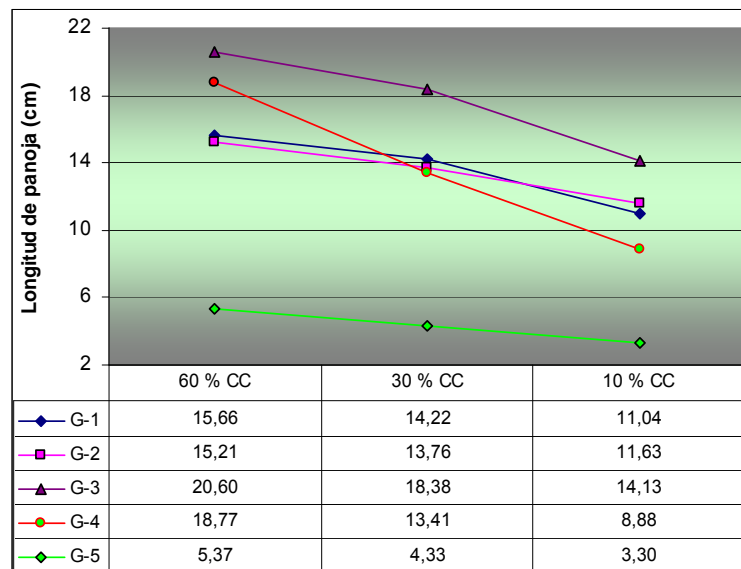
El genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó la mayor longitud de panoja (18.55 cm), lo que se puede atribuir a que este genotipo tiene ciertos mecanismos genéticos que permiten contrarrestar al efecto de la sequía y también manifestó cierta modificación morfológica como ser el doblado de la planta para de esta manera proteger a la panoja. En cambio el genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó la menor longitud de panoja (7.97 cm), demostrando su alta susceptibilidad a la sequía y por la forma de la panoja que es compacta.

#### 4.7.7 Longitud de panoja para el análisis de efecto simple en la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 53.** Análisis de efectos simples longitud de panoja para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego

| FV                               | GL | SC       | CM      | Fc     | Ft    | Significancia |
|----------------------------------|----|----------|---------|--------|-------|---------------|
| Niveles de humedad en genotipo 1 | 2  | 301,774  | 150,887 | 18.45  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 2 | 2  | 175,102  | 87,551  | 10.70  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 3 | 2  | 583,666  | 291,833 | 35.68  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 4 | 2  | 1323,563 | 661,782 | 80.90  | 3,4   | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 5 | 2  | 57,847   | 28,923  | 3.54   | 3,4   | ns            |
| Genotipos en 60 % de CC.         | 4  | 3745,307 | 936,327 | 114.47 | 2,496 | *             |
| Genotipos en 30 % de CC          | 4  | 2867,006 | 716,751 | 87.62  | 2,496 | *             |
| Genotipos en 10 % de CC.         | 4  | 1801,756 | 450,439 | 55.06  | 2,496 | *             |
| Error                            | 72 | 589.009  | 8.180   |        |       |               |

En el cuadro 53, de efecto simple se observa que existen diferencias significativas entre los genotipos: EDK - 4, R. Pandela, Var. Chucapaca y L -320 dentro los niveles de humedad del 60, 30 y 10% y no existe diferencia significativa entre el genotipo Acc. 1560 dentro los niveles de humedad ya mencionados. También existen diferencias significativas entre los niveles de humedad dentro los genotipos.



**Figura 19** Longitud de panoja para la interacción niveles de humedad por genotipos (A x C) en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

La figura 19 refleja la longitud de panoja el comportamiento de los genotipos, en los niveles de humedad donde en el nivel de humedad del 60% de CC el genotipo 3

---

(Var. Chucapaca) alcanzó la mayor longitud de panoja de 20.60 cm y la menor longitud de 5.37 cm el genotipo 5 (Acc. 1560).

En el nivel de humedad del 30% de CC el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó la mayor longitud de panoja de 18.38 cm y la menor longitud de 4.33 cm el genotipo 5 (Acc. 1560).

Con un nivel de humedad del 10% de CC el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó una longitud de panoja de 14.13 cm y la menor longitud de panoja el genotipo 5 (Accesión – 1560) de 3.30 cm.

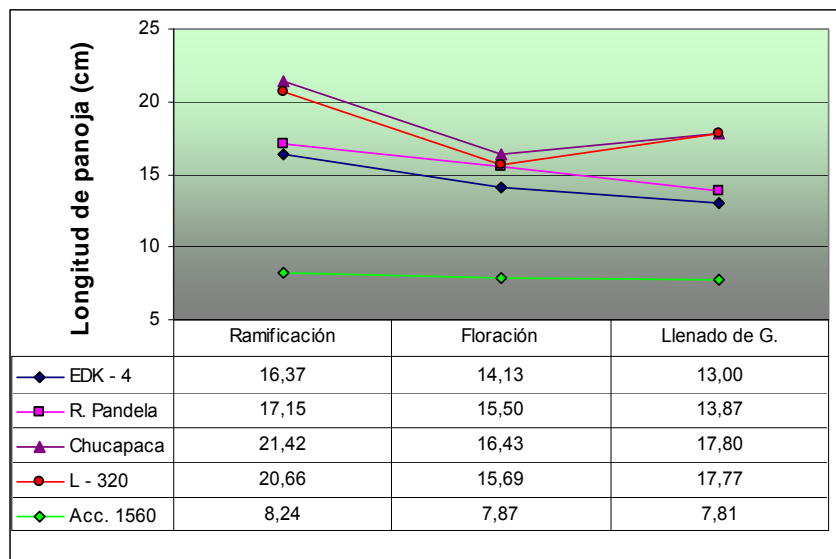
El genotipo 3 Var. (Chucapaca) alcanzó longitudes de panoja mayores esto debido a que esta variedad fue obtenida para las condiciones del Altiplano por lo tanto con cierta resistencia a factores climáticos adversos como ser la sequía y además por presentar el tipo de panoja glomerulado (Bonifacio, 2002). El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó las menores longitudes de panoja, esto debido a la escasa adaptación a condiciones de sequía y adicionalmente al tipo de panoja amarantiforme que presenta este genotipo.

#### **4.7.8 Longitud de panoja para el análisis de efecto simple en la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego**

**Cuadro 54.** Análisis de efecto simple longitud de panoja en la interacción etapas de supresión de riego por genotipo (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| FV                                     | GL | SC       | CM      | Fc     | Ft   | Significancia |
|--|----|----------|---------|--------|------|---------------|
| Niveles de humedad en genotipo 1       | 2  | 158,863  | 79,431  | 10.428 | 3,4  | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 2       | 2  | 145,240  | 72,620  | 9.533  | 3,4  | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 3       | 2  | 358,933  | 179,466 | 23.561 | 3,4  | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 4       | 2  | 336,415  | 168,207 | 22.083 | 3,4  | *             |
| Niveles de humedad en genotipo 5       | 2  | 2,929    | 1,464   | 0.192  | 3,4  | ns            |
| Genotipos en 1° ESR (ramificación)     | 4  | 2965,137 | 741,284 | 97.319 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 2° ESR (floración)        | 4  | 1311,550 | 327,887 | 43.046 | 2,49 | *             |
| Genotipos en 3° ESR (llenado de grano) | 4  | 1835,282 | 458,820 | 60.236 | 2,49 | *             |
| Error                                  | 72 | 548.484  | 7.617   |        |      |               |

En el cuadro 54, de efecto simple, se observa que existen diferencias significativas entre la: 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego dentro los genotipo: EDK - 4, R. Pandela, Var. Chucapaca y L - 320 y no así en la Acc. 1560. También se observa que existen diferencias significativas entre los genotipos dentro las etapas de supresión de riego.



**Figura 20.** Longitud de panoja para la interacción etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

En la figura 20 se observa el comportamiento de los genotipos en cada etapa de supresión de riego, donde en la 1era etapa de supresión de riego el genotipo 3 (Var.

Chucapaca) alcanzó la mayor longitud de panoja de 21.42 cm y el genotipo 5 (Acc. 1560) la menor longitud de panoja de 8.24 cm.

En la 2da etapa de supresión de riego el genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó la mayor longitud de panoja de 16.43 cm y la menor longitud de panoja el genotipo 5 (Acc. 1560) con 7.81 cm.

En la 3era etapa de supresión de riego el genotipo 3 (Var. Chucapaca) obtuvo la mayor longitud de panoja de 17.80 cm y el genotipo 5 (Acc. 1560) la menor longitud de 7.81 cm.

El genotipo 3 (Var. Chucapaca) alcanzó las mayores longitudes de panoja en las tres etapas de supresión de riego, esto se puede atribuir a que este genotipo tiene ciertos genes que le dan ciertas modificaciones morfológicas como ser el doblado de la planta para recibir menor cantidad de rayos luminosos (Vizarreta, 2000), como una protección a los glomérulos de la panoja.

El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó la menor longitud de panoja en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión, esto debido al tipo de panoja amarantiforme también por la escasa tolerancia a sequía y su característica morfológica que presenta este genotipo.

#### **4.8 Biomasa**

En el anexo 12 que contiene el análisis de varianza para la biomasa, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques. De la misma forma, tampoco se observa diferencias significativas en el factor A (niveles de humedad), factor B (etapas de supresión), factor C (genotipos) y en las interacciones: (A x B), (A x C), (B x C) y la triple interacción (A x B x C). El coeficiente de variación fue de 21.42 %.

#### 4.9 Índice de cosecha

En el análisis de varianza (anexo 13) para el índice de cosecha se observa que no existen diferencias significativas entre bloques. En cambio existen diferencias significativas en los factores: A (niveles de humedad) y C (genotipos). No existen diferencias significativas en el factor B (etapas de supresión de riego), en las interacciones: niveles de humedad por etapas de supresión (A x B), niveles de humedad por genotipos (A x C), etapas de supresión de riego por genotipos (B x C) y en la triple interacción (A x B x C).

El coeficiente de variación es de 17.10 % para esta variable, lo cuál indica que los datos son confiables, ya que se encuentran dentro el rango admisible

##### 4.9.1 Índice de cosecha para el factor A: niveles de humedad

**Cuadro 55.** Prueba de Duncan para el índice de cosecha en el factor A: niveles de humedad

| Factor A (Niveles de humedad) | Promedio | Duncan (5%) |
|-------------------------------|----------|-------------|
| Nivel 1 (60 % CC)             | 0.37     | b           |
| Nivel 2 (30 % CC)             | 0.40     | a           |
| Nivel 3 (10 % CC)             | 0.34     | c           |

En el cuadro 55 se observa la clasificación de Duncan del índice de cosecha del ensayo, a un nivel de significancia del 5% donde se tienen tres grupos de similitud, el primero integrado por el nivel de humedad 2 con un valor de 0.40, el segundo grupo integrado por el nivel de humedad 1 con un valor de 0.37 y el tercer grupo integrado por el nivel de humedad 3 con un valor de 0.34.

Con los resultados obtenidos se pueden afirmar que con un nivel del 30 % CC Se puede lograr un mayor índice de cosecha, debido a que con este nivel de humedad se alcanzaron panojas mas compactas y cargadas de grano a este nivel de

humedad se podría lograr una buena producción que con los otros niveles de humedad del 60% y 10% de CC.

#### 4.9.2 Índice de cosecha para el factor C: genotipos

**Cuadro 56. Prueba de Duncan para el índice de cosecha en el factor C: genotipos**

| Factor C (Genotipos) | Promedio | Duncan (5%) |
|----------------------|----------|-------------|
| EDK - 4              | 0.37     | A           |
| Real Pandela         | 0.38     | A           |
| Var. Chucapaca       | 0.39     | A           |
| L – 320              | 0.40     | A           |
| Accesión 1560        | 0.32     | C           |

De acuerdo a la clasificación de Duncan en el cuadro 50, a un nivel de significancia del 5 % para la variable índice de cosecha, los genotipos han sido agrupados en dos grupos: El primero integrado por los genotipos 1, 2, 3 y 4 con valores de 0.37, 0.38, 0.39, y 0.40 y el segundo grupo integrado por el genotipo 5 con un valor de 0.32.

En los resultados se observan que el genotipo 4 (L – 320) alcanzó el mayor índice de cosecha en comparación con los cuatro genotipos, es decir presenta mayor peso de semilla, esto podría ser un indicador de que este genotipo tenga mayor capacidad genética de producción en condiciones de sequía, en comparación con el genotipo 5 (Acc. 1560) que alcanzó un índice de cosecha de 0.32, esto se puede atribuir a que este genotipo no tiene una mayor capacidad genética de producción.



