



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA DE POST GRADO  
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA  
ESPECIALIDAD EN AGROECOLOGÍA**



**“EVALUACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) A BAJAS TEMPERATURAS  
EN LARAQUERI - PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ARENICIO AUGUSTO MORA CASTRO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGÍSTER SCIENTIAE EN AGROECOLOGIA**



**PUNO - PERÚ**

**2011**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

---

BIBLIOTECA CENTRAL

Fecha Ingreso: 02 OCT. 2012

N° 00208

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA  
ESPECIALIDAD AGROECOLOGIA**

**TESIS**


Tesis presentada por

**ARENICIO AUGUSTO MORA CASTRO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN AGROECOLOGIA**

Aprobado por el Jurado Revisor por:

PRESIDENTE

  
M. Sc. DANIEL CANAZA MAMANI

1<sup>er</sup>. MIEMBRO

  
M. Sc. ELISBAN URIEL HUANCA QUIROZ

2<sup>do</sup>. MIEMBRO

  
M. Sc. JUNO MACARIO CHOQUE LAZARO

ASESOR

  
Dr. RAMON SERRUTO COLQUE

PUNO - PERU

2011

## **AGRADECIMIENTO**

A los Doctores, RAMON SERRUTO COLQUE, VLADIMIRO IBAÑEZ QUISPE, por su participación en el asesoramiento del presente trabajo.

A la Escuela de Post Grado de la Maestría en Agricultura Andina, Especialidad Agroecología de la UNA-PUNO, por la oportunidad que me brindó para realizar mis estudios.

Al Ing. Amadeo Dueñas Dueñas y al Ing. Luis Pauro Flores, por el apoyo constante en todo momento para la culminación del presente trabajo de investigación.

A todas las personas que directa o indirectamente han colaborado en la ejecución del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor y gratitud  
A mi Esposa María Sabina  
Por su apoyo y comprensión.

A mis hijos: Jannira Zoraya y César  
Augusto, ejemplos de superación.

## CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| INDICE DE CUADROS.....                                      | viii |
| INDICE DE FIGURAS.....                                      | x    |
| RESUMEN.....  | xi   |
| ABSTRACT.....   | xiii |
| INTRODUCCION.....   | 1    |
| CAPITULO I.....   | 3    |
| PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACION.....                       | 3    |
| 1.1 Planteamiento del problema objeto de investigación..... | 3    |
| 1.2 Objetivos.....  | 4    |
| 1.3 Antecedentes.....                                       | 5    |
| 1.4 Justificación.....                                      | 6    |
| CAPITULO II.....  | 8    |
| MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....                               | 8    |
| 2.1 Taxonomía.....  | 8    |
| 2.1.1 Sinonimia.....  | 8    |
| 2.2 Descripción botánica.....                               | 9    |
| 2.2.1 Raíz.....   | 9    |
| 2.2.2 Tallo.....  | 9    |
| 2.2.3 Hojas.....  | 10   |
| 2.2.4 Inflorescencia.....                                   | 10   |
| 2.2.5 Flores.....   | 11   |
| 2.2.6 Fruto.....  | 11   |
| 2.2.7 Semilla.....  | 12   |
| 2.3 Fases Fenológicas de la Quinua.....                     | 13   |
| 2.3.1 Emergencia.....                                       | 13   |
| 2.3.2 Ramificación.....                                     | 13   |
| 2.3.3 Panojamiento.....                                     | 14   |
| 2.3.4 Floración.....  | 14   |
| 2.3.5 Formación de granos.....                              | 14   |
| 2.3.6 Maduración.....                                       | 14   |
| 2.4 Ecología y Fisiología de la Quinua .....                | 15   |
| 2.5 Comportamiento de las Heladas.....                      | 16   |

|                          |   |           |
|--------------------------|---|-----------|
| 2.5.1                    | Heladas.....  | 16        |
| 2.5.2                    | Tipos de Congelamiento.....                                     | 19        |
| 2.6                      | Factores que Influyen en la Intensidad de Daño por Heladas..... | 20        |
| 2.7                      | Daño de las Heladas a Nivel Celular.....                        | 22        |
| 2.8                      | Resistencia de la Quinoa a las Heladas.....                     | 24        |
| 2.9                      | Planta Resistente a las Heladas.....                            | 25        |
| 2.10                     | Métodos de Selección en Quinoa para Resistencia a Heladas.....  | 27        |
| <b>CAPITULO III.....</b> |   | <b>28</b> |
| <b>METODOLOGÍA.....</b>  |   | <b>28</b> |
| 3.1                      | Materiales y Métodos.....                                       | 28        |
| 3.1.1                    | Lugar Experimental.....   | 28        |
| 3.2                      | Condiciones Climáticas.....                                     | 28        |
| 3.2.1                    | Temperaturas.....   | 29        |
| 3.2.2                    | Precipitaciones Pluviales.....                                  | 30        |
| 3.3                      | Material Experimental.....                                      | 31        |
| 3.3.1                    | Semilla de Genotipos de Quinoa.....                             | 31        |
| 3.3.2                    | Suelo del Campo Experimental.....                               | 32        |
| 3.3.3                    | Abonos Orgánicos.....   | 34        |
| 3.4                      | Tratamientos en Estudio.....                                    | 34        |
| 3.5                      | Variables de Respuesta.....                                     | 35        |
| 3.6                      | Conducción del Experimento.....                                 | 35        |
| 3.6.1                    | Preparación del Suelo.....                                      | 35        |
| 3.6.2                    | Surcado y Marcado.....  | 35        |
| 3.6.3                    | Siembra .....   | 36        |
| 3.6.4                    | Labores Culturales.....   | 36        |
| 3.6.5                    | Labores de Cosecha.....   | 36        |
| 3.7                      | Metodología de Evaluación de Variables.....                     | 37        |
| 3.7.1                    | Porcentaje de Daño en General de heladas en la planta.....      | 37        |
| 3.7.2                    | Fases Fenológicas durante la incidencia de heladas.....         | 38        |
| 3.8                      | Análisis estadístico.....                                       | 39        |
| 3.8.1                    | Estadística Descriptiva.....                                    | 39        |
| 3.8.2                    | Diseño Experimental.....  | 39        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPITULO IV.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>40</b> |
| 4.1 Grado de Tolerancia de Genotipos de Quinoa a Heladas.....               | 40        |
| 4.1.1 Porcentaje con Daño en Fase Fenológica de Inicio de Panojamiento..... | 41        |
| 4.1.2 Porcentaje sin Daño en Fase Fenológica de Inicio de Panojamiento..... | 44        |
| 4.2 Daños de Heladas en Planta de Quinoa.....                               | 46        |
| 4.2.1 Altura de Planta en Evaluación de Daños.....                          | 46        |
| 4.3 Altura de Planta en Cosecha.....  | 49        |
| 4.4 Diámetro de Panoja.....   | 52        |
| 4.5 Producción de Materia Seca.....   | 56        |
| 4.6 Rendimiento de Grano.....   | 58        |
| 4.6.1 Peso de 1000 Granos para 10 Genotipos de Quinoa.....                  | 61        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>66</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>72</b> |