## 4.10 Contrastes ortogonales

### 4.10.1 Contraste ortogonal altura de planta para la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 57.** Contraste ortogonal para la altura de planta en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 479.402   | 479.402              | 317.78  | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 312.800   | 312.800              | 207.34  | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 46.853    | 46.853               | 31.06   | 0.0001 * |
| C4        | 1  | 1.964     | 1.964                | 1.30    | 0.257 *  |

La comparación 1 correspondiente al genotipo 1 (EDK – 4) comparado con los genotipos 2 (R. Pandela), 3 (Var. Chucapca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) que presentan diferencias significativas con relación a la altura de planta en la etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano) ver anexos 14 y 16.

La comparación 2 correspondiente al genotipo 2 (R. Pandela) comparado con los genotipos 3 (Var. Chucapaca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias significativas con relación a la altura de planta en las tres etapas de supresión de riego (anexos 15 y 16).

La comparación 3 correspondiente al genotipo 3 (Var. Chucapaca) comparado con los genotipos 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) y presentan diferencias significativas con relación a la altura de planta en las etapas de supresión de riego (anexos 14 y 15).

La comparación 4 correspondiente al genotipo 4 (L – 320) comparado con el genotipo 5 (Acc. 1560) presenta diferencias significativas con relación a la altura de planta al igual que los anteriores casos.

#### 4.10.2 Contraste ortogonal del diámetro de tallo para la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 52.** Contraste ortogonal para el diámetro de tallo en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 14.711    | 14.711               | 56.63   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 5.727     | 5.727                | 22.05   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 2.302     | 2.302                | 8.86    | 0.0040 * |
| C4        | 1  | 2.112     | 2.112                | 8.13    | 0.0057 * |

La comparación 1 correspondiente al genotipo 1 (EDK – 4) comparado con los genotipos 2 (R. Pandela), 3 (Var. Chucapca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) los que presentan diferencias significativas con relación al diámetro de tallo en las tres etapas de supresión de riego (anexo 16).

La comparación 2 correspondiente al genotipo 2 (R. Pandela) comparado con los genotipos 3 (Var. Chucapaca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) siendo las diferencias significativas con relación al diámetro de tallo en las etapas de supresión de riego.

La comparación 3 correspondiente al genotipo 3 (Var. Chucapaca) comparado con los genotipos 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) que presentan diferencias significativas con para la variable diámetro de tallo en las etapas de supresión de riego (ver anexo 16).

La comparación 4 correspondiente al genotipo 4 (L – 320) comparado con el genotipo 5 (Acc. 1560) presenta diferencias significativas con relación al diámetro de tallo en las etapas de supresión de riego.

#### 4.10.3 Contraste ortogonal número de hojas para la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 59.** Contraste ortogonal para el número de hojas en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 520.185   | 520.185              | 27.80   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 833.333   | 833.333              | 44.53   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 40.907    | 40.907               | 2.19    | 0.1436 * |
| C4        | 1  | 1745.351  | 1745.351             | 93.27   | 0.0001 * |

El número de hojas en la 1ra etapa de supresión de riego de la comparación del genotipo 1 con los genotipos 2, 3, 4 y 5 con diferencias significativas, al igual que en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego (ver anexos 17 y 18).

El número de hojas en la 1ra etapa de supresión de riego de la comparación del genotipo 2 frente a los genotipos 3, 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego a (ver anexos 17 y 18).

El número de hojas en la 1ra etapa de supresión de riego de la comparación del genotipo 3 con los genotipos 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 2da y 3ra etapas de supresión de riego (ver anexos 17 y 18).

El número de hojas en la 1ra etapa de supresión de riego de la comparación del genotipo 4 con los genotipos 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 2° y 3° etapas de supresión de riego (ver anexo 17 y 18).

#### 4.9.4 Contraste ortogonal área foliar para la 1era etapa de supresión de riego

**Cuadro 60.** Contraste ortogonal para el área foliar en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc        |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|-----------|
| C1        | 1  | 356.695   | 356.695              | 0.25    | 0.6175 ns |
| C2        | 1  | 67.339    | 67.339               | 0.25    | 0.8281 ns |
| C3        | 1  | 223.748   | 223.748              | 0.16    | 0.6923 ns |
| C4        | 1  | 795.034   | 795.034              | 0.56    | 0.4564 ns |

La comparación 1 correspondiente al genotipo 1 (EDK – 4) con los genotipos 2 (R. Pandela), 3 (Var. Chucapaca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) que presentan diferencias no significativas con relación al área foliar.

La comparación 2 correspondiente al genotipo 2 (R. Pandela) con los genotipos 3 (Var. Chucapaca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) que presentan diferencias no significativas con relación al área foliar en la 1ra etapa de supresión.

La comparación 3 correspondiente al genotipo 3 (Var. Chucapaca) comparado con los genotipos 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias no significativas con relación al área foliar en la 1ra etapa de supresión de riego.

La comparación 4 correspondiente al genotipo 4 (L – 320) comparado con el genotipo 5 (Acc. 1560) presenta diferencias no significativas con relación al área foliar en la 1ra etapa de supresión de riego.

#### 4.10.5 Contraste ortogonal área foliar para la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 61.** Contraste ortogonal área foliar para la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste  | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|------------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 85189.456  | 85189.456            | 15.67   | 0.0002 * |
| C2        | 1  | 233666.242 | 233666.242           | 42.97   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 7850.578   | 7850.578             | 1.44    | 0.2335 * |
| C4        | 1  | 22109.368  | 22109.368            | 4.07    | 0.0475 * |

La comparación 1 correspondiente al genotipo 1 (EDK – 4) comparado con los genotipos 2 (R. Pandela), 3 (Var. Chucapaca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) que presentan diferencias significativas con relación al área foliar al igual que en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano) ver anexo 20.

La comparación 2 correspondiente al genotipo 2 (R. Pandela) comparado con los genotipos 3 (Var. Chucapaca), 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias significativas con relación al área foliar en la 2° etapa de supresión al igual que en la 3° etapa de supresión de riego (llenado de grano), ver anexo 20.

La comparación 3 correspondiente al genotipo 3 (Var. Chucapaca) comparado con los genotipos 4 (L – 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias significativas con relación al área foliar en la 2° etapa de supresión de riego, al igual que en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano), ver anexo 20.

La comparación 4 correspondiente al genotipo 4 (L – 320) comparado con el genotipo 5 (Acc. 1560) presenta diferencias significativas con relación al área foliar en la 2da etapa de supresión de riego, al igual que en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano), ver anexo 20.

#### 4.10. 6 Contraste ortogonal diámetro de panoja para la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 62.** Contraste ortogonal diámetro de panoja para la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 6.472     | 6.472                | 0.27    | 0.6079 * |
| C2        | 1  | 71.997    | 71.997               | 2.95    | 0.0899 * |
| C3        | 1  | 122.492   | 122.492              | 5.03    | 0.0280 * |
| C4        | 1  | 31.632    | 31.632               | 1.30    | 0.2503 * |

El diámetro de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 1 donde se comparan los genotipos 2, 3, 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3era etapa de supresión de riego, ver anexo 21.

El diámetro de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 2 donde se comparan los genotipos 3, 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3era etapa de supresión de riego, ver anexo 21.

El diámetro de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 3 se comparan los genotipos 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3era etapa de supresión de riego, ver anexo 21.

El diámetro de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 4 donde se comparan los genotipos 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3era etapa de supresión de riego, ver anexo 21.

#### 4.10.7 Contraste ortogonal longitud de panoja para la 2da etapa de supresión de riego

**Cuadro 63.** Contraste ortogonal para la longitud de panoja en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 37.979    | 37.979               | 4.64    | 0.0345 * |
| C2        | 1  | 1178.034  | 1178.034             | 144.00  | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 234.958   | 234.958              | 28.72   | 0.0001 * |
| C4        | 1  | 1181.138  | 1181.138             | 144.38  | 0.0001 * |

La longitud de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 1 donde se comparan los genotipos 2, 3, 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano), ver anexo 22.

La longitud de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 2 donde se comparan los genotipos 3, 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano), ver anexo 22.

La longitud de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 3 se comparan los genotipos 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3era etapa de supresión de riego, ver anexo 22.

La longitud de panoja en la 2da etapa de supresión de riego de la comparación 4 donde se comparan los genotipos 4 y 5 presentan diferencias significativas, al igual que en la 3ra etapa de supresión de riego (llenado de grano), ver anexo 22.

#### 4.10.8 Contraste ortogonal para la biomasa

**Cuadro 64.** Contraste ortogonal para la biomasa

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc        |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|-----------|
| C1        | 1  | 75.907    | 75.907               | 0.81    | 0.3717 ns |
| C2        | 1  | 262.080   | 262.080              | 2.79    | 0.0992 ns |
| C3        | 1  | 29.025    | 29.025               | 0.31    | 0.5800 ns |
| C4        | 1  | 33.464    | 33.464               | 0.36    | 0.5525 ns |

La comparación 1 correspondiente al genotipo 1 (EDK - 4) comparado con los genotipos 2 (R. Pandela), 3 (Var. Chucapca), 4 (L - 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias no significativas con relación a la biomasa.

La comparación 2 correspondiente al genotipo 2 (R. Pandela) comparado con los genotipos 3 (Var. Chucapaca), 4 (L - 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias no significativas con relación a la biomasa.

La comparación 3 correspondiente al genotipo 3 (Var. Chucapaca) comparado con los genotipos 4 (L - 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias no significativas con relación la biomasa.

La comparación 4 correspondiente al genotipo 4 (L - 320) comparado con el genotipo 5 (Acc. 1560) presenta diferencias no significativas con relación a la biomasa.



#### 4.10.9 Contraste ortogonal para el índice de cosecha

**Cuadro 65.** Contraste ortogonal para el índice de cosecha

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc        |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|-----------|
| C1        | 1  | 2.873     | 2.873                | 0.07    | 0.7921 ns |
| C2        | 1  | 177.280   | 177.280              | 4.32    | 0.0412 *  |
| C3        | 1  | 13.781    | 13.781               | 0.34    | 0.5640 ns |
| C4        | 1  | 864.080   | 864.080              | 21.06   | 0.0001 *  |

La comparación 1 correspondiente al genotipo 1 (EDK - 4) comparado con los genotipos 2 (R. Pandela), 3 (Var. Chucapca), 4 (L - 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias no significativas con relación al índice de cosecha

La comparación 2 correspondiente al genotipo 2 (R. Pandela) comparado con los genotipos 3 (Var. Chucapaca), 4 (L - 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias significativas con relación al índice de cosecha

La comparación 3 correspondiente al genotipo 3 (Var. Chucapaca) comparado con los genotipos 4 (L - 320) y 5 (Acc. 1560) presentan diferencias no significativas con relación al índice de cosecha

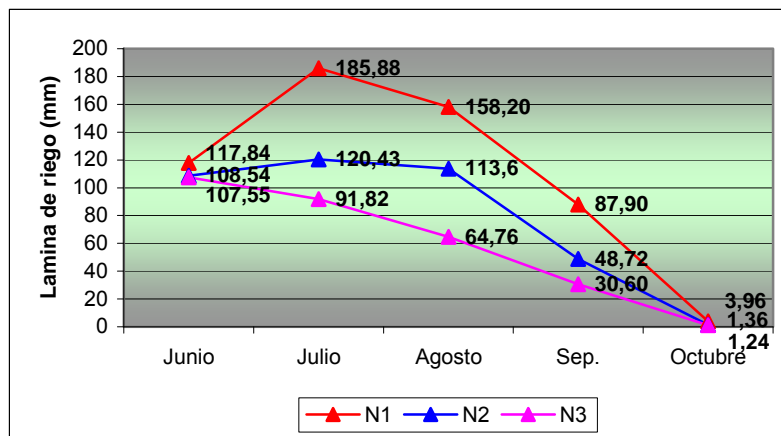
La comparación 4 correspondiente al genotipo 4 (L - 320) comparado con el genotipo 5 (Acc. 1560) presenta diferencias significativas con relación al índice de cosecha.

**4.11 Lámina de riego a lo largo del ciclo del cultivo**

**Cuadro 66.** Lámina de riego a lo largo del ciclo del cultivo

| Meses      | LR (mm) 60% CC | LR (mm) 30% CC | LR (mm) 10% CC |
|------------|----------------|----------------|----------------|
| Junio      | 117.84         | 108.54         | 107.55         |
| Julio      | 185.88         | 120.43         | 91.82          |
| Agosto     | 158.20         | 113.60         | 64.76          |
| Septiembre | 87.90          | 48.72          | 30.60          |
| Octubre    | 3.96           | 1.36           | 1.24           |
| LR Total   | 553.78         | 392.65         | 295.97         |

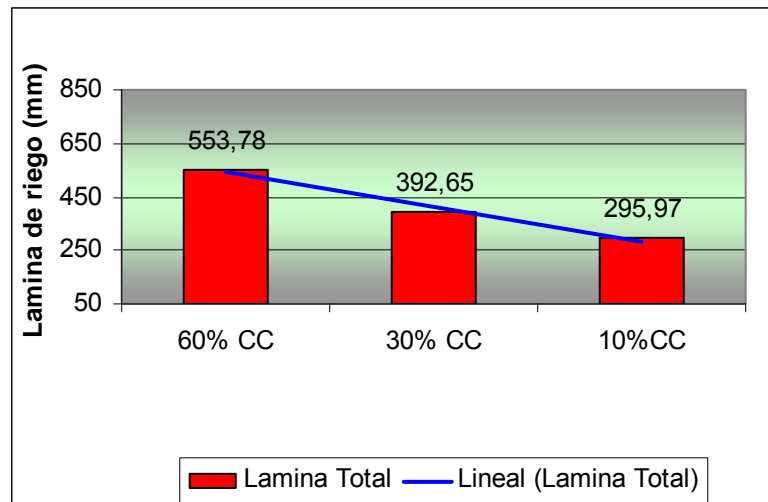
En el cuadro 62 se observa la lámina de riego aplicada a lo largo del ciclo del cultivo en los niveles de humedad del 60,30 y 10% de CC, donde se refleja que en el nivel de humedad del 60% de CC se tiene la mayor lámina de riego de 553.76 mm. En cambio en el nivel de humedad del 10% de CC se tiene la menor lámina de riego regada al cultivo de 295.97 mm.



**Figura 21.** Lámina de riego aplicada

En la figura 21 se tiene la lámina de riego aplicada en los niveles de humedad del 10, 30 y 60% de capacidad, donde se refleja la mayor lámina de riego de: 185.88, 120.43 y 91.82 mm en el mes de julio, en la 2da etapa de supresión de riego (floración) y la menor lámina de riego en los niveles de humedad del 60, 30 y 10% de CC de: 91.94, 50.15 y 31.54 mm de riego en el mes de septiembre, en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano).

En la fase de floración se aplicó la mayor lámina de riego, esto se puede atribuir a que en esta fase la planta se encuentra en plena formación de tejidos meristemáticos y primordios foliares, por lo tanto requiere una mayor circulación de agua por los tejidos de la planta. En cambio en la fase llenado de grano se observa la menor lámina de riego esto debido a que la planta alcanza su madurez fisiológica.



**Figura 22.** Lámina de riego total aplicada

En la figura 22 refleja la lámina de riego total aplicada a lo largo del ciclo del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en los niveles de humedad del ensayo: 60, 30 y 10% de CC donde se observa que la mayor lámina de riego se aplicó en el nivel de humedad próxima a capacidad de campo del 60 % de CC que fue de 553.86 mm en un periodo de 184 días, por el método de Blaney – Criddle se determino el uso consuntivo para la quinua de 519 mm para un periodo de 185 días y por lisimetría de 523 mm (Morales, 1976).

## 4.12 Evapotranspiración

**Cuadro 67.** Cálculo de la evapotranspiración del cultivo por el método empírico Penman modificado por la FAO. (Anexo 23)

| Mes     | Eto. Externa<br>(mm/día) | Eto. Externa<br>(mm/5días) | Eto interna (Etoi)<br>Estimada a partir de<br>La Eto ext (mm/5días) | Etoi<br>(mm/día) | Kc   | Etcí<br>(mm/día) |
|---------|--------------------------|----------------------------|---|------------------|------|------------------|
| Julio   | 4.63                     | 23.24                      | 17.14   | 3.42             | 0.63 | 2.15             |
| Agosto  | 4.75                     | 23.75                      | 17.45   | 3.49             | 1.08 | 3.76             |
| Sep.    | 5.08                     | 25.42                      | 18.47   | 3.69             | 1.14 | 4.21             |
| Octubre | 5.66                     | 28.3                       | 20.24   | 4.04             | 0.54 | 2.18             |

En el cuadro 68 se observa que la Eto calculada del cultivo promedio es de 3.07 mm/día es menor debido a que en el interior de las carpas la Eto. es en promedio el 60 o 80 % de aquella que ocurre en un ambiente externo (Rosenberg, *et al*; 1989), por lo tanto se encuentra dentro el rango establecido de la evapotranspiración máxima en el Altiplano central de Bolivia que es de 3.64 mm/día como promedio (Choquecallata, 1991), esto debido a que en ambiente protegido la evapotranspiración es menor que aquella que ocurre en un ambiente externo, atribuyéndose no solamente a la reducción de la energía disponible en el ambiente si no también a la menor velocidad del viento que existe (Farias, 1992; Farias *et al*, 1994; Sentehlas y Santos, 1995).

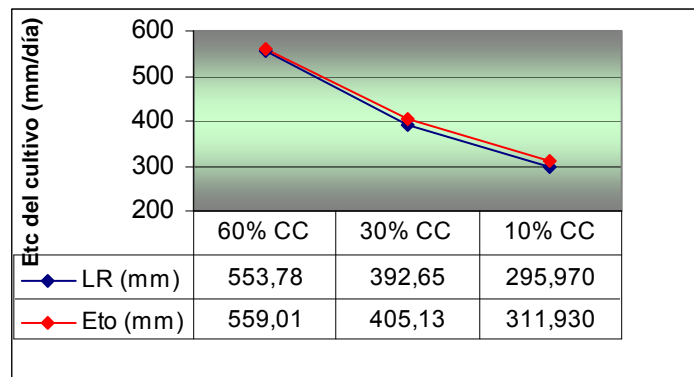
En el mes de julio se tiene la Eto. en la primera etapa de supresión de riego (ramificación) de 2.15 mm/día, en el mes de septiembre se tiene la Eto de la segunda etapa de supresión de riego (floración) de 4.21 mm/día y por último en el mes de octubre se tiene la tercera etapa de supresión (llenado de grano) de 2.18 mm/día. Como se puede observar que en la fase de floración se tiene la más alta Eto del cultivo, por su parte Choquecallata, 1991 indica que los valores cambian de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo, siendo más altos durante la floración e inicio de grano lechoso con 4.54 y 4.71 mm/día respectivamente.

### 4.12.1 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo

**Cuadro 68** Cálculo de la evapotranspiración del cultivo

| Niveles de humedad | N1 (60 % CC) | N2 (30% CC) | N3 (10% CC) |
|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| LR (mm)            | 553.78       | 392.65      | 295.97      |
| ETc (mm)           | 545.97       | 405.13      | 311.93      |

El cuadro 64 refleja la lámina de riego (LR) y la evapotranspiración del cultivo en los niveles de humedad del 60,30 y 10 % de CC.



**Figura 23.** Evapotranspiración del cultivo

En el presente estudio se consideró como periodo agrícola a partir del mes de mayo hasta el mes de octubre del 2003.

La figura 23, refleja el balance hídrico del cultivo en los niveles de humedad establecidos 1, 2 y 3 (60, 30 y 10% de CC), donde se observa que en el nivel de humedad del 60% se tiene una mayor evapotranspiración por que se aplico mayor lámina de riego, en cambio en el nivel de humedad del 10% se tiene una menor evapotranspiración debido a que se aplico menor lámina de riego.

### 4.13 Constante Térmica

**Cuadro 69.** Cálculo de la constante térmica para cada genotipo

| Genotipo       | Cte. Térmica U. C. |
|----------------|--------------------|
| EDK – 4        | 918.9              |
| R. Pandela     | 1189.8             |
| Var. Chucapaca | 1977.38            |
| L 320          | 1977.38.           |
| Accesión 1560  | 2182.13            |

En el cuadro 63, se observa la constante térmica preliminar, calculada por el método residual, donde se tiene, la cantidad acumulada de unidades calor desde la emergencia hasta la madurez fisiológica de cada genotipo en estudio. Donde se puede apreciar que cuando los genotipos alcanzan la madurez fisiológica, la constante térmica va siendo menor como es el caso del genotipo 1 (EDK – 4) que acumuló 918.9 constantes, seguido de genotipo 2 (R. Pandela) con 1189.8 constante. En cambio los genotipos 3 (Var. Chucapaca) y 4 (L – 320) alcanzaron una constante térmica similar de 1977.38 constantes, lo que nos indica que estos dos genotipos necesitan las mismas unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, es decir tienen el mismo ciclo vegetativo.

En cambio el genotipo 5 (Acc. 1560) es el que alcanzó la mayor constante térmica de 2182.13 constantes, lo que nos indica que este genotipo necesita mas unidades de calor para completar su ciclo vegetativo puesto que es de ciclo tardío. Con estos datos preliminares se determina la elección de la mejor zona para la siembra de estos genotipos al igual que de la programación de fechas de siembra y cosecha (Da Mota, 1981).

---

## 5. CONCLUSIONES

Los niveles de humedad establecidos en el presente ensayo se observa una misma tendencia a lo largo del ensayo.

La mayor altura de planta se alcanzó con un nivel de humedad próxima a capacidad de campo, del 60% de CC y la menor altura de planta con el nivel de humedad del 10% de CC

El genotipo 1(EDK - 4) alcanzó la mayor altura de planta en la 1era etapa de supresión de riego (ramificación), el genotipo 3 (Var. Chucapaca) en la 2da y 3era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano) y el genotipo 5 (Acc. 1560) la menor altura de planta en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego.

El mayor diámetro de tallo se manifiesta en el nivel de humedad del 60% de C C en la 2da y 3era etapa de supresión de riego (floración y llenado de grano) y el menor diámetro de tallo con un nivel de humedad del 10% de CC El genotipo 5 (Acc. 1560) se observa el mayor diámetro de tallo y el menor diámetro de tallo en el genotipo 1 (EDK - 4).

En la 1era etapa de supresión de riego (ramificación), con un nivel de humedad del 30% de CC en las fases de floración y llenado de grano se alcanzó el mayor número de hojas y con un nivel de humedad del 60% de CC, en la 2da etapa de supresión de riego (floración) se alcanza el mayor número de hojas. En cambio en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano) con un nivel de humedad del 10% de CC en la fase de ramificación se alcanzo un mayor número de hojas.

Los genotipos con el mayor número de hojas son: EDK - 4, Real Pandela, Var. Chucapaca y L – 320 en la 1era etapa de supresión de riego y el menor número de hojas el genotipo 5 (Acc. 1560). En cambio en la 2da y 3era etapas de supresión de riego el genotipo con el mayor número de hojas fue el genotipo 5 (Acc. 1560) y los

---

genotipos con el menor número de hojas son: el genotipo 2 (R. Pandela) en la 2da etapa de supresión de riego, y el genotipo 3 (Var. Chucapca) en la 3era etapa de supresión de riego.

Con un nivel de humedad del 60% de CC se alcanzó un mayor diámetro de panoja en la 2da y 3era etapas de supresión de riego y el menor diámetro de panoja con el nivel de humedad del 10% de CC en la 2da y 3era etapas de supresión de riego.

El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó el mayor diámetro de panoja en la 2da y 3era etapas de supresión de riego y el menor diámetro de panoja el genotipo 4 (L – 320) en la 2da etapa de supresión de riego y el genotipo 3 (Var. Chucapaca) en la 3era etapa de supresión de riego.

En cuanto a la longitud de panoja en la 2da y 3era etapas de supresión de riego en el nivel de humedad del 60% de CC, en la fase de ramificación se observó la mayor longitud de panoja y lo alcanzó el genotipo 3 (Var. Chucapaca). En cambio en el nivel de humedad del 10% de CC, en la fase de floración se observó la menor longitud de panoja y lo alcanzó el genotipo 5 (Acc. 1560).

En cuanto al índice de cosecha con un nivel de humedad del 30 % CC se alcanzó el mayor índice de cosecha, seguido del nivel de humedad del 60 % CC y el menor índice de cosecha se alcanzó con un nivel de humedad del 10% CC.

El genotipo 4 (L –320) alcanzó el mayor índice de cosecha, seguido del genotipo 3 (Var. Chucapaca) y el menor índice de cosecha lo alcanzó el genotipo 5 (Acc. 1560), seguido del genotipo 1 (EDK – 4).

En cuanto a las modificaciones morfológicas se observaron las siguientes:

El genotipo 1 (EDK – 4) alcanzó cierto mecanismo de evasión o escape a la sequía, alcanzando la precocidad, la madurez temprana del cultivo.



---

Los genotipos: 2 (R. Pandela) y 3 (Var. Chucapaca) alcanzaron ciertas modificaciones morfológicas ante el déficit hídrico como ser menor número de hojas por la defoliación extrema que presentaron estos genotipos, para así evitar la pérdida de agua por las hojas en la 2da y 3era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano). También se observó el doblado de la panoja para proteger los glomérulos de la panoja.