## ÍNDICE DE CUADROS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>CUADRO Nº. 1:</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS GENOTIPOS DE QUINUA.....   | 32   |
| <b>CUADRO Nº. 2:</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL LARAQUERI - PUNO, CAMPAÑA AGRÍCOLA 2003-2004.....                             | 33   |
| <b>CUADRO Nº. 3:</b> RELACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA EN ESTUDIO.....  | 34   |
| <b>CUADRO Nº. 4:</b> ESCALA DE EVALUACIÓN EN CAMPO PARA DAÑOS POR HELADAS.....   | 37   |
| <b>CUADRO Nº. 5:</b> FASES FENOLÓGICAS OBSERVABLES DURANTE LAS HELADAS (LARAQUERI-PUNO).....   | 38   |
| <b>CUADRO Nº. 6:</b> GRUPO DE GENOTIPOS DE QUINUA RESISTENTE, TOLERANTE Y SUSCEPTIBLE A HELADAS (LARAQUERI-PUNO).....  | 40   |
| <b>CUADRO Nº. 7:</b> PROMEDIO GENERAL DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LOS 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....   | 42   |
| <b>CUADRO Nº. 8:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA PORCENTAJE DAÑO HELADA-14.2°C (LARAQUERI-PUNO).....   | 42   |
| <b>CUADRO Nº. 9:</b> PROMEDIO GENERAL DEL PORCENTAJE DE PLANTAS SIN DAÑO DE LOS GENOTIPOS DE QUINUA EN ESTUDIO (LARAQUERI-PUNO).....                         | 45   |
| <b>CUADRO Nº. 10:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA PLANTAS SIN DAÑO DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....                                   | 45   |
| <b>CUADRO Nº. 11:</b> PROMEDIO GENERAL DE ALTURA DE PLANTA AL MOMENTO DE LA EVALUACION AL TERCER DIA DE HABERSE PRESENTADO LAS HELADAS (LARAQUERI-PUNO)..... | 47   |
| <b>CUADRO Nº. 12:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA ALTURA DE PLANTA CON DAÑO (EVALUACIÓN) (LARAQUERI-PUNO).....                                       | 48   |
| <b>CUADRO Nº. 13:</b> PROMEDIO GENERAL DE ALTURA DE PLANTA EN LA COSECHA (LARAQUERI-PUNO).....   | 50   |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CUADRO N° 14:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA ALTURA DE PLANTA EN LA COSECHA DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO)..... | <b>50</b> |
| <b>CUADRO N° 15:</b> PROMEDIO GENERAL DE DIÁMETRO DE PANOJA DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....                             | <b>52</b> |
| <b>CUADRO N° 16:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA DIÁMETRO DE PANOJA 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....                | <b>53</b> |
| <b>CUADRO N° 17:</b> DAÑOS DE HELADAS EN LOS ÓRGANOS DE LA PLANTA DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO) (LARAQUERI-PUNO).....                      | <b>55</b> |
| <b>CUADRO N° 18:</b> PROMEDIO GENERAL PESO DE MATERIA SECA 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....                                 | <b>56</b> |
| <b>CUADRO N° 19:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA PESO DE MATERIA SECA DE GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....              | <b>57</b> |
| <b>CUADRO N° 20:</b> PROMEDIO GENERAL DE RENDIMIENTO DE GRANO DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....                           | <b>59</b> |
| <b>CUADRO N° 21:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....           | <b>59</b> |
| <b>CUADRO N° 22:</b> PROMEDIO GENERAL DE 1000 GRANOS (g.) DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....                               | <b>62</b> |
| <b>CUADRO N° 23:</b> PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN PARA PESO DE 1000 GRANOS DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).....            | <b>62</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág.      |
|--|-----------|
| <b>FIGURA Nº. 1:</b> DATOS DE TEMPERATURA DE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2003-2004 Y LA SERIE HISTÓRICA DE 10 AÑOS (LARAQUERI-PUNO).....           | <b>30</b> |
| <b>FIGURA Nº. 2:</b> DATOS DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2003-2004 Y LA SERIE HISTÓRICA DE 10 AÑOS (LARAQUERI-PUNO)..... | <b>31</b> |
| <b>FIGURA Nº. 3:</b> DAÑO POR HELADAS EN INICIO DE PANOJAMIENTO POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....  | <b>43</b> |
| <b>FIGURA Nº. 4:</b> SIN DAÑO POR HELADAS EN INICIO DE PANOJAMIENTO POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....                                    | <b>46</b> |
| <b>FIGURA Nº. 5:</b> ALTURA DE PLANTA CON DAÑO DE HELADAS POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....  | <b>49</b> |
| <b>FIGURA Nº. 6:</b> ALTURA DE PLANTA EN LA COSECHA POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....  | <b>51</b> |
| <b>FIGURA Nº. 7:</b> DIÁMETRO DE PANOJA POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO)...  | <b>54</b> |
| <b>FIGURA Nº. 8:</b> MATERIA SECA POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....  | <b>58</b> |
| <b>FIGURA Nº. 9:</b> RENDIMIENTO EN GRANO POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....  | <b>60</b> |
| <b>FIGURA Nº. 10:</b> PESO DE 1000 GRANOS POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).....  | <b>63</b> |

## RESUMEN

El trabajo de investigación sobre selección por resistencia a heladas de genotipos de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*), se realizó durante la Campaña Agrícola 2003-2004 en el Distrito de PICHACANI – LARAQUERI, Provincia y Departamento de PUNO a una altitud de 3900 m.s.n.m, ubicado geográficamente a 16°09'16.9" de Latitud Sur y 70° 03'59.7" de Longitud Oeste, con el objeto de evaluar 10 genotipos de quinua resistentes a las heladas.

Las características físicas del campo experimental fueron: área total 525 m<sup>2</sup> (25m x21m), con un distanciamiento entre surcos de 0.40m, área de cada parcela de 6.40 m<sup>2</sup> (4.00m x 1.60m), la densidad de siembra fue de 10 kg/ha; la siembra se realizó el 20 de Setiembre del 2003, las observaciones y la toma de datos se realizó el 17 de diciembre del 2003, después de dos días de haberse presentado el fenómeno de las heladas de mayor intensidad, en el orden de -14.2°C, que se presentó el 15/12/03. Posteriormente en los meses de enero febrero y marzo si se presentaron más heladas pero de menor intensidad, cuyo comportamiento se normalizó favoreciendo al cultivo para su recuperación de los daños sufridos; finalmente el resto de las evaluaciones se realizó durante la cosecha en mayo del 2004.

De los 10 genotipos evaluados, se ha tenido tres grupos por su tolerancia: Resistentes, ya que las plantas no presentaron daños (AYA\_PBE, LP\_7K, AYA\_PLO y AYA\_NEG); Tolerantes, debido a que las plantas presentaron daños

considerables en hojas, tallos y panoja quemada (G03\_0097 y AYA\_POS) y susceptibles donde las plantas tuvieron daños de mayor intensidad en tallos, hojas y panoja quemada, además se tuvo la pérdida de hojas y hubo plantas de menor tamaño ya que fue afectado (G03\_126, G03\_112, G03\_113 y G03\_111).

Se ha tenido diferencias en altura de planta con daño, todos los genotipos tuvieron más de 30 cm a excepción del genotipo G03\_126; en diámetro de panoja, los genotipos AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS, G03\_0097 y AYA\_PBE, tuvieron de 5.00 cm a 7.75 cm; y en peso el genotipo LP\_7K, posee 3.2 g/1000 Granos; y los genotipos AYA\_NEG, AYA\_PLO, AYA\_POS, G03\_0097 y AYA\_PBE, poseen de 2.86 a 2.99 g/1000 granos.