El genotipo 4 (L – 320) alcanzó las menores alturas de planta en las tres fases en estudio (ramificación, floración y llenado de grano), en cuanto a las otras variables no manifestó ningún cambio morfológico, pero alcanzó el mayor índice de cosecha.

El genotipo 5 (Acc. 1560) alcanzó cierta modificación morfológica en las hojas como ser la presencia de cristales de oxalato de calcio que se manifestó en la 2da y 3era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano) como una reacción ante el déficit hídrico.

La estimación de la evapotranspiración en el presente trabajo fue en promedio de 3.07 mm/día, menor en comparación con la evapotranspiración establecida por Choquecallta, (1991) de 3.64 mm/día como promedio.

En la 2da etapa de supresión de riego (floración) se alcanzó la mayor evapotranspiración de 4.21 mm/ día próxima a la calculada por Choquecallata, (1991) para esta fase de desarrollo de la quinua.

La evapotranspiración determinada del cultivo por a través del balance hídrico fue de: 559.01 mm para el nivel de humedad del 60% de CC, 405.13 mm en el nivel de humedad del 30% de CC y de 311.93 mm en el nivel de humedad del 10% de CC.

En cuanto a la constante térmica o unidades de calor preliminar, el genotipo 5 (Accesión 1560) requiere de mas unidades de calor para su desarrollo, es decir de 2182.13 constates en comparación con los genotipo: 1(EDK –4), 2(R. Pandela), 3

(Var. Chucapaca) y 4 (L -320). En cambio el genotipo 1 (EDK- 4) requiere de menos unidades de calor para su desarrollo, es decir de 918.9 constantes en comparación con los genotipos: 2(R. Pandela, 3 (Var. Chucapaca), 4 (L -320) y la accesión 1560.

## 6. RECOMENDACIONES

Se tienen las siguientes recomendaciones:

1. Realizar trabajos similares y con más énfasis en las fases más susceptibles a la sequía como ser las fases de: inicio de floración, prefloración y floración.
2. En trabajos futuros con la Sonda Theta medir la humedad después de aplicar el riego, para de esta manera ver el comportamiento de la humedad después del riego.
3. Realizar este tipo de trabajos con más genotipos para ver si son susceptibles a la sequía en ambientes protegidos para de esta manera observar que mecanismo de resistencia o morfológico manifiestan estos genotipos.

---

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Alba W. 1995.** Efecto de métodos y umbrales de riego en el desarrollo de la quinua en el Altiplano central. Tesis Ing. Agronómica UMSA. FAC. Agronomía. La Paz, Bolivia. 81 P.

**Apaza, M. V. 1977.** Respuesta de tres variedades de quinua a diferente Ph del suelo por su resistencia a la sequía. Tesis Ing. Agr. UNA – Puno Perú p.82

**Chipana, R. 1996.** Principios de riego y drenaje. UMSA. La Paz, Bolivia. 23 - 91 p.

**Bosque H.; Lemeur R; Van Damme P; Jacobsen E. 1999.** Análisis eco fisiológico del estrés de la sequía y la salinidad en el cultivo de la quinua. En Primer taller internacional sobre la quinua: libro de resúmenes. Capacitación y conferencias CIP – DANIDA: UNALM – UNAP. Lima, Perú. 132 P.

**Choquecallata J. 1991.** Evapotranspiración máxima (ETM) del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el Altiplano boliviano Tesis de grado en Ing. Agronómica. UGRM. Facultad Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Santa Cruz de la sierra Bolivia. 146 p.

**De Santa Olalla, M. y Valero, J. 1993.** Agronomía del Riego. Ed. Mundi Prensa, Madrid España. p. 421.

**Da Mota, F, 1981.** Metodología agrícola. 5° Ed. Ediciones Distribuidora. Sao Paulo. Brasil. Pp. 154 – 180.

**Espíndola, G. 1986.** Respuestas fisiológicas, morfológicas agronómicas de la quinua al déficit hídrico. Tesis Msc. Instituto de Enseñanza y Ciencias Agrícolas, Chapingo México.

**Farias, J. R. B. 1992.** Manejo da irrigacao asociado ao uso de coberturas plásticas. In: Bergamaschi, H.; Berlato, M.A. Fontana, D.C.; *et al.* Agro meteoróloga aplicada a irrigacao. Portoo Alegre. ED. Universitaria/UFRGS P. 109 – 115

**Farias, J. R. B.; Bergamaschi, H.; Martins, S. R.** Evapotranspiracao no interior de estufas plásticas. Revista Brasileira de Agrometeorología, : 17 – 22, 1994.

**FAO, 2000.** Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), Santiago de Chile

Frere, M. J. Rea y J. Q. Ryks. 1975. Estudio Agro climatológico de la zona andina (Informe técnico). Proyecto Interinstitucional, FAO/UNESCO/OMM. Roma Italia. p.51

- Fuentes, J. L. 1998.** Técnicas de Riego. 3ra Ed. Editorial Mundi Prensa. Madrid España. p. 470.
- García M. 1991.** Análisis del comportamiento hídrico de dos variedades de quinua frente a la sequía. Tesis de grado en Ing. Agronómica UMSA. La Paz, Bolivia. 126 p.
- Gurovich, L. 2001.** Riego Superficial Tecnificado. 4ta Ed. Editorial Mundi Prensa Madrid España p.490
- Huiza, Z. 1994.** Efectos del déficit hídrico a marchites intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua. Tesis de grado en Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia. 111 p.
- INE** (Instituto Nacional de Estadística, Bol.)/**MDSP** (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Bol.)/**COSUDE** (La agencia Suiza para el desarrollo y cooperación). 1999. Bolivia Un Mundo de Potencialidades Atlas Estadístico de Municipios Bolivia p. 249.
- Lescano, J. L. 1994.** Genética y Mejoramiento de Cultivos Alto Andinos. Programa Interinstitucional de Waru Waru Convenio: INADE/PELT-COTESU Puno - Perú. p. 459.
- Jacobsen S. y A. Mújica. 1999.** I Curso internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Centro Internacional de la papa (CIP). Lima – Perú. p.80.
- Little, T. y Hills, J. 1976.** Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. 2da reimpresión 1991. Trillas México. p. 344.
- Martín de Santa Olalla Mañas, 1993** F. Agronomía de riego Ediciones Mundi – Prensa Madrid España p 422.
- Mamani F. 1999.** La prueba de quinua en el Altiplano Boliviano. Primer taller internacional sobre quinua: libro de resúmenes. Capacitación y conferencias. CIP – DANIDA: UNALM – UNAP. Lima, Perú. p 132.
- Morales, D. 1976.** Determinación del uso consultivo de la quinua por el método de lisimetría en el altiplano central. En //Convención internacional de quenopodiáceas quinua – Canahua. 26 – 29 de abril, Potosí Bolivia. IICA, Universidad Boliviana Tomas Frías, Comité departamental de OOPP de Potosí. Serie: Informes de conferencia, cursos y reuniones N° 96 La Paz – Bolivia. p. 146.

- Mújica, A. 1976.** Cereales y Quenopodiáceas. UNTA. Departamento de la Agricultura Puno – Perú. p. 20.
- Mújica, A. y Canahua, A. 1989.** Fases fonológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua* Wild.) en: Curso Taller Fenología de cultivos andinos y uso de la información agro meteorológica. Salcedo 7 – 10 agosto INIAA, EEZA/LLPA, PISA. Puno – Perú. 23 –27 pp.
- Mújica A. y S. 1999.** I Curso internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Centro Internacional de la papa (CIP). Lima – Perú. p.80.
- Mújica, A. 2003.** Investigaciones agroindustriales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) Puno – Perú. p.66.
- Mújica, A., Sven – Jacobsen, S.E., Izquierdo, J., Pierre, J.M. 2004.** Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago de Chile. p. 315.
- Ramos, E. 2000.** Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd)\_bajo riego diferenciado por fases fenológicas en el Altiplano Central Tesis de grado en Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia. p110.
- Reyes, P. 1978.** Diseño de experimentos aplicado: Agronomía, biología, química, industria y ciencias sociales 3° Ed. Editorial Trillas. México. p. 348.
- Rojas W. 1988.** Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis M.sc. Universidad Austral de Chile. Facultad Ciencias agrarias. Valdivia, Chile. p 209.
- Rosenberg, N. J.; BLAD, B: L.; VERMA, S. B. 1983** Microclimate – The biological environment. New York: John Wiley y Sons, Inc. p 495.
- SAS (SAS Institute Inc US). 1998.** SAS. Introductory guide for personal computers. Version 6.03. Cary, NC. 111p.
- Sentelhas, P. C: Santos, A. O. 1995** Cultivo protegido: aspectos microclimáticos. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental,(2): 108 – 115.
- Tarjuelo B. 1995. El riego por aspersión y su Tecnología Ediciones Mundi – Prensa. México. P 495.
- Tesoro, G. 2002.** Manual de Agro climatología, UMSA. La Paz – Bolivia. p. 78.

**Torrez, E. 1981.** Manual de conservación de suelos agrícolas. 2da. Ed. Editorial Diana. México D.F.

**Turner, N. 1979,** Droughth Resstance and Adaptación to mater Deficit in crop plants In: stress physiology in crop plants, john Wiley and sons Brisbon, Toronta p28. Jacobsen

**Viñas, O. 2000.** Exportación de quinua orgánica (*Chenopodium quinua* Willd.) La Paz - Bolivia. p. 14.

**Vizarreta, J. E. 2002.** Comparativo de 14 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) resistentes a sequía en las condiciones de la Irrigación de Majes. Tesis de grado Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela profesional y Académica de Agronomía. P 92.

**Wood, S. Lawson, D. Farbanks, L. Robison, W. Andersen. 1993.** Seed lipid content and faty acid composition of there quinoa cultivars, journal of Foot composition and Analysis United Nations University. 44 p.

**Anexo 3.** Lámina de riego para la 1 era etapa de supresión de riego (ramificación)

| Genotipo        | Niveles      | Lecturas<br>Bloque I | Lecturas<br>Bloque II | Lecturas<br>Bloque III |
|-----------------|--------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1               | 16% CC       | 0.046                | 0.041                 | 0.042                  |
| 2               | 16% CC       | 0.052                | 0.033                 | 0.047                  |
| 3               | 16% CC       | 0.049                | 0.041                 | 0.031                  |
| 4               | 16% CC       | 0.047                | 0.046                 | 0.042                  |
| 5               | 16% CC       | 0.047                | 0.033                 | 0.053                  |
| <b>Promedio</b> | <b>0.043</b> | <b>0.048</b>         | <b>0.038</b>          | <b>0.043</b>           |
| 1               | 12% CC       | 0.051                | 0.056                 | 0.055                  |
| 2               | 12% CC       | 0.063                | 0.052                 | 0.060                  |
| 3               | 12% CC       | 0.057                | 0.054                 | 0.065                  |
| 4               | 12% CC       | 0.055                | 0.055                 | 0.058                  |
| 5               | 12% CC       | 0.056                | 0.056                 | 0.050                  |
| <b>Promedio</b> | <b>0.056</b> | <b>0.056</b>         | <b>0.054</b>          | <b>0.057</b>           |
| 1               | 10% CC       | 0.056                | 0.047                 | 0.055                  |
| 2               | 10% CC       | 0.058                | 0.052                 | 0.052                  |
| 3               | 10% CC       | 0.046                | 0.053                 | 0.051                  |
| 4               | 10% CC       | 0.055                | 0.049                 | 0.054                  |
| 5               | 10% CC       | 0.050                | 0.053                 | 0.049                  |
| <b>Promedio</b> | <b>0.052</b> | <b>0.053</b>         | <b>0.050</b>          | <b>0.052</b>           |

**Anexo 4.** Lámina de riego para la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Genotipo        | Niveles      | Lecturas<br>Bloque I | Lecturas<br>Bloque II | Lecturas<br>Bloque III |
|-----------------|--------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1               | 16% CC       | 0.045                | 0.042                 | 0.047                  |
| 2               | 16% CC       |                      | 0.055                 | 0.044                  |
| 3               | 16% CC       | 0.053                | 0.054                 | 0.051                  |
| 4               | 16% CC       | 0.046                | 0.049                 | 0.048                  |
| 5               | 16% CC       | 0.056                | 0.050                 | 0.049                  |
| <b>Promedio</b> | <b>0.049</b> | <b>0.050</b>         | <b>0.050</b>          | <b>0.047</b>           |
| 1               | 12% CC       |                      | 0.032                 | 0.042                  |
| 2               | 12% CC       | 0.038                | 0.043                 | 0.038                  |
| 3               | 12% CC       | 0.037                | 0.047                 | 0.047                  |
| 4               | 12% CC       | 0.043                | 0.053                 | 0.042                  |
| 5               | 12% CC       | 0.043                | 0.050                 | 0.049                  |
| <b>Promedio</b> | <b>0.042</b> | <b>0.040</b>         | <b>0.045</b>          | <b>0.043</b>           |
| 1               | 10% CC       | 0.039                | 0.045                 | 0.046                  |
| 2               | 10% CC       |                      | 0.048                 |                        |
| 3               | 10% CC       | 0.048                | 0.053                 | 0.047                  |
| 4               | 10% CC       | 0.053                |                       | 0.044                  |
| 5               | 10% CC       | 0.058                | 0.048                 | 0.064                  |
| <b>Promedio</b> | <b>0.049</b> | <b>0.049</b>         | <b>0.048</b>          | <b>0.050</b>           |