Los resultados señalan que de los 10 genotipos estudiados de selección por resistencia a heladas con mejores rendimientos de grano son AYA\_NEG (AYARA NEGRO) con 1.925 t/ha, AYA\_PLO (AYARA PLOMO) 1.925 t/ha, LP\_7K (LP\_7K) con 1.85 t/ha, AYA\_POS (AYARA PARDO OSCURO) con 1.38 t/ha, AYA\_PBE (AYARA PARDO BEYGE) con 1.712 t/ha, mientras que los demás genotipos G03\_0097, G03\_112, G03\_111, G03\_113 y G03\_126, tuvieron bajos rendimientos (0.725 t/ha a 0.400 t/ha). El peso de materia seca (t/ha) mayor a 2t/ha, tuvieron los genotipos AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_NEG, AYA\_POS, AYA PBE y G03\_0097., mientras que los demás genotipos están dentro del rango de 1.463 a 1.343 t/ha.

**PALABRAS CLAVE:** Selección, Evaluación, Resistencia, Heladas, Genotipos de quinua.

## ABSTRACT

The research on frost resistance selection of genotypes of Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*), was conducted during the 2003-2004 agricultural period the District of Pichacani - LARAQUERI, Province and Department of Puno at an altitude of 3900 m, located geographically at 16°09'16 .9 "south latitude and 70°03'59 .7" West Longitude, in order to evaluate genotypes resistant to frost quinoa, a group of 10 genotypes of quinoa.

The physical characteristics of the experimental field were: total area 525 m<sup>2</sup> (25 m x21 m) with a row spacing of 0.40m, the plot area of 6.40 m<sup>2</sup> (4.00mx 1.60m) with sow density of 10 kg / ha, the trial was established on 20 September 2003, observations and data collection was carried out on December 17, 2003, after two days of the presence of greater frost intensity phenomenon in the order of -14.2 ° C presented on 15/12/2003. Later in the months of January February and March there were frost but the minor intensity, whose behavior, is encouraging the cultivation normalized for recovery of damages, and finally the rest of the evaluations were conducted during the harvest in May 2004.

Of the 10 genotypes to try out we selected three groups for his tolerance: Resistant, since the plants did not present damages; (AYA\_PBE, LP\_7K, AYA\_PLO y AYA\_NEG); tolerant, because the plants showed considerable damages in leaves, stems and panicle burned-out (G03\_0097 y AYA\_POS) ; and susceptible where the plants had principal's damages intensity in stems, leaves and panicle burned-out, besides one had the leaves loss and there were short size

plants since they were affected (G03\_126, G03\_112, G03\_113 y G03\_111).

They have had differences in high plants damaged, all of the genotypes had over 30 cm with the exception of the genotype G03\_126; in panicle diameter, the genotypes AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS, G03\_0097 y AYA\_PBE, they had from 5.00 to 7.75 cm; and in grains weight, the genotype, LP\_7K had 3.2 g/1000 grains, and the genotypes, AYA\_NEG, AYA\_PLO, AYA\_POS, G03\_0097 y AYA\_PBE, they possess of 2.86 to 2.99 g/1000 grains.

Aftermaths the results indicate that the from 10 studied selection genotypes for resistance to frosts with better yield of grain are AYA\_NEG (BLACK AYARA) with 1.925 t/ha, AYA\_PLO (GRAY AYARA) 1.925 t/ha, LP\_7K (LP\_7K ) with 1.85 t/ha, AYA\_POS (GRAY OBSCURO AYARA) with 1.38 t/ha, AYA\_PBE (GRAY BEIGE AYARA) with 1.7125 t/ha, while genotypes G03\_0097, G03\_112, G03\_111, G03\_113 y G03\_126 had lower yields than the rests ( 0.725 to 0.400 t/ha ). The dry- matter weight bigger to 2 t/ha, had genotypes AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_NEG, AYA\_POS, AYA PBE y G03\_0097, while the rest genotypes are among the rank from 1.463 to 1.343 t/ha.

**KEY WORDS:** Selection, Evaluation, Resistance, Frosts, quinoa genotypes.

## INTRODUCCIÓN

La Quinoa es una de las especies cultivadas que no han sufrido manipuleo genético, muchas de las variedades son tradicionales y con rendimientos muy bajos, que oscilan por lo general de 600-800 kg/ha. (Tapia 1976). Además es una especie que posee gran variabilidad y diversidad, con elevadas cualidades nutricionales, fundamentalmente el de su proteína, considerada superior a la de los cereales. Este cultivo puede adaptarse muy fácilmente a las nuevas exigencias de los mercados por alimentos de origen orgánico. Al igual que la papa, maíz, amaranto, lupino, oca, olluco, mashua y muchos otros cultivos andinos fue base nutricional en las principales culturas americanas, razón por la cual la quinoa pasó a constituirse en un cultivo marginal practicado por las comunidades campesinas, con tecnologías propias de la cultura andina (Apaza y Delgado, 2005).

El Perú como muchos países de América Latina, enfrentan graves problemas de nutrición como consecuencia del crecimiento poblacional en forma permanente; este crecimiento demográfico exige un incremento de la producción de alimentos para poder satisfacer las necesidades mínimas de nutrición. Frente a este problema, el consumo de la Quinoa se presenta como una alternativa favorable por su alto valor nutritivo y por su contenido de proteínas (15 a 20%), y por su contenido de aminoácidos esenciales tales como: Lisina, Isolecina, Valina, Tirocina y otros. (Mujica, 1993).

Las condiciones medio ambientales de las zonas agroecológicas del altiplano se caracterizan por su gran variabilidad espacial y temporal, la presencia de factores abióticos como: precipitaciones, variaciones de



temperaturas, sequías y heladas son los factores limitantes e importantes en la producción, estas ocurren con mayor frecuencia e intensidad por encima de los 3000 m.s.n.m.

El altiplano de Puno, por su naturaleza de alta montaña tropical, presenta condiciones climáticas y edáficas particulares que le confieren un ecosistema altamente frágil, caracterizado por sus fluctuaciones extremas de temperatura y predominio de heladas en gran parte del año, baja precipitación pluvial y suelos de baja fertilidad natural. Estos factores adversos son limitantes importantes de la producción de quinua. Las heladas ocurren en cualquier etapa fenológica del crecimiento de las plantas de quinua, causan pérdidas en la producción y en los ingresos de los agricultores, por ello reviste importancia seleccionar genotipos de quinua resistente y tolerante a heladas.

## **CAPITULO I**

### **POBLEMATICA DE LA INVESTIGACION**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION**

Existen muchas zonas altas de la Región Andina, en donde la presencia de heladas, es uno de los principales factores limitantes de la producción de quinua. Los rendimientos, por efecto de las heladas, disminuyen en un 20% a 40%, con extremos que llegan a la pérdida total de la producción (IBTA - CIID CANADA 1980; Limache 1992). Las heladas, es uno de los factores climáticos que tiene mayor importancia en la agricultura del Altiplano, ya que no hay un solo lugar en el Altiplano que esté libre de heladas, (Grace 1985).

Existen interrogantes referentes al comportamiento de la quinua frente a factores adversos como heladas. Para la presente investigación, se plantean las siguientes interrogantes:

**¿Cuál es la máxima intensidad de heladas que afecta a las plantas de quinua sin causar la muerte?**

Existen pocos estudios referentes al comportamiento de la quinua frente a heladas en diferentes fases fenológicas.

Canahua y Rea (1979), indican que la quinua no sufre daño por heladas durante las primeras fases de crecimiento (desde 6 hojas y antes del Panojamiento), pero es muy susceptible en la fase de panojamiento y floración. Murillo (1977), sostiene que la intensidad de daño de una helada depende de la mínima temperatura, duración, frecuencia de la helada y del estado fenológico.

### **¿Cómo es el comportamiento de los componentes de rendimiento de la quinua frente a las heladas?**

No se encontró ningún estudio referente a la sensibilidad de los componentes de rendimiento a diferentes intensidades de las heladas.

Limache (1990), indica que el rendimiento del grano, altura de planta, tamaño de grano disminuye en presencia de heladas.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar el comportamiento, rendimiento y seleccionar genotipos de quinua con resistencia a heladas considerando las diferentes fases fenológicas.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el grado de tolerancia de 10 genotipos de Quinua en estudio, a las heladas en diferentes estados fenológicos.
- Determinar el efecto de las heladas en los diferentes órganos de 10 genotipos de Quinua en porcentaje de daño.

- Determinar el efecto de las heladas en el rendimiento de materia seca y la producción de grano.

### 1.3 ANTECEDENTES

Limachi (1992), manifiesta que el rendimiento de semilla grano de los ecotipos tolerantes a heladas son: I-222, I-103, 03-07-607, LP-13K y 03-21-49 fueron de 1073, 877, 780, 657 hasta 524 kg/ha/sistema camellón respectivamente, en un estudio que se realizó en Caritamaya-Acora-Puno. Además indica que existe una relación inversa entre el grado de daño de heladas y rendimiento de grano, lo cual nos indica la influencia del daño de heladas en la productividad de la quinua, especialmente en la época de reproducción.

Quispe (1996), da a conocer que el ecotipo LP-3B da un mejor rendimiento con 4390 kg/ha. Otros genotipos alcanzan los rendimientos varían de 645.89 a 344.83 g/parcela; constituyen un grupo de 20 genotipos 03-08-864, 03-08-51, 03-2172RM, LP-4B, LP-7K, KANCOLLA, LP-2P, 03-2179BB, ECU-LP-4B, L-109, 4B-216, 03-08-263, CHUCAPACA, KAMIRI, 11-151-31M, 03-09-49, LF-3A2, y 03-08-906, estadísticamente con rendimientos igual a 1720 kg/ha, los cuales son importantes para la zona agroecológica suni alta.

Son pocos los trabajos que vinculan los efectos de las heladas con el crecimiento y desarrollo de la quinua, pero si es común los conceptos de que la quinua prospera mejor en los Andes altos y es resistente a la sequía. A nivel de Puno, solamente hay referencias del trabajo realizado por Ramos (1977), sobre el comportamiento y sensibilidad de 6 variedades de quinua en Laboratorio y el reporte de Canahua y Rea (1980) de la tolerancia a heladas, sí

estas ocurren antes de la floración, pero después de la floración el daño es significativo.

Cabe mencionar que los genotipos de quinua en estudio, contaran con evaluaciones frente al factor helada por lo que en el presente trabajo se plantea como propósito determinar el efecto de heladas durante las fases fenológicas y en condiciones de ambiente del agricultor así como seleccionar aquellos genotipos con mayor tolerancia a las heladas, para su cultivo en zonas o áreas con mayor frecuencia e intensidad de heladas, y futuros trabajos de mejoramiento.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La quinua es un cultivo muy importante en la evolución socioeconómica del poblador Andino, su rendimiento está determinado por factores bióticos (fitopestes) y abióticos (sequía, heladas y otros) que influyen adversamente en la producción y productividad.

La quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*), juega un papel importante en el suministro de energía y nutrientes esenciales para la dieta balanceada, especialmente de la población humana andina, puesto que aporta un porcentaje significativo de proteína entre un 15% a 20% y minerales (calcio, fósforo y hierro). En consecuencia, la quinua tiene la característica de poseer un alto valor proteico; además su contenido de Lisina y Metionina es adecuado y cobra particular interés cuando su consumo es combinado con alimentos de bajo contenido de aminoácidos azufrados (Mujica y Jacobsen, 1997).

La presencia de heladas, es uno de los principales factores limitantes de la producción de la quinua. Los rendimientos, por causa de las heladas,

disminuyen en un 20% al 40%, con extremos que llegan a la pérdida total de la producción (IBTA-CIID CANADA 1980 y Limache, 1992).

La helada es uno de los factores climáticos que tiene mayor importancia en la agricultura del Altiplano ya que no hay un solo lugar que esté libre de heladas; en Bolivia, aproximadamente el 40% de la superficie que se cultiva con quinua, se encuentra expuesto a heladas (IBTA-CIID CANADA 1980); en el Perú, anualmente se pierden alrededor de 25% a 50% del total de la superficie sembrada con quinua, por efecto de las heladas e inundaciones en áreas planas (Catacora y Canahua, 1991).

Por varios siglos se conoce la capacidad de tolerancia de la quinua a heladas, pero muy poco se ha estudiado sobre ella, considerando que la quinua es un recurso genético de gran valía para las zonas marginales, asimismo existen materiales tolerantes a heladas, es necesario conocer el comportamiento fenológico de la quinua frente a las heladas. Dicha información será muy valiosa para planificar la producción de quinua para que los períodos más sensibles coincidan con los meses de mejor frecuencia e intensidades mínimas, a fin de asegurar rendimientos adecuados y minimizar el riesgo de fracaso total. Además, para el mejoramiento de variedades tolerantes a factores adversos (heladas) es necesario conocer aspectos relacionados con la fisiología de las plantas como criterio de selección.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1 TAXONOMÍA

León (2003), da a conocer que este cultivo fue descrito por primera vez por el científico alemán Luis Christian Willdnow.

Reyno : Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Angiospermales

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiceas

Genero: *Chenopodium*

Sección: *Chenopodia*

Subsección: *Cellulata*

Especie: *Chenopodium quinua* Willd.

##### 2.1.1 SINONIMIA

León (2003), manifiesta la siguiente sinonimia:

- En Perú, es conocido únicamente como quinua.

- En Colombia la conocen con el nombre de quinua, suba, supha, pasca, uva, ulva, avala, juba y uca.
- En Bolivia, es conocida como quinua y algunas zonas la llaman jura, Piura.
- En Chile, la conocen como quinua, quínoa, Daule.
- En Ecuador quinua, juba, subacguque, ubaque, ubate.

## **2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

### **2.2.1 Raíz.**

El tipo de raíz es pivotante, terminando en raíz ramificado con una longitud de 25 a 30 cm., según el ecotipo, profundidad del suelo y altura de la planta; la raíz se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias (León, 2003).

### **2.2.2 Tallo**

Es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello cerca a la raíz y de una forma angulosa a la altura donde se insertan las ramas y hojas, estando dispuestas en las cuatro caras del tallo, la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza se lignifica, el color del tallo es variable, puede ser púrpura como la Pasankalla, blanco cremoso (Blanca de Juli) y con las axilas coloreadas como la blanca de Juli, en toda su longitud; colorada como la kancolla y otros colores según el ecotipo de cada zona (el color varia de



acuerdo a las fases fenológicas, se pueden diferenciar bien los colores en la floración). Cuando se tiene plantas monopodicas (de un solo tallo), se puede inducir cortando la yema apical para tener plantas simpodicas (de varios tallos); esta técnica se debe realizar antes del inicio de panojamiento. (León, 2003).