**Anexo 5.** Lamina de riego para la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Genotipo        | Niveles de hum. | Lectura Bloque I | Lectura Bloque II | Lectura Bloque III |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1               | 16 % CC         | 0.058            | 0.049             | 0.063              |
| 2               | 16% CC          | 0.061            | 0.070             | 0.055              |
| 3               | 16% CC          | 0.050            | 0.047             | 0.049              |
| 4               | 16% CC          | 0.053            | 0.055             | 0.041              |
| 5               | 16% CC          | 0.061            |                   | 0.051              |
| <b>Promedio</b> | <b>0.054</b>    | <b>0.056</b>     | <b>0.055</b>      | <b>0.051</b>       |
| 1               | 12% CC          | 0.053            | 0.053             |                    |
| 2               | 12% CC          |                  | 0.061             |                    |
| 3               | 12% CC          | 0.048            | 0.047             | 0.043              |
| 4               | 12% CC          | 0.045            | 0.045             | 0.046              |
| 5               | 12% CC          | 0.047            | 0.051             | 0.0440             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.047</b>    | <b>0.048</b>     | <b>0.051</b>      | <b>0.044</b>       |
| 1               | 10% CC          | 0.049            | 0.051             | 0.046              |
| 2               | 10% CC          | 0.056            | 0.055             | 0.055              |
| 3               | 10% CC          | 0.045            |                   | 0.051              |
| 4               | 10% CC          | 0.041            | 0.040             | 0.042              |
| 5               | 10% CC          | 0.047            | 0.048             | 0.048              |
| <b>Promedio</b> | <b>0.047</b>    | <b>0.047</b>     | <b>0.048</b>      | <b>0.048</b>       |

**Anexo 6.** Cuadrados medios de el análisis de varianza para la altura de planta en las tres etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

| Fuente de variación     | GL  | CM (A. P.) 1era etapa de S. R | CM (A. P.) 2da etapa S. R. | CM (A. P.) 3era etapa S. R. |
|-------------------------|-----|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Bloques                 | 2   | 1.983 ns                      | 4.462 ns                   | 5.929 ns                    |
| Niveles de humedad (A)  | 2   | 6.347 *                       | 1660.621 *                 | 1602.962 *                  |
| Error (a)               | 4   | 0.808                         | 72.380                     | 53.207                      |
| Etapas de supresión (B) | 2   | 91.468 *                      | 46.799 ns                  | 24.983 ns                   |
| Interacción (A x B)     | 4   | 38.752 *                      | 94.632 ns                  | 58.791 ns                   |
| Error (b)               | 12  | 1.419                         | 41.878                     | 36.936                      |
| Genotipos ( C )         | 4   | 210.255 *                     | 1040.178 *                 | 680.548 *                   |
| Interacción ( A x C )   | 8   | 4.059 *                       | 82.245 *                   | 77.129 *                    |
| Interacción ( B x C )   | 8   | 2.361 ns                      | 68.458 *                   | 67.680 *                    |
| Interacción (A x B X C) | 16  | 4.981                         | 33.671                     | 32.028                      |
| Error ( C )             | 72  | 1.508                         | 22.710                     | 22.548                      |
| Total                   | 134 |                               |                            |                             |
| C. V.                   |     | 6.48 %                        | 8.99 %                     | 8.64 %                      |

**Anexo 7.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el diámetro de tallo en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

| Fuente de variación     | GL  | CM (D. T.) 1era etapa de S. R. | CM (D. T.) 2da etapa de S. R. | CM (D. T.) Etapa de S. R. |
|-------------------------|-----|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Bloques                 | 2   | 0.159 ns                       | 0.173 ns                      | 0.177 ns                  |
| Niveles de humedad (A)  | 2   | 1.872 ns                       | 5.016 *                       | 8.328 *                   |
| Error (a)               | 4   | 0.364                          | 0.267                         | 0.270                     |
| Etapas de supresión (B) | 2   | 0.561 ns                       | 0.160 ns                      | 0.550 ns                  |
| Interacción (A x B)     | 4   | 1.233 ns                       | 0.088 ns                      | 0.141 ns                  |
| Error (b)               | 12  | 0.508                          | 0.438                         | 0.353                     |
| Genotipos ( C )         | 4   | 0.575 ns                       | 6.213 *                       | 8.920 *                   |
| Interacción (A x C)     | 8   | 0.122 ns                       | 8.804 *                       | 0.405 *                   |
| Interacción (B x C)     | 8   | 0.296 ns                       | 0.215 ns                      | 0.460 *                   |
| Interacción (A x B x C) | 16  | 0.209 ns                       | 0.266 ns                      | 0.175 ns                  |
| Error (c )              | 72  | 0.287                          | 0.259                         | 0.168                     |
| Total                   | 134 |                                |                               |                           |
| C. V.                   |     | 11.79 %                        | 8.42 %                        | 6.57 %                    |

**Anexo 8.** Cuadrados medios del análisis de varianza número de hojas en la 1era, 2da y 3era etapa de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

| Fuente de variación      | G L | CM Nº hojas 1era etapa de SR | CM Nº hojas 2da etapa de SR | CM Nº hojas 3era Etapa de SR |
|--------------------------|-----|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Bloques                  | 2   | 3.35 ns                      | 4.36 ns                     | 17.62 ns                     |
| Niveles de humedad (A)   | 2   | 25.35 *                      | 44.22 *                     | 333.42 *                     |
| Error (a)                | 4   | 5.04                         | 5.87                        | 6.47                         |
| Etapas de supresión (B)  | 2   | 50.86 *                      | 68.27 *                     | 122.02 *                     |
| Interacción (A x B)      | 4   | 18.35 *                      | 29.85 ns                    | 37.91 ns                     |
| Error (b)                | 12  | 2.88                         | 11.29                       | 26.07                        |
| Genotipos ( C )          | 4   | 22.45 *                      | 354.64 *                    | 784.94 *                     |
| Interacción ( A x C)     | 8   | 6.30 ns                      | 6.30 ns                     | 25.89 ns                     |
| Interacción (B x C)      | 8   | 2.42 ns                      | 30.15 *                     | 34.80 ns                     |
| Interacción ( A x B x C) | 16  | 2.00 ns                      | 16.59 ns                    | 20.88 ns                     |
| Error ( c )              | 72  | 4.52                         | 18.60                       | 18.71                        |
| Total                    | 134 |                              |                             |                              |
| C. V.                    |     | 12.74 %                      | 15.28 %                     | 12.74 %                      |

**Anexo 9.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el área foliar en la 1era, 2da y 3era etapa de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano).

| Fuente de variación     | GL  | CM (A. F.) 1era etapa de SR | CM (A. F.) 2da etapa de SR | CM (A.F.) 3era etapa de SR |
|-------------------------|-----|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Bloques                 | 2   | 4829.09 ns                  | 3108.11 ns                 | 6514.48 ns                 |
| Niveles de humedad (A)  | 2   | 2948.69 ns                  | 1107.058 ns                | 3346.92 ns                 |
| Error (a)               | 4   | 4154.35                     | 2852.02                    | 2138.70                    |
| Etapas de supresión (B) | 2   | 20510.77 *                  | 27489.65 *                 | 1835.30 ns                 |
| Interacción (A x B)     | 4   | 12371.10 *                  | 9051.93 ns                 | 6186.55 ns                 |
| Error (b)               | 12  | 1000.42                     | 6491.28                    | 7252.79                    |
| Genotipos (C)           | 4   | 241.86 ns                   | 87209.38 *                 | 75911.88 *                 |
| Interacción (A x C)     | 8   | 1349.62 ns                  | 6487.42 ns                 | 12332.62 *                 |
| Interacción (B x C)     | 8   | 2287.15 ns                  | 12231.00 *                 | 17313.98 *                 |
| Interacción (A x B x C) | 16  | 1504.66 ns                  | 2998.20 ns                 | 9175.65 *                  |
| Error (c)               | 72  | 1484.16                     | 5438.79                    | 4209.16                    |
| Total                   | 134 |                             |                            |                            |
| C. V.                   |     | 25.64 %                     | 29.25 %                    | 37.01 %                    |

**Anexo 10.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el diámetro de panoja en la 1era, 2da y 3era etapas de supresión de riego (ramificación, floración y llenado de grano)

| FUENTE DE VARIACIÓN     | GL  | CM (D. P.) 2da etapa de SR | CM (D. P.) 3era Etapa de SR |
|-------------------------|-----|----------------------------|-----------------------------|
| Bloques                 | 2   | 3.361 ns                   | 23.112 ns                   |
| Niveles de humedad (A)  | 2   | 233.786 ns                 | 487.496 *                   |
| Error (a)               | 4   | 39.136                     | 57.513                      |
| Etapas de supresión (B) | 2   | 125.70 ns                  | 37.942 ns                   |
| Interacción (A x B)     | 4   | 110.57 ns                  | 3.354 ns                    |
| Error (b)               | 12  | 67.362                     | 62.349                      |
| Genotipos (C)           | 4   | 58.148 *                   | 746.11 *                    |
| Interacción (A x C)     | 8   | 29.167 ns                  | 58.806 *                    |
| Interacción (B x C)     | 8   | 11.084 ns                  | 16.668 ns                   |
| Interacción (A x B x C) | 16  | 14.145 ns                  | 21.027 ns                   |
| Error (c)               | 72  | 24.366                     | 20.904                      |
| Total                   | 134 |                            |                             |
| C. V.                   |     | 15.80%                     |                             |

**Anexo 11.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la longitud de panoja en la 2da y 3era etapas de supresión de riego (floración y llenado de grano)

| FUENTE DE VARIACIÓN     | GL  | CM (L. P.) 2da etapa de SR | CM (L. P.) 3era etapa de SR |
|-------------------------|-----|----------------------------|-----------------------------|
| Bloques                 | 2   | 3.298 ns                   | 11.052 ns                   |
| Niveles de humedad (A)  | 2   | 321.351 *                  | 312.418 *                   |
| Error (a)               | 4   | 11.446                     | 6.421                       |
| Etapas de supresión (B) | 2   | 133.201 *                  | 116.361 *                   |
| Interacción (A x B)     | 4   | 42.073 ns                  | 12.080 ns                   |
| Error (b)               | 12  | 13.824                     | 13.864                      |
| Genotipos (C)           | 4   | 658.028 *                  | 483.806 *                   |
| Interacción (A x C)     | 8   | 21.480 *                   | 16.960 *                    |
| Interacción (B x C)     | 8   | 5.665 ns                   | 12.707 ns                   |
| Interacción (A x B x C) | 16  | 6.872 ns                   | 8.656 ns                    |
| Error (c)               | 72  | 24.366                     | 7.617                       |
| Total                   | 134 |                            |                             |
| C. V.                   |     | 22.72 %                    | 18.50 %                     |

**Anexo 12.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la biomasa a la cosecha de los genotipos

| FUENTE DE VARIACIÓN     | GL | COSECHA DE GENOTIPOS |
|-------------------------|----|----------------------|
| Bloques                 | 2  | 28.650 ns            |
| Niveles de humedad (A)  | 2  | 10.461 ns            |
| Error (a)               | 4  | 65.849               |
| Etapas de supresión (B) | 2  | 86.480 ns            |
| Interacción (A x B)     | 4  | 202.88 ns            |
| Error (b)               | 12 | 73.309               |
| Genotipos (C)           | 4  | 100.119 ns           |
| Interacción (A x C)     | 8  | 171.293 ns           |
| Interacción (B x C)     | 8  | 94.395 ns            |
| Interacción (A x B x C) | 16 | 107.099 ns           |