### **2.2.3 Hojas**

Son simples, enteras, esparcidas, glabras, pecioladas, sin estipulas, pinnatinervadas, presentan oxalatos de calcio o vesículas granulosas en el envés a veces en el haz; las cuales evitan la transpiración excesiva en caso de que se presentaran sequías. En la quinua, podemos notar que la hoja esta formada por una lamina y un pecíolo, los pecíolos son largos acanalados y finos, las hojas son polimorfas, las hojas inferiores son de forma romboidal o de forma triangular y las hojas superiores son lanceoladas que se ubican cerca de las panojas. Pueden tomar diferentes coloraciones, va del verde al rojo o púrpura (dependiendo de la variedad). (León, 2003).

La inserción de las hojas en el tallo es alterna, en cada nudo se observan de 5 a 12 hojas de acuerdo a cada variedad y la distancia entre nudos es de 0.8 a 4 cm. La hoja es por excelencia el órgano clorofiliano esencial de la respiración y la asimilación CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico). El número de dientes por hoja varía de 2 a 14 dependiendo de la variedad. (León, 2003).

### **2.2.4 Inflorescencia**

La inflorescencia es una panoja típica, constituida por un eje central, ejes secundarios y terciarios, que sostienen a los glomérulos (grupo de flores). La

longitud de la panoja varia entre 29 a 55 cm y el diámetro entre 6.0 y 12.7 cm. Cuando los glomérulos nacen del eje secundario, la panoja es glomerulada; si los glomérulos nacen de ejes terciarios, la panoja es amarantiforme y si los ejes son largos, la panoja es laxa (Apaza y delgado, 2005)

En algunas variedades no se tiene una diferencia clara y pueden ser ramificadas teniendo una forma cónica, el eje principal de la inflorescencia es de forma angulosa o piramidal y tiene dos surcos, donde se ubican las flores. De acuerdo a la forma de panoja; puede ser amarantiforme, glomerulada, y laxa. De acuerdo a la densidad de panoja que se presentan estas son considerados: compactas, semicompactas o semilaxas y laxas. (León, 2003).

#### **2.2.5 Flores**

En una misma inflorescencia pueden presentar flores hermafroditas (perfectas), femeninas y androésteriles (imperfectas). Generalmente se encuentra 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo esta conformado por 18 a 20 granos aproximadamente. Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro como en todas las Quenopodiáceas, son flores incompletas porque carecen de pétalos. Hay un grupo intermedio como la blanca de Juli, originaria de Puno, en el cual el grado de cruzamiento depende del porcentaje de flores pistiladas. (León, 2003).

#### **2.2.6 Fruto**

Es aquenio, el que se encuentra cubierto por el perigonio, que cuando se encuentra en estado maduro es de forma estrellada por los cinco tépalos que tiene la flor. El perigonio cubre solo una semilla y se desprende con facilidad al

frotarlo; el color del grano esta dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se encuentra la saponina que es un glucósido de sabor amargo; se ubica en la primera membrana.

### **2.2.7 Semilla**

Tiene forma lenticelada, que se encuentra envuelta por el perisperma, el tamaño de la semilla (grano) se considera grande cuando el diámetro es mayor a 2mm. Ej. Var. Sajama, salcedo-INIA, Illpa- INIA; mediano de diámetro 1.8 a 1.9 mm. Ej. Var. Kancolla, tahuaco, chewecca y pequeño menos de 1.7 mm. de diámetro. Ej. Choclo, Blanca de Juli. (León, 2003).

El pericarpio, está formado por tres capas, pegado a la semilla y contiene saponina en un rango de 0.2% - 5.1%. El pericarpio es suave en los ecotipos chilenos y duro en los demás ecotipos. Directamente bajo del pericarpio está el episperma, una membrana delgada que cubre al embrión. El embrión esta formado por los dos cotiledones y la radícula envuelve al perisperma en forma de anillo. (León, 2003).

El perisperma presenta la sustancia de reserva y contiene pequeños granos de almidón. Su color es siempre blanco. Cabe destacar que el embrión presenta la mayor proporción de la semilla (30 % de peso), mientras que en los cereales corresponde solamente al 1 %. De allí resulta el alto valor nutritivo de la quinua. (León, 2003).

Las semillas vienen dispuestas en panojas, éstas tienen entre 15 y 70 cm, puede llegar a un rendimiento de 220 g de granos por panoja. (León, 2003).

Los colores varían según la variedad y el estado fisiológico de la planta, así van del púrpura al rosado amarillo, del verde al amarillo pálido, etc. Los granos, cuyo color también varía (blanco, gris, rosado). (León, 2003).

### **2.3 FASES FENOLOGICAS DE LA QUINUA.**

El cultivo de quinua cumple un ciclo de desarrollo vital que va desde la germinación de la semilla hasta la maduración. Mujica y Canahua (1989), indican que el ciclo fenológico de la quinua tiene las siguientes etapas:

#### **2.3.1 Emergencia.**

Emergencia de plántulas del suelo y extensión de las hojas cotiledonales (7 a 10 días después de la siembra).

Dos hojas verdaderas completamente desarrolladas y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas (15 y 20 días después de la siembra).

a) Cuatro hojas verdaderas completamente desarrolladas y se encuentra en botón foliar el siguiente par de hojas (25 a 30 días después de la siembra).

b) Seis hojas verdaderas completamente desarrollada y se encuentra en botón foliar el siguiente par de hojas (35 a 40 días después de la siembra)

#### **2.3.2 Ramificación**

a) Desarrollo de tallos y hojas. Hay ocho hojas verdaderas y hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales caen (45 a 55 días después de la siembra).

### **2.3.3 Panojamiento**

- a) Inicio de Panojamiento, cuando la inflorescencia está en emergencia y presenta aglomeración de hojas a su alrededor (55 a 60 días después de la siembra).
- b) Panojamiento, cuando la inflorescencia con sus glomérulos es claramente visible (65 a 70 días después de la siembra).

### **2.3.4 Floración**

- a) Inicio en floración, cuando la flor hermafrodita se abre, mostrando los estambres (70 a 80 días después de la siembra).
- b) Plena floración o Antesis, cuando se encuentra abierta el 50% de las flores de la inflorescencia (90 a 100 días después de la siembra)

### **2.3.5 Formación de Granos.**

- a) Formación de grano lechoso, al ser presionados los granos explotan dejando salir un líquido lechoso (100 a 130 días después de la siembra)
- b) Formación de grano pastoso, al ser presionados los granos presentan una consistencia pastosa (130 a 160 días después de la siembra).

### **2.3.6 Maduración.**

- a) Madurez fisiológica, al ser presionado el grano por las uñas, presenta resistencia a la penetración (160 a 180 días después de la siembra)

## 2.4 ECOLOGIA Y FISILOGÍA DE LA QUINUA.

Gandarillas (1979), indica que la precipitación en las áreas de cultivo varía mucho, de 600 mm a 800 mm en los Andes Ecuatorianos, 400 mm a 500 mm en el Valle de Mantaro, 500 mm a 800 mm en la Región del Lago Titicaca, hasta 200 mm a 400 mm en regiones productoras de Bolivia como en el Altiplano Sur.

El factor más importante para el cultivo de la quinua es la temperatura mínima, normalmente la quinua se cultiva entre los 3000 a 4000 m.s.n.m. Esto indica que el riesgo de heladas nocturnas está presente durante todo el período de crecimiento (Gandarillas 1979, Álvarez 1990), indica que la temperatura mínima para una buena germinación es de 5°C, pero la planta puede sobrevivir a heladas de hasta -5°C. Canahua y Rea (1979), sostienen que desde cinco hojas y antes de Panojamiento, la quinua no sufre daño por heladas, en cambio es muy susceptible en la fase de Panojamiento y floración. Así Catacora y Canahua, (1991), sostienen que las quinuas resistentes a heladas seleccionadas por el INIAA, pueden soportar temperaturas de hasta -16°C en el estadio de crecimiento. Según Rea et al (1979), las heladas de -2°C, en la época de la fructificación pueden dañar seriamente a la planta y afectar a la producción. Por otro lado Apaza (1992), sostiene que las líneas tolerantes a heladas seleccionadas por el INIAA, pueden tolerar heladas de -4°C, en el estado de crecimiento, mientras que heladas de esta misma intensidad en floración pueden afectar seriamente el rendimiento final.