**Anexo 13.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el índice de cosecha

| FUENTE DE VARIACIÓN     | GL  | INDICE DE COSECHA |
|-------------------------|-----|-------------------|
| Bloques                 | 2   | 53.525 ns         |
| Niveles de humedad (A)  | 2   | 426.885 *         |
| Error (a)               | 4   | 12.595            |
| Etapas de supresión (B) | 2   | 227.631 ns        |
| Interacción (A x B)     | 4   | 20.347 ns         |
| Error (b)               | 12  | 67.532            |
| Genotipos (C)           | 4   | 264.503 *         |
| Interacción (A x C)     | 8   | 72.817 ns         |
| Interacción (B x C)     | 8   | 82.435 ns         |
| Interacción (A x B x C) | 16  | 47.858 ns         |
| Error (c)               | 72  | 41.031            |
| Total                   | 134 |                   |
| C. V.                   |     | 17.10 %           |

**Anexo 14.** Contraste ortogonal para la altura de planta en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 246.915   | 246.915              | 10.87   | 0.0015 * |
| C2        | 1  | 2652.708  | 2652.708             | 116.81  | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 542.767   | 542.767              | 23.90   | 0.0001 * |
| C4        | 1  | 718.320   | 718.320              | 31.63   | 0.001 *  |

**Anexo15.** Contraste ortogonal para la altura de planta en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 711.622   | 711.622              | 31.56   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 1172.822  | 1172.822             | 52.01   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 455.881   | 455.881              | 20.22   | 0.0001 * |
| C4        | 1  | 381.869   | 381.869              | 16.94   | 0.0001 * |

**Anexo 16.** Contraste ortogonal para el diámetro de tallo en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 16.783    | 16.783               | 99.83   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 10.391    | 10.391               | 61.81   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 4.914     | 4.914                | 29.23   | 0.0001 * |
| C4        | 1  | 3.593     | 3.593                | 21.37   | 0.0001 * |

**Anexo 17.** Contraste ortogonal para el número de hojas en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 44.490    | 44.490               | 4.04    | 0.0401 * |
| C2        | 1  | 978.009   | 978.009              | 88.88   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 83.129    | 83.129               | 7.55    | 0.0076 * |
| C4        | 1  | 312.962   | 312.962              | 28.44   | 0.0001 * |

**Anexo 18.** Contraste ortogonal para el número de hojas en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 520.185   | 520.185              | 27.80   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 833.333   | 833.333              | 44.53   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 40.907    | 40.907               | 2.19    | 0.1436 * |
| C4        | 1  | 1745.351  | 1745.351             | 93.27   | 0.0001 * |

**Anexo 19.** Contraste ortogonal para el área foliar en la 2da etapa de supresión de riego (floración)

| Contraste | DF | Contraste  | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|------------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 85189.456  | 85189.456            | 15.67   | 0.0002 * |
| C2        | 1  | 233666.242 | 233666.242           | 42.97   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 7850.578   | 7850.578             | 1.44    | 0.2335 * |
| C4        | 1  | 22109.368  | 22109.368            | 4.07    | 0.0475 * |

**Anexo 20.** Contraste ortogonal para el área foliar en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Contraste | DF | Contraste  | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|------------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 128112.604 | 128112.604           | 30.50   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 35155.630  | 35155.630            | 8.37    | 0.0050 * |
| C3        | 1  | 73637.681  | 73637.681            | 17.53   | 0.0001 * |
| C4        | 1  | 66290.074  | 66290.074            | 15.78   | 0.0002 * |

**Anexo 21.** Contraste ortogonal para el diámetro de panoja en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc       |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|----------|
| C1        | 1  | 1014.841  | 1014.841             | 48.55   | 0.0001 * |
| C2        | 1  | 943.768   | 943.768              | 45.15   | 0.0001 * |
| C3        | 1  | 143.766   | 143.766              | 6.88    | 0.0106 * |
| C4        | 1  | 882.093   | 882.093              | 42.20   | 0.0001 * |

**Anexo 22.** Contraste ortogonal para la longitud de panoja en la 3era etapa de supresión de riego (llenado de grano)

| Contraste | DF | Contraste | Cuadrado de la media | F valor | Fc        |
|-----------|----|-----------|----------------------|---------|-----------|
| C1        | 1  | 5.790     | 5.790                | 0.76    | 0.3862 ns |
| C2        | 1  | 436.491   | 436.491              | 57.30   | 0.0001*   |
| C3        | 1  | 124.883   | 124.883              | 16.39   | 0.0001 *  |
| C4        | 1  | 1368.060  | 1368.060             | 179.59  | 0.0001 *  |

**Anexo 23.** Cosecha de los genotipo

| Genotipo          | Fecha de cosecha    |
|-------------------|---------------------|
| 1. EDK -4         | 21 - Sep. - 2003    |
| 2. R. Pandela     | 26 - Octubre - 2003 |
| 3. Var. Chucapaca | 25 - Octubre - 2003 |
| 4. L - 320        | 11 - Nov. - 2003    |
| 5. Accesoión 1560 | 12 - Nov. - 2003    |

**Anexo 24.** Balance hídrico para el mes de junio al 60% de CC

| FECHA        | Promedio 60 % CC | Dif. Humedad m3/m3 | Dif. Humedad Lam. Equiv. | Lam. Riego (mm) | ET (mm) ET = R - (DH) |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| 04-jun       | 0,290            |                    |                          |                 |                       |
| 05-jun       | 0,240            | -0,050             | -9,060                   |                 |                       |
| 06-jun       | 0,216            | -0,024             | -4,260                   |                 |                       |
| 07-jun       | 0,208            | -0,008             | -1,500                   | 3,72            | 5,22                  |
| 08-jun       | 0,187            | -0,021             | -3,840                   | 4,68            | 8,52                  |
| 09-jun       | 0,186            | -0,001             | -0,180                   | 4,56            | 4,74                  |
| 10-jun       | 0,196            | 0,010              | 1,740                    | 3,30            | 1,56                  |
| 11-jun       | 0,175            | -0,021             | -3,840                   | 6,30            | 10,14                 |
| 12-jun       | 0,210            | 0,035              | 6,300                    | 0,00            | -6,30                 |
| 13-jun       | 0,164            | -0,046             | -8,280                   | 8,22            | 16,50                 |
| 14-jun       | 0,174            | 0,010              | 1,800                    | 8,22            | 6,42                  |
| 15-jun       | 0,337            | 0,163              | 29,340                   | 7,26            | -22,08                |
| 16-jun       | 0,313            | -0,024             | -4,320                   | 0,00            | 4,32                  |
| 17-jun       | 0,172            | -0,141             | -25,380                  | 6,75            | 32,13                 |
| 18-jun       | 0,148            | -0,024             | -4,380                   | 11,10           | 15,48                 |
| 19-jun       | 0,143            | -0,005             | -0,840                   | 11,28           | 12,12                 |
| 22-jun       | 0,098            | -0,045             | -8,160                   | 10,14           | 18,30                 |
| 25-jun       | 0,164            | 0,066              | 11,820                   | 8,25            | -3,57                 |
| 26-jun       | 0,178            | 0,014              | 2,520                    | 10,11           | 7,59                  |
| 29-jun       | 0,132            | -0,046             | -8,280                   | 13,95           | 22,23                 |
| 30-jun       | 0,138            | 0,006              | 1,080                    | 0,00            | -1,08                 |
| <b>Total</b> | <b>4,070</b>     | <b>-0,154</b>      | <b>-27,720</b>           | <b>117,840</b>  | <b>132,240</b>        |

**Anexo 25.** Balance hídrico para el mes de julio al 60% de CC

| FECHA        | Promedio 60 % CC | Dif. Humedad m3/m3 | Dif. Humedad Lam. Equiv. | Lam. Riego (mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 01-jul       | 0,143            | 0,005              | 0,900                    | 12,78           | 11,88                    |
| 04-jul       | 0,187            | 0,044              | 7,920                    | 15,54           | 7,62                     |
| 05-jul       | 0,137            | -0,050             | -8,940                   | 0,00            | 8,94                     |
| 06-jul       | 0,152            | 0,015              | 2,640                    | 2,63            | -0,01                    |
| 07-jul       | 0,152            | 0,000              | 0,000                    | 10,44           | 10,44                    |
| 08-jul       | 0,094            | -0,058             | -10,440                  | 19,26           | 29,70                    |
| 11-jul       | 0,128            | 0,034              | 6,120                    | 10,48           | 4,36                     |
| 12-jul       | 0,120            | -0,008             | -1,440                   | 4,76            | 6,20                     |
| 13-jul       | 0,113            | -0,007             | -1,320                   | 3,67            | 4,99                     |
| 14-jul       | 0,096            | -0,017             | -3,060                   | 8,04            | 11,10                    |
| 15-jul       | 0,087            | -0,009             | -1,620                   | 7,36            | 8,98                     |
| 16-jul       | 0,076            | -0,011             | -2,640                   | 10,80           | 13,44                    |
| 17-jul       | 0,081            | 0,005              | 1,200                    | 0,00            | -1,20                    |
| 18-jul       | 0,086            | 0,005              | 1,200                    | 17,73           | 16,53                    |
| 19-jul       | 0,099            | 0,013              | 3,120                    | 11,96           | 8,84                     |
| 20-jul       | 0,112            | -0,001             | -0,240                   | 14,84           | 15,08                    |
| 21-jul       | 0,111            | 0,000              | 0,000                    | 0,00            | 0,00                     |
| 22-jul       | 0,111            | 0,001              | 0,240                    | 13,56           | 13,32                    |
| 23-jul       | 0,112            | 0,009              | 2,160                    | 12,56           | 10,40                    |
| 25-jul       | 0,121            | 0,022              | 5,280                    | 0,00            | -5,28                    |
| 30-jul       | 0,143            | -0,006             | -1,440                   | 4,00            | 5,44                     |
| 31-jul       | 0,137            | -0,022             | -5,280                   | 5,48            | 10,76                    |
| <b>Total</b> | <b>2,597</b>     | <b>-0,036</b>      | <b>-5,640</b>            | <b>185,88</b>   | <b>191,52</b>            |

**Anexo 26.** Balance hídrico para el mes de agosto al 60% de CC

| FECHA  | Promedio 60 % CC | Dif. Humedad m3/m3 | Dif. Humedad Lam. Equiv. | Lam. Riego (mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------|------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 01-ago | 0,115            | -0,022             | -5,280                   | 0,00            | 5,28                     |
| 02-ago | 0,093            | 0,021              | 5,040                    | 12,03           | 6,99                     |
| 03-ago | 0,114            | 0,021              | 5,040                    | 11,28           | 6,24                     |
| 04-ago | 0,147            | 0,033              | 7,920                    | 7,84            | -0,08                    |
| 05-ago | 0,120            | -0,027             | -6,480                   | 0,00            | 6,48                     |
| 06-ago | 0,092            | 0,028              | 6,720                    | 15,12           | 8,40                     |
| 07-ago | 0,114            | 0,022              | 5,200                    | 9,41            | 4,21                     |
| 08-ago | 0,124            | 0,010              | 2,400                    | 8,60            | 6,20                     |
| 11-ago | 0,082            | -0,042             | -10,080                  | 6,36            | 16,44                    |
| 12-ago | 0,104            | 0,022              | 5,280                    | 4,48            | -0,80                    |
| 13-ago | 0,084            | 0,020              | 4,800                    | 6,60            | 1,80                     |
| 14-ago | 0,103            | 0,019              | 4,560                    | 2,60            | -1,96                    |
| 15-ago | 0,069            | -0,034             | -8,160                   | 17,60           | 25,76                    |
| 18-ago | 0,122            | 0,053              | 12,720                   | 3,64            | -9,08                    |
| 22-ago | 0,141            | 0,019              | 4,560                    | 14,84           | 10,28                    |
| 23-ago | 0,095            | -0,046             | -11,040                  | 13,56           | 24,60                    |
| 24-ago | 0,058            | -0,037             | -8,880                   | 7,60            | 16,48                    |
| 27-ago | 0,083            | 0,025              | 6,000                    | 9,20            | 3,20                     |
| 28-ago | 0,091            | 0,008              | 1,920                    | 0,00            | -1,92                    |



|              |              |              |               |               |               |
|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 29-ago       | 0,099        | 0,008        | 1,920         | 7,44          | 5,52          |
| <b>Total</b> | <b>2,050</b> | <b>0,101</b> | <b>24,160</b> | <b>158,20</b> | <b>134,04</b> |