Fuller y Sívori (Gandarillas 1979), sostienen que la quinua requiere de un período de 15 días cortos para la inducción de la antesis. Además se encontró que existe una relación marcada entre fotoperíodo y temperatura, así:

Si se aumenta el número de días cortos y se eleva la temperatura se acorta el periodo entre germinación y antesis.

El índice de crecimiento en la quinua aumenta desde los 30 días de la germinación hasta los 60 días en forma uniforme para la variedad tardía y precoz, y a partir de esta época el índice de crecimiento se hace más lento para la variedad tardía, por lo que su período de crecimiento es de 210 días y de 180 para la variedad precoz. El índice de asimilación neta (IAN) se incrementa con la edad de la planta hasta alcanzar su valor máximo para la variedad precoz a los 90 días mientras que para la variedad tardía a los 120 días, luego se presenta una tendencia decreciente hasta cerca del final del ciclo, época en que se presenta una súbita recuperación. El incremento al final del ciclo coincidió con el llenado activo de grano, sin embargo la planta se encontraba casi sin hojas, esto significa que las hojas no fueron determinantes en la tasa de fotosíntesis, lo que indica que posiblemente la quinua es capaz de hacer fotosíntesis con otros órganos de la planta como tallos, o que las hojas apicales de la panoja son muy eficientes (Monteros 1992).

## **2.5 COMPORTAMIENTO DE LAS HELADAS**

Las temperaturas mínimas se registran antes de la salida del sol (5 ó 6 de la mañana), las heladas ocurren de madrugada, normalmente entre 2 a 6 de la mañana y pueden tener una duración de 1 a 6 horas. (Capelo 1997).

### **2.5.1 HELADAS.**

Grace (1985), cita que la Organización Meteorológica Mundial define como helada meteorológica, a la ocurrencia de una temperatura igual o menor

a 0°C, a dos metros de altura sobre el suelo. Desde el punto de vista agrícola, el concepto helada admite una interpretación más biológica, pudiendo considerar como tal, a los descensos térmicos capaces de causar daños a los tejidos vegetales, las cuales varían según las especies, variedades, estado fisiológico y sanitario, edad (Sánchez citado por Artundiaga 1980).

La helada agronómica es el descenso de la temperatura, no necesariamente por debajo de 0°C, que afecta a uno o varios cultivos, mientras que la helada meteorológica es el descenso de la temperatura por debajo de 0°C (Aquize 1967). Por lo que a la helada agronómica se la puede definir como la temperatura mínima que afecta sensiblemente al normal crecimiento y desarrollo de la planta afectando sus principales funciones y disminuyendo su potencial productivo (Grace 1985, Aquize 1987) y clasifican a las heladas por su tipo en:

- **Heladas advectivas o dinámicas (Freeze).**- son producidas por masas de aire que vienen de otras regiones, especialmente del Antártico y de las masas de aire que bajan de la cordillera de los Andes.
- **Heladas radiactivas o convectivas.**- Producido por el fenómeno de inversión térmica. En la región del Altiplano es el tipo de helada más común. Se presentan como heladas blancas y heladas negras.
- **Helada blanca.**- Ocurre cuando el aire está húmedo y usualmente se forma cristales de hielo en forma de escamas, agujas, plumas o en abanico sobre la superficie de las plantas.



- **Helada negra.-** Ocurre cuando el aire es muy seco y la temperatura de congelamiento del agua es alcanzada antes que se haya formado el rocío, aquí no hay formación de cristales de hielo, pero se congela el agua de los espacios existentes en cada célula.

- **Heladas mixtas.-** Es la combinación entre advectivas y radiactivas.

Grace (1985) y Aquize (1987), indican que las heladas en el Altiplano de Puno durante la época de cultivos tienen las características de las heladas de radiación, y no de las heladas por incursión de aire polar, por las características.

- Helada que, por producirse en periodos de cielo despejado, alternan con temperaturas diurnas elevadas.
- Heladas que disminuyen fuertemente o desaparecen con la llegada de nube y/o lluvia.
- Existencia de una fuerte gradiente de temperatura desde la superficie del suelo más fría hacia arriba (inversión térmica marcada).
- Heladas que varían de un lugar a otro.

En cambio, las características de las heladas advectivas son:

- La masa de aire polar es fría, tanto de día como de noche, es decir incompatible con altas temperaturas diurnas.
- La masa de aire polar es fría, tanto con nubes de lluvia, como con cielo despejado.
- La masa de aire polar es fría a cualquier altitud del suelo y no produce

ningún gradiente de temperatura cerca del suelo.

- Son masas de aire relativamente homogéneas, sin grandes diferencias entre lugares vecinos.

### 2.5.2 TIPOS DE CONGELAMIENTO.

Bajo condiciones de laboratorio se puede observar dos tipos de congelamiento en los tejidos vegetales: Intracelular y extracelular dependiendo si se forma hielo en el interior de la célula o en los espacios intercelulares, (Levitt, citado por Artundiaga, 1980).

- **Congelamiento extracelular.-** Consiste en la formación de hielo sobre la superficie de la célula o entre el protoplasma y la pared celular (extraplasmática). Al producirse este tipo de congelamiento el agua sale de las células hacia el espacio intercelular debido a un desequilibrio en el potencial químico entre las soluciones (deshidratación de la célula).

Inicialmente se creía que el daño por helada se producía por la ruptura de la membrana celular debido a la expansión del agua congelada dentro del citoplasma, pero hoy se conoce que la membrana se puede estirar si se expande el agua congelada (los tejidos no se rompen), el daño por helada es debido a la deshidratación de la célula, ya que la presión de vapor del agua celular es mayor que del hielo a la misma temperatura, razón por la cual el agua celular se difunde a través de la membrana plasmática hacia el hielo extracelular. A medida que el congelamiento avanza, el hielo provoca contracción celular debido a esta pérdida de agua (Levitt, citado por Artundiaga, 1980).

- **Congelamiento intracelular.**- El congelamiento intracelular (congelamiento interno de la célula), es muy raro que se presente en condiciones naturales, este tipo de congelamiento se produce por un congelamiento drástico y casi siempre es fatal para las plantas.

La enucleación de hielo intracelular generalmente no ocurre a menos que la célula sea congelada violentamente a por lo menos  $-10^{\circ}\text{C}$ .

El congelamiento intracelular produce la muerte de la célula probablemente por destrucción de biomembranas como resultado de un rápido crecimiento de cristales de hielo.

Según Mazur. (Bidwell 1992):

- Los cristales de hielo se forman afuera, no en el interior de los protoplastos.

Los solutos dentro de los protoplastos se concentran más, conforme el agua se elimina, si el refregamiento es robusto, los protoplastos pueden congelarse, si es lento se deshidratan.

- La precipitación o coagulación de los solutos concentrados tienen lugar en los protoplastos, pudiendo causar cambios en el pH si los compuestos ionizados se precipitan.

## **2.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INTENSIDAD DE DAÑO POR HELADAS**

Grace (1985) y Murillo (1977) sostienen que los factores que influyen en el daño por heladas son:

- **Temperatura, tiempo de exposición de la helada.**

Una helada de  $-3^{\circ}\text{C}$  de 10 horas puede hacer más daño en un cultivo que una helada de  $-10^{\circ}\text{C}$  de 1 hora.

Los daños son mayores luego de un periodo largo de congelamiento, que si el mismo congelamiento se realiza a intervalos cortos

- **Velocidad de congelación y descongelación de los tejidos.**

El congelamiento y descongelación lenta causa menos daño a los tejidos que un cambio rápido de temperatura. Si la velocidad a la cual desciende la temperatura es lenta y permite el movimiento del agua, hacia fuera del protoplasma, se alcanzan temperaturas bastante bajas sin que ocurra congelación intracelular, mientras mayor sea la cantidad de agua en el protoplasma, mayor será la posibilidad de formación de hielo intracelular, por eso, con descensos rápidos de temperatura que no facilitan la difusión de agua al exterior de la célula, las posibilidades de congelamiento son mayores.

- **Nutrición mineral**

Altas dosis de nitrógeno aumentan el vigor y desarrollo de la planta pero la predisponen a un mayor daño por congelamiento, mientras que altas dosis de potasio dan a la planta más tolerancia al efecto de bajas temperaturas

- **Etapas fenológicas de la planta**

El daño por helada depende de la etapa fenológica en la que ocurre la helada, siendo resistente en la etapa de crecimiento y susceptible durante la floración y llenado del grano.

- **Genotipo**

La constitución genética tiene preponderancia de la resistencia de heladas.

- **Pre acondicionamiento de la planta**

EL cultivo ha sufrido con anterioridad heladas de diferente intensidad y duración, la planta ha desarrollado mecanismos de defensa que le permitirá defenderse con mayor ventaja de las próximas heladas.

## **2.7 DAÑO DE LAS HELADAS A NIVEL CELULAR**

Levitt, (Artundiaga, 1980) al estudiar los efectos del enfriamiento de tejidos foliares encontró descensos en el contenido de sulfidrilos (-SH) y aumento de los disulfuros (S-S), con esta observación dio base a su hipótesis que el daño por congelamiento se debe al rompimiento de enlaces protoplasmáticos, lo cual causa desdoblamiento y desnaturalización de proteínas, la formación de enlaces disulfuros entre moléculas de proteínas, además señala que otras alteraciones pueden ser la reducción del contenido del agua celular, aumento en la concentración de solutos y su consecuente precipitación, plasmólisis, cambio de pH, alteración en las propiedades de la membrana, los cambios de pH ocasionan modificaciones de la actividad enzimática, lo cual interfiere en el metabolismo normal. Si los cambios de pH son muy drásticos puede haber precipitación de proteínas.

Mc Daniel (1991) sostiene que la principal respuesta fisiológica de las plantas a las heladas es la alteración en la permeabilidad de la membrana y los efectos fisiológicos asociados. Una de las principales medidas universales de

daño a la planta debido a las bajas temperaturas, es la pérdida de electrolitos de la savia celular. La pérdida de electrolitos como son azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, proteínas y otros solutos es característica del daño celular causado por las heladas. La pérdida de electrolitos altera en forma negativa su permeabilidad.

Lyons et al (Mc Daniel, 1991), sostienen que las bajas temperaturas produce una alteración en la estructura física de la membrana celular, que básicamente constituye una transición de fase de un estado "líquido – cristalino "flexible", en la cual la permeabilidad puede controlarse en forma selectiva, a una matriz "sólido gel" que permite una mayor permeabilidad regular. Según Lyons y Raison (Mc Daniel 1991), tal transición de fase ocurre a una temperatura específica, el punto de transición depende en gran medida del grado de insaturación de los lípidos de la membrana. Las plantas sensibles a las heladas por arriba del punto de congelación, muestran un cambio en la membrana. Pero esto no ocurre con los organismos tolerantes al frío. El cambio es en el orden molecular de los lípidos de la membrana de un estado organizado a uno desorganizado, hay correlación entre el contenido de lípidos insaturados de las membranas y la respuesta a la temperatura baja, es decir hay una proporción alta de ácidos grasos insaturados a bajas temperaturas.

Lyons *et al* (Mc Daniel 1991), indica que los niveles de ATP celular y el flujo de nucleótidos de adenina están estrechamente asociados a las bajas temperaturas. El daño por frío en especies sensibles da como resultado un aumento en la respiración y una disminución en el nivel de ATP. La disminución de ATP puede atribuirse a la tensión hídrica más que a la temperatura de congelación en sí. Clay et al (Mc Daniel 1991), describieron

una asociación entre el daño por el frío, menos germinación de semillas de algodón y menor síntesis de DNA. La reproducción de los fosfatos de adenina de alta energía en variedades sensibles al frío podría alterar notablemente la capacidad para la división celular subsecuente.

## **2.8 RESISTENCIA DE LA QUINUA A LAS HELADAS.**

En general, el término "resistencia", se usa para indicar la habilidad de la planta para sobrevivir a condiciones de estrés debido a la sequía, bajas temperaturas u otros factores adversos. Estrés se define como cualquier alteración en las condiciones ambientales que puedan reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta (Levit 1980, citado por Rosa, 1997).

Rosa (1997), indica que en los estudios de adaptación de las plantas a bajas temperaturas se distingue dos tipos de estrés, el estrés por enfriamiento (temperaturas por encima del punto de congelamiento hasta 12 o 15°C), y estrés por congelamiento (temperaturas por debajo de 0°C).

El ácido abscísico (ABA) puede considerarse como un regulador del estrés, por que con frecuencia da a los órganos vegetales una señal de estar experimentando estrés fisiológico. El ABA induce al cierre de los estomas, cuando se produce una reducción del agua, al mismo tiempo los estomas se hacen más sensibles al CO<sub>2</sub>, así la fotosíntesis no es obstaculizada. El ABA tiene una función importante en el comportamiento de las plantas frente al estrés hídrico, así como frente a la helada, y altas temperaturas. El factor de estrés real es una deficiencia de agua en el protoplastos (Bidwell 1993; Salisbury y Ross 1994).

## **2.9 PLANTA RESISTENTE A HELADAS:**

Una planta resistente a la helada, es aquella que además de sobrevivir al efecto de helada, es capaz de dar una producción económicamente aceptable de grano mediante mecanismos morfológicos, fisiológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicas que le permiten acumular energía en contra del factor adverso que en este caso es la helada (Mújica, 1994).

La resistencia de las plantas a las bajas temperaturas depende de:

### **a. Concentración de los jugos celulares.**

A mayor concentración de jugos celulares, desciende el punto de congelación, creciendo en consecuencia la resistencia al frío. Esta resistencia es función del contenido de humedad y de la energía con que los tejidos pueden retener el agua libre en la planta (Bidwell 1992; Salisbury y Ross 1994). El agua de los espacios intracelular (agua en los espacios de cada célula) se congela más fácilmente que el agua intracelular (agua en el interior de la célula) (Artundiaga 1990).

### **b. Organización coloidal de las células.**

La temperatura de congelación depende de la organización coloidal de la célula, ésta puede reducir el contenido de agua libre retrasando su congelamiento. La temperatura, puede descender por debajo del punto de congelación y no haber formación de cristales de hielo. En este caso los jugos celulares se encuentran en estado de sub-enfriamiento o sobrefusión (Bidwell 1992; Salisbury y Ross 1994).