**Anexo 27.** Balance hídrico para el mes de septiembre al 60% de CC

| FECHA        | Promedio<br>60 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-sep       | 0,119               | 0,020                 | 4,800                       | 5,21               | 0,41                     |
| 02-sep       | 0,160               | 0,041                 | 9,840                       | 7,48               | -2,36                    |
| 03-sep       | 0,132               | -0,028                | -6,720                      | 0,00               | 6,72                     |
| 04-sep       | 0,104               | -0,028                | -6,720                      | 6,72               | 13,44                    |
| 05-sep       | 0,111               | 0,007                 | 1,680                       | 6,40               | 4,72                     |
| 08-sep       | 0,097               | -0,014                | -3,360                      | 7,56               | 10,92                    |
| 09-sep       | 0,102               | 0,005                 | 1,200                       | 7,08               | 5,88                     |
| 14-sep       | 0,059               | -0,043                | -10,320                     | 12,09              | 22,41                    |
| 17-sep       | 0,069               | 0,010                 | 2,410                       | 10,92              | 8,51                     |
| 22-sep       | 0,063               | -0,006                | -1,440                      | 11,60              | 13,04                    |
| 25-sep       | 0,048               | -0,015                | -3,600                      | 8,96               | 12,56                    |
| 26-sep       | 0,048               | 0,000                 | 0,000                       | 0,00               | 0,00                     |
| 29-sep       | 0,074               | 0,026                 | 6,240                       | 3,88               | -2,36                    |
| <b>Total</b> | <b>1,187</b>        | <b>-0,025</b>         | <b>-5,990</b>               | <b>87,90</b>       | <b>93,89</b>             |

**Anexo 28.** Balance hídrico para el mes de octubre al 60% de CC

| FECHA        | Promedio<br>60 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 05-oct       | 0,054               | -0,020                | -4,800                      | 3,96               | 8,76                     |
| 10-oct       | 0,060               | 0,006                 | 1,440                       | 0,000              | -1,440                   |
| <b>Total</b> | <b>0,115</b>        | <b>-0,014</b>         | <b>-3,360</b>               | <b>3,960</b>       | <b>7,320</b>             |

**Anexo 29.** Balance hídrico para el mes de junio al 30% de CC

| FECHA        | Promedio<br>30 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 04-jun       | 0,247               |                       |                             |                    |                          |
| 05-jun       | 0,228               | -0,020                | -3,540                      |                    |                          |
| 06-jun       | 0,215               | -0,012                | -2,220                      |                    |                          |
| 07-jun       | 0,197               | -0,018                | -3,300                      | 2,730              | 6,030                    |
| 08-jun       | 0,185               | -0,012                | -2,100                      | 5,040              | 7,140                    |
| 09-jun       | 0,174               | -0,011                | -1,980                      | 3,810              | 5,790                    |
| 10-jun       | 0,193               | 0,019                 | 3,360                       | 3,360              | 0,000                    |
| 11-jun       | 0,176               | -0,017                | -3,000                      | 6,000              | 9,000                    |
| 12-jun       | 0,212               | 0,036                 | 6,480                       | 0,000              | -6,480                   |
| 13-jun       | 0,167               | -0,045                | -8,100                      | 7,620              | 15,720                   |
| 14-jun       | 0,169               | 0,002                 | 0,300                       | 7,620              | 7,320                    |
| 15-jun       | 0,327               | 0,158                 | 28,500                      | 8,340              | -20,160                  |
| 16-jun       | 0,252               | -0,075                | -13,500                     | 0,000              | 13,500                   |
| 17-jun       | 0,178               | -0,074                | -13,380                     | 5,520              | 18,900                   |
| 18-jun       | 0,153               | -0,025                | -4,440                      | 10,170             | 14,610                   |
| 19-jun       | 0,154               | 0,001                 | 0,180                       | 10,170             | 9,990                    |
| 22-jun       | 0,088               | -0,066                | -11,940                     | 8,250              | 20,190                   |
| 25-jun       | 0,169               | 0,081                 | 14,640                      | 7,290              | -7,350                   |
| 26-jun       | 0,176               | 0,006                 | 1,140                       | 10,200             | 9,060                    |
| 29-jun       | 0,141               | -0,035                | -6,300                      | 12,420             | 18,720                   |
| 30-jun       | 0,142               | 0,002                 | 0,300                       | 0,000              | -0,300                   |
| <b>Total</b> | <b>3,946</b>        | <b>-0,105</b>         | <b>-18,900</b>              | <b>108,54</b>      | <b>121,68</b>            |

**Anexo 30.** Balance hídrico para el mes de julio al 30% de CC

| FECHA  | Promedio<br>30 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-jul | 0,144               | 0,002                 | 0,360                       | 14,850             | 14,490                   |
| 04-jul | 0,130               | -0,015                | -2,640                      | 14,370             | 17,010                   |
| 05-jul | 0,138               | 0,009                 | 1,560                       | 0,000              | -1,560                   |
| 06-jul | 0,148               | 0,009                 | 1,680                       | 0,000              | -1,680                   |
| 07-jul | 0,148               | 0,000                 | 0,000                       | 11,010             | 11,010                   |
| 08-jul | 0,095               | -0,053                | -9,540                      | 17,700             | 27,240                   |
| 11-jul | 0,146               | 0,051                 | 9,240                       | 0,000              | -9,240                   |
| 12-jul | 0,142               | -0,004                | -0,780                      | 0,000              | 0,780                    |
| 13-jul | 0,138               | -0,004                | -0,660                      | 0,450              | 1,110                    |
| 14-jul | 0,108               | -0,030                | -5,460                      | 1,920              | 7,380                    |
| 15-jul | 0,074               | -0,034                | -6,060                      | 5,280              | 11,340                   |
| 16-jul | 0,067               | -0,007                | -1,760                      | 7,440              | 9,200                    |
| 17-jul | 0,080               | 0,014                 | 3,280                       | 0,000              | -3,280                   |
| 18-jul | 0,094               | 0,014                 | 3,360                       | 10,440             | 7,080                    |
| 19-jul | 0,088               | -0,006                | -1,520                      | 0,000              | 1,520                    |
| 20-jul | 0,083               | -0,005                | -1,280                      | 10,040             | 11,320                   |
| 21-jul | 0,085               | 0,002                 | 0,560                       | 0,000              | -0,560                   |
| 22-jul | 0,088               | 0,003                 | 0,720                       | 8,890              | 8,170                    |
| 23-jul | 0,093               | 0,005                 | 1,280                       | 7,320              | 6,040                    |
| 25-jul | 0,090               | -0,003                | -0,800                      | 6,640              | 7,440                    |

|              |              |               |               |               |               |
|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 30-jul       | 0,130        | 0,040         | 9,680         | 1,360         | -8,320        |
| 31-jul       | 0,118        | -0,013        | -3,040        | 2,720         | 5,760         |
| <b>Total</b> | <b>2,426</b> | <b>-0,025</b> | <b>-1,820</b> | <b>120,43</b> | <b>122,25</b> |

**Anexo 31.** Balance hídrico para el mes de agosto al 30% de CC

| FECHA        | Promedio<br>30 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-ago       | 0,100               | -0,018                | -4,240                      | 0,000              | 4,240                    |
| 02-ago       | 0,083               | -0,017                | -4,160                      | 7,470              | 11,630                   |
| 03-ago       | 0,079               | -0,004                | -0,880                      | 10,280             | 11,160                   |
| 04-ago       | 0,091               | 0,012                 | 2,960                       | 7,240              | 4,280                    |
| 05-ago       | 0,093               | 0,001                 | 0,320                       | 0,000              | -0,320                   |
| 06-ago       | 0,088               | -0,005                | -1,120                      | 8,680              | 9,800                    |
| 07-ago       | 0,085               | -0,003                | -0,800                      | 10,040             | 10,840                   |
| 08-ago       | 0,081               | -0,003                | -0,800                      | 9,720              | 10,520                   |
| 11-ago       | 0,068               | -0,014                | -3,280                      | 4,200              | 7,480                    |
| 12-ago       | 0,135               | 0,068                 | 16,240                      | 3,440              | -12,800                  |
| 13-ago       | 0,100               | -0,036                | -8,560                      | 1,880              | 10,440                   |
| 14-ago       | 0,099               | -0,001                | -0,160                      | 0,000              | 0,160                    |
| 15-ago       | 0,074               | -0,025                | -6,000                      | 11,400             | 17,400                   |
| 18-ago       | 0,085               | 0,011                 | 2,720                       | 3,520              | 0,800                    |
| 22-ago       | 0,097               | 0,012                 | 2,880                       | 10,040             | 7,160                    |
| 23-ago       | 0,071               | -0,026                | -6,240                      | 8,890              | 15,130                   |
| 24-ago       | 0,056               | -0,016                | -3,760                      | 5,840              | 9,600                    |
| 27-ago       | 0,067               | 0,011                 | 2,640                       | 6,400              | 3,760                    |
| 28-ago       | 0,072               | 0,005                 | 1,200                       | 0,000              | -1,200                   |
| 29-ago       | 0,080               | 0,008                 | 1,920                       | 4,560              | 2,640                    |
| <b>Total</b> | <b>1,703</b>        | <b>-0,038</b>         | <b>-9,120</b>               | <b>113,600</b>     | <b>122,720</b>           |

**Anexo 32.** Balance hídrico para el mes de septiembre al 30% de CC

| FECHA        | Promedio<br>30 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-sep       | 0,110               | 0,030                 | 7,200                       | 1,600              | -5,600                   |
| 02-sep       | 0,115               | 0,005                 | 1,280                       | 7,120              | 5,840                    |
| 03-sep       | 0,099               | -0,016                | -3,920                      | 0,000              | 3,920                    |
| 04-sep       | 0,083               | -0,016                | -3,840                      | 4,480              | 8,320                    |
| 05-sep       | 0,096               | 0,014                 | 3,280                       | 2,800              | -0,480                   |
| 08-sep       | 0,080               | -0,016                | -3,920                      | 5,130              | 9,050                    |
| 09-sep       | 0,091               | 0,011                 | 2,720                       | 5,600              | 2,880                    |
| 14-sep       | 0,049               | -0,042                | -10,080                     | 8,480              | 18,560                   |
| 17-sep       | 0,092               | 0,043                 | 10,240                      | 2,240              | -8,000                   |
| 22-sep       | 0,088               | -0,004                | -0,880                      | 3,800              | 4,680                    |
| 25-sep       | 0,045               | -0,043                | -10,400                     | 6,150              | 16,550                   |
| 26-sep       | 0,045               | 0,000                 | 0,000                       | 0,000              | 0,000                    |
| 29-sep       | 0,078               | 0,033                 | 7,920                       | 1,320              | -6,600                   |
| <b>Total</b> | <b>1,071</b>        | <b>-0,002</b>         | <b>-0,400</b>               | <b>48,720</b>      | <b>49,120</b>            |

**Anexo 33.** Balance hídrico para el mes de octubre al 30% de CC

| FECHA        | Promedio<br>30 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 05-oct       | 0,051               | 0,051                 | 12,240                      | 1,360              | -10,880                  |
| 10-oct       | 0,050               | -0,001                | -0,240                      | 0,000              | 0,240                    |
| <b>Total</b> |                     |                       | <b>12,000</b>               | <b>1,360</b>       | <b>-10,640</b>           |

**Anexo 34.** Balance hídrico para el mes de junio al 10% de CC

| FECHA        | Promedio<br>10 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 04-jun       | 0,264               |                       |                             |                    |                          |
| 05-jun       | 0,248               | -0,016                | -2,880                      |                    |                          |
| 06-jun       | 0,221               | -0,027                | -4,920                      |                    |                          |
| 07-jun       | 0,185               | -0,036                | -6,420                      | 4,140              | 10,560                   |
| 08-jun       | 0,191               | 0,006                 | 1,080                       | 3,990              | 2,910                    |
| 09-jun       | 0,200               | 0,009                 | 1,620                       | 3,570              | 1,950                    |
| 10-jun       | 0,196               | -0,004                | -0,720                      | 2,670              | 3,390                    |
| 11-jun       | 0,176               | -0,020                | -3,660                      | 6,120              | 9,780                    |
| 12-jun       | 0,210               | 0,034                 | 6,180                       | 0,000              | -6,180                   |
| 13-jun       | 0,168               | -0,042                | -7,500                      | 7,500              | 15,000                   |
| 14-jun       | 0,176               | 0,008                 | 1,440                       | 7,500              | 6,060                    |
| 15-jun       | 0,346               | 0,169                 | 30,480                      | 8,190              | -22,290                  |
| 16-jun       | 0,263               | -0,083                | -14,940                     | 0,000              | 14,940                   |
| 17-jun       | 0,180               | -0,082                | -14,820                     | 5,280              | 20,100                   |
| 18-jun       | 0,156               | -0,025                | -4,440                      | 9,750              | 14,190                   |
| 19-jun       | 0,153               | -0,003                | -0,480                      | 9,750              | 10,230                   |
| 22-jun       | 0,075               | -0,078                | -13,980                     | 9,150              | 23,130                   |
| 25-jun       | 0,175               | 0,099                 | 17,880                      | 6,330              | -11,550                  |
| 26-jun       | 0,150               | -0,025                | -4,500                      | 10,860             | 15,360                   |
| 29-jun       | 0,139               | -0,011                | -1,920                      | 12,750             | 14,670                   |
| 30-jun       | 0,141               | 0,002                 | 0,300                       | 0,000              | -0,300                   |
| <b>Total</b> | <b>4,012</b>        | <b>-0,123</b>         | <b>-22,200</b>              | <b>107,55</b>      | <b>121,95</b>            |

**Anexo 35. Balance hídrico para el mes julio al 10% de CC**

| FECHA        | Promedio<br>10 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-jul       | 0,142               | 0,002                 | 0,300                       | 13,860             | 13,560                   |
| 04-jul       | 0,123               | -0,020                | -3,540                      | 15,660             | 19,200                   |
| 05-jul       | 0,136               | 0,013                 | 2,340                       | 0,000              | -2,340                   |
| 06-jul       | 0,149               | 0,013                 | 2,340                       | 0,000              | -2,340                   |
| 07-jul       | 0,149               | 0,000                 | 0,000                       | 11,010             | 11,010                   |
| 08-jul       | 0,118               | -0,031                | -5,580                      | 16,560             | 22,140                   |
| 11-jul       | 0,125               | 0,008                 | 1,380                       | 0,000              | -1,380                   |
| 12-jul       | 0,122               | -0,003                | -0,540                      | 0,000              | 0,540                    |
| 13-jul       | 0,120               | -0,003                | -0,480                      | 0,450              | 0,930                    |
| 14-jul       | 0,099               | -0,020                | -3,660                      | 0,800              | 4,460                    |
| 15-jul       | 0,064               | -0,035                | -6,360                      | 1,120              | 7,480                    |
| 16-jul       | 0,059               | -0,005                | -1,120                      | 4,880              | 6,000                    |
| 17-jul       | 0,066               | 0,006                 | 1,520                       | 0,000              | -1,520                   |
| 18-jul       | 0,072               | 0,007                 | 1,600                       | 7,240              | 5,640                    |
| 19-jul       | 0,068               | -0,004                | -1,040                      | 0,000              | 1,040                    |
| 20-jul       | 0,064               | -0,004                | -0,880                      | 5,840              | 6,720                    |
| 21-jul       | 0,069               | 0,005                 | 1,200                       | 0,000              | -1,200                   |
| 22-jul       | 0,075               | 0,006                 | 1,360                       | 5,400              | 4,040                    |
| 23-jul       | 0,075               | 0,000                 | 0,080                       | 5,200              | 5,120                    |
| 25-jul       | 0,081               | 0,006                 | 1,360                       | 2,520              | 1,160                    |
| 30-jul       | 0,127               | 0,046                 | 11,120                      | 0,000              | -11,120                  |
| 31-jul       | 0,130               | 0,003                 | 0,640                       | 1,280              | 0,640                    |
| <b>Total</b> | <b>2,234</b>        | <b>-0,011</b>         | <b>2,040</b>                | <b>91,82</b>       | <b>89,78</b>             |

**Anexo 36. Balance hídrico para el mes de agosto al 10% de CC**

| FECHA  | Promedio<br>10 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-ago | 0,110               | -0,020                | -4,800                      | 0,000              | 4,800                    |
| 02-ago | 0,090               | -0,020                | -4,720                      | 1,650              | 6,370                    |
| 03-ago | 0,073               | -0,018                | -4,240                      | 5,800              | 10,040                   |
| 04-ago | 0,081               | 0,009                 | 2,080                       | 5,000              | 2,920                    |
| 05-ago | 0,079               | -0,003                | -0,640                      | 0,000              | 0,640                    |
| 06-ago | 0,076               | -0,002                | -0,560                      | 3,720              | 4,280                    |
| 07-ago | 0,077               | 0,000                 | 0,080                       | 5,000              | 4,920                    |
| 08-ago | 0,078               | 0,001                 | 0,320                       | 5,000              | 4,680                    |
| 11-ago | 0,068               | -0,010                | -2,480                      | 2,270              | 4,750                    |
| 12-ago | 0,110               | 0,042                 | 10,160                      | 1,440              | -8,720                   |
| 13-ago | 0,089               | -0,021                | -5,040                      | 1,000              | 6,040                    |
| 14-ago | 0,073               | -0,016                | -3,760                      | 2,080              | 5,840                    |
| 15-ago | 0,057               | -0,016                | -3,840                      | 7,120              | 10,960                   |
| 18-ago | 0,081               | 0,024                 | 5,760                       | 2,640              | -3,120                   |
| 22-ago | 0,070               | -0,011                | -2,720                      | 5,840              | 8,560                    |
| 23-ago | 0,079               | 0,009                 | 2,160                       | 5,400              | 3,240                    |
| 24-ago | 0,052               | -0,027                | -6,480                      | 2,680              | 9,160                    |
| 27-ago | 0,060               | 0,008                 | 1,920                       | 4,440              | 2,520                    |
| 28-ago | 0,063               | 0,003                 | 0,720                       | 0,000              | -0,720                   |

|              |              |               |                |              |              |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|--------------|
| 29-ago       | 0,066        | 0,003         | 0,800          | 3,680        | 2,880        |
| <b>Total</b> | <b>1,533</b> | <b>-0,064</b> | <b>-15,280</b> | <b>64,76</b> | <b>80,04</b> |

**Anexo 37.** Balance hídrico para el mes de septiembre al 10% de CC

| FECHA        | Promedio<br>10 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 01-sep       | 0,084               | 0,018                 | 4,240                       | 1,560              | -2,680                   |
| 02-sep       | 0,086               | 0,002                 | 0,560                       | 3,920              | 3,360                    |
| 03-sep       | 0,086               | 0,000                 | 0,000                       | 0,360              | 0,360                    |
| 04-sep       | 0,086               | 0,000                 | 0,000                       | 1,360              | 1,360                    |
| 05-sep       | 0,086               | -0,001                | -0,160                      | 1,360              | 1,520                    |
| 08-sep       | 0,073               | -0,012                | -2,960                      | 2,840              | 5,800                    |
| 09-sep       | 0,133               | 0,060                 | 14,400                      | 0,960              | -13,440                  |
| 14-sep       | 0,050               | -0,083                | -20,000                     | 5,880              | 25,880                   |
| 17-sep       | 0,069               | 0,019                 | 4,560                       | 3,360              | -1,200                   |
| 22-sep       | 0,073               | 0,004                 | 1,040                       | 3,080              | 2,040                    |
| 25-sep       | 0,041               | -0,032                | -7,760                      | 4,480              | 12,240                   |
| 26-sep       | 0,041               | 0,000                 | 0,000                       | 0,000              | 0,000                    |
| 29-sep       | 0,066               | 0,025                 | 5,920                       | 1,440              | -4,480                   |
| <b>Total</b> | <b>0,975</b>        | <b>-0,001</b>         | <b>-0,160</b>               | <b>30,600</b>      | <b>30,760</b>            |

**Anexo 38.** Balance hídrico para el mes de octubre al 10% de CC

| FECHA        | Promedio<br>10 % CC | Dif. Humedad<br>m3/m3 | Dif. Humedad<br>Lam. Equiv. | Lam. Riego<br>(mm) | ET (mm)<br>ET = R - (DH) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|
| 05-oct       | 0,044               | 0,044                 | 10,480                      | 1,240              | -9,240                   |
| 10-oct       | 0,049               | 0,006                 | 1,360                       | 0,000              | -1,360                   |
| <b>Total</b> |                     |                       | <b>11,84</b>                | <b>1,24</b>        | <b>-10,60</b>            |

**Anexo 39.** El ensayo dentro del walipini



**Anexo 40.** La sonda Theta



**Anexo 41. Genotipo 1 (EDK – 4)**



| <b>Observaciones 60% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b> | <b>3era ESR (llenado de rano)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                     | 7 días                            |
| Tiempo de recuperación      | 40 minutos                     | 24 hrs.                    | 1 día                             |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y panoja    | Caída de Hojas y panoja.          |

| <b>Observaciones 30% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>    | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>          |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                        | 7 días                                     |
| Tiempo de recuperación      | 50 minutos                     | 24 hrs.                       | 1 día                                      |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y tallo panoja | Caída de Hojas, panoja y doblado del tallo |

| <b>Observaciones 10% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b>          | <b>2da ESR (Floración)</b>    | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>           |
|-----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                                  | 5 días                        | 7 días                                      |
| Tiempo de recuperación      | 55 minutos                              | 1día y 15 minutos.            | 1 día y 30 minutos                          |
| Características             | Hojas con marchites intensa, arrugadas. | Caída de Hojas y tallo panoja | Caída de Hojas, panoja y doblado del tallo. |



## Anexo 42. Genotipo 2 (Real Pandela)



| <b>Observaciones 60% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b> | <b>3era ESR (llenado de rano)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                     | 6 días                            |
| Tiempo de recuperación      | 40 minutos                     | 24 hrs.                    | 1 día y 30 minutos                |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y panoja    | Caída de Hojas y panoja.          |

| <b>Observaciones 30% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b> | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>          |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                     | 6 días                                     |
| Tiempo de recuperación      | 50 minutos                     | 24 hrs.                    | 1 día y 30 minutos                         |
| Características             | Caída de hojas                 | Caída de Hojas             | Caída de Hojas, panoja y doblado del tallo |

| <b>Observaciones 10% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b>          | <b>2da ESR (Floración)</b>    | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>           |
|-----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                                  | 5 días                        | 6 días                                      |
| Tiempo de recuperación      | 55 minutos                              | 1 día y 15 minutos.           | 1 día y 30 minutos                          |
| Características             | Hojas con marchites intensa, arrugadas. | Caída de Hojas y tallo panoja | Caída de Hojas, panoja y doblado del tallo. |

**Anexo 43. Genotipo 3 (Variedad Chucapca)**



| <b>Observaciones 60% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b> | <b>3era ESR (llenado de rano)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 6 días                     | 8 días                            |
| Tiempo de recuperación      | 20 minutos                     | 30 minutos                 | 55 minutos                        |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y panoja    | Caída de Hojas y panoja.          |

| <b>Observaciones 30% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>            | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>                |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 6 días                                | 8 días   |
| Tiempo de recuperación      | 30 minutos                     | 30 minutos                            | 1 hrs.   |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y doblado de la panoja | defoliación de Hojas, panoja y doblado del tallo |

| <b>Observaciones 10% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>                | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>                 |
|-----------------------------|--------------------------------|---|---|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 6 días                                    | 7 días  |
| Tiempo de recuperación      | 45 minutos                     | 50 minutos                                | 2 hrs.  |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas, panoja arqueado del tallo | Defoliación, caída de panoja y doblado del tallo. |

**Anexo 44. Genotipo 4 (L – 320)**



| <b>Observaciones 60% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b> | <b>3era ESR (llenado de rano)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                     | 6 días                            |
| Tiempo de recuperación      | 40 minutos                     | 24 hrs. minutos            | 1 día                             |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y panoja    | Caída de Hojas y panoja.          |

| <b>Observaciones 30% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>            | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>                |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                                | 6 días   |
| Tiempo de recuperación      | 50 minutos                     | 24 hrs.                               | 1 día y 20 minutos                               |
| Características             | Caída de hojas                 | Caída de Hojas y doblado de la panoja | Defoliación de Hojas, panoja y doblado del tallo |

| <b>Observaciones 10% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>           | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>                 |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                               | 6 días  |
| Tiempo de recuperación      | 55 minutos                     | 24 hrs.                              | 1 día y 30 minutos                                |
| Características             | Caída de hojas                 | Caída de Hojas, doblado de la panoja | Defoliación, caída de panoja y doblado del tallo. |

**Anexo 45. Genotipo 5 (Accesión 1560)**



| <b>Observaciones 60% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b> | <b>3era ESR (llenado de rano)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                     | 6 días                            |
| Tiempo de recuperación      | 40 minutos                     | 24 hrs. minutos            | 1 día                             |
| Características             | normal                         | Caída de Hojas y panoja    | Caída de Hojas y panoja.          |

| <b>Observaciones 30% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>            | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>        |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                                | 6 días                                   |
| Tiempo de recuperación      | 50 minutos                     | 24 hrs.                               | 1 día y 20 minutos                       |
| Características             | Caída de hojas                 | Caída de Hojas y doblado de la panoja | Defoliación de Hojas y doblado del tallo |

| <b>Observaciones 10% CC</b> | <b>1era ETS (ramificación)</b> | <b>2da ESR (Floración)</b>           | <b>3era ESR (llenado de rano)</b>                 |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---|
| Días en déficit hídrico     | 9 días                         | 5 días                               | 6 días  |
| Tiempo de recuperación      | 55 minutos                     | 24 hrs.                              | 1 día y 30 minutos                                |
| Características             | Caída de hojas                 | Caída de Hojas, doblado de la panoja | Defoliación, caída de panoja y doblado del tallo. |