Lyons *et al* (Mc Daniel, 1991), indica que la corriente citoplasmática se ve afectada por las bajas temperaturas, en general, la corriente se reduce en gran medida en plantas sensibles al frío expuestas a temperaturas de 10 a 12°C, mientras que a temperaturas de 0°C, puede observarse una corriente protoplásmica importante en plantas resistentes al frío. La reducción en la corriente protoplásmica de plantas que se aclimatan al frío podría asociarse a aumentos simultáneos en la viscosidad protoplásmica de la célula, al espesamiento de la savia celular como una forma de iniciación del proceso de desecación del tejido, tan necesario para la supervivencia durante la congelación, a este proceso se le denomina espesamiento citoplasmático.

**c. Adaptación al frío.**

Cuando la temperatura baja lentamente, las plantas pueden soportar temperaturas bajas adaptándose a ella, que cuando son sometidas a enfriamiento brusco. En la fisiología celular se producen cambios como la reducción de la actividad metabólica con progresiva acumulación de glúcidos y sales solubles, con descenso de absorción radicular y transpiración adecuada, que originan una reducción del contenido de agua libre. Las características fisiológicas más importantes para la adaptación al frío son: Bajo contenido en humedad y elevada presencia en azúcares, almidón, hemicelulosa y glucósidos (Bidwell 1992; Salisbury y Ross 1994).

El proceso de adaptación al frío, es un proceso complejo por el cual las plantas se vuelven resistentes a las condiciones de frío, éste proceso involucra distintos cambios fisiológicos, metabólicos y estructurales. En lo que respecta a cambios estructurales se encontró que durante la aclimatación al frío; las

células vegetales empiezan a enriquecerse con dictiosomas, pequeñas vacuolas y cisternas del retículo endoplasmático, estas alteraciones sugieren cambios en la composición lípica de la membrana plasmática (Ristic y Ashworth, citado por Rosa 1997).

## **2.10 MÉTODOS DE SELECCIÓN EN QUINUA PARA RESISTENCIA A HELADAS**

Apaza y Delgado (2005), manifiestan que la selección de líneas puras se realiza para poder disponer de material genético que nos permita obtener variedades sintéticas o poder generar heterosis (vigor híbrido o sobre dominancia) a través de cruzamientos dobles, triples o mayores. La selección puede realizarse de manera intra poblacional en variedades comerciales o grupos de genotipos generados por cruzamientos o hibridaciones. El tiempo del proceso de selección puede durar dos o tres campañas como también podrían ser siete u ocho, pues ello dependerá del tipo de característica, las unigénicas el incremento de la frecuencia de genes deseables será más rápido, mientras que las poligénicas como el caso de rendimientos, resistencia y otras características cuantitativas tomaran más tiempo.

Para el caso de resistencia a heladas se ha probado que no es efectiva la selección de genotipos en campo debido a que el estrés provocado por las bajas temperaturas provoca muchos cambios en las plantas (incluyendo cambios morfológicos, bioquímicos y fisiológicos) por lo que se ha hecho necesaria la selección de genotipos tolerantes a bajas temperaturas en ambientes artificiales en los cuales se miden contenido de agua en la corona y en hojas con el objetivo de encontrar genotipos tolerantes a sequía (Acquaah, 2007).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.1.1 LUGAR EXPERIMENTAL**

El presente trabajo de investigación de selección por tolerancia a heladas de 10 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), se realizó en la comunidad de Ancaca, Distrito de Pichacani- Laraqueri Provincia y Departamento de Puno, a una altitud de 3900 m.s.n.m localizado geográficamente a 16°09' 16.9'' de Latitud Sur y 70° 03' 59.7'' de Longitud Oeste, durante la campaña agrícola 2003-2004, la siembra se efectuó el 20 de setiembre del 2003. Además esta considerada dentro de la zona agroecológica Suni, donde las temperaturas bajas son frecuentes, con presencia de heladas agronómicas, además el Distrito de Laraqueri cuenta con estación de observación del SENAMHI.

#### **3.2 CONDICIONES CLIMATICAS**

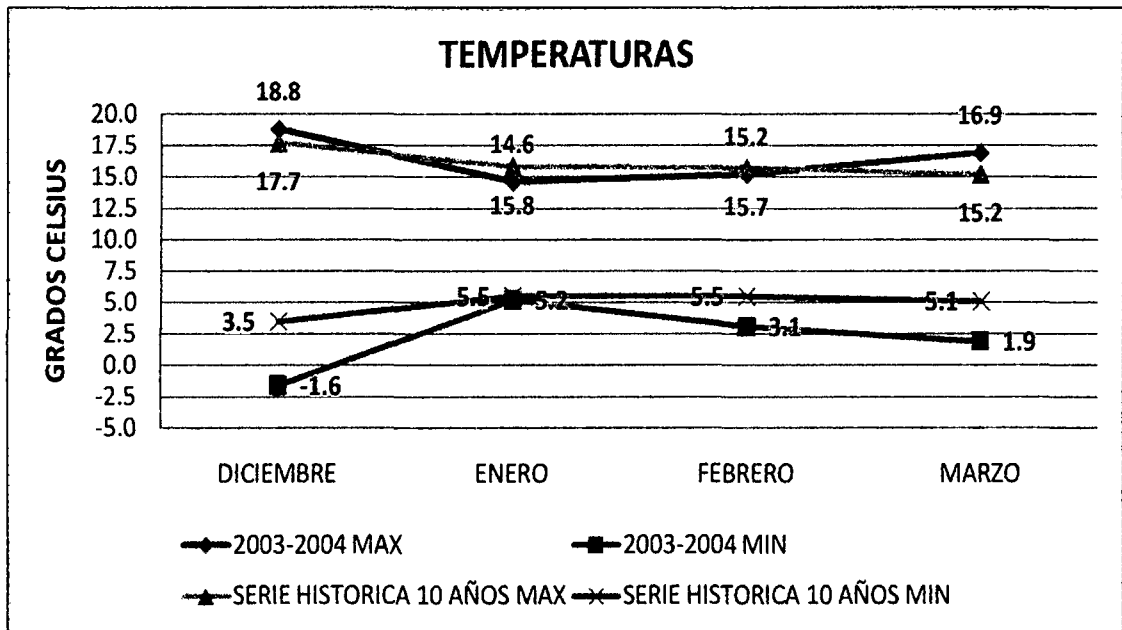
Los datos meteorológicos del anexo 2, corresponden a la estación del centro de observación de LARAQUERI situado a 16° 09' 16.9'' latitud sur y a

una Longitud Oeste de 70° 03' 59.7'' longitud oeste y a una Altitud de 3900 m.s.n.m ubicado en el distrito de PICHACANI - LARAQUERI provincia y departamento de Puno, según estudios realizados por (Mujica *et al.* 2000), la quinua es una planta muy plástica y con amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desierto caluroso y seco en la costa, hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, llegando incluso hasta la cabeceras de la ceja de selva.

### **3.2.1 Temperaturas**

La tendencia de la temperatura máxima de la campaña agrícola 2003-2004 durante los meses de diciembre a marzo, se ha mantenido casi uniforme comparado con la serie histórica de 10 años; en cambio la temperatura mínima hubo una variación en los meses de diciembre, febrero y marzo, tal como se observa en la figura 1. Además en el anexo 2 de datos climatológicos se observa durante la campaña 2003-2004 que en el mes de diciembre se han presentado temperaturas mínimas extremas cuya consecuencia fue la presencia de heladas de hasta (-14.2°C), fenómeno que afectó considerablemente a los genotipos de quinua en estudio.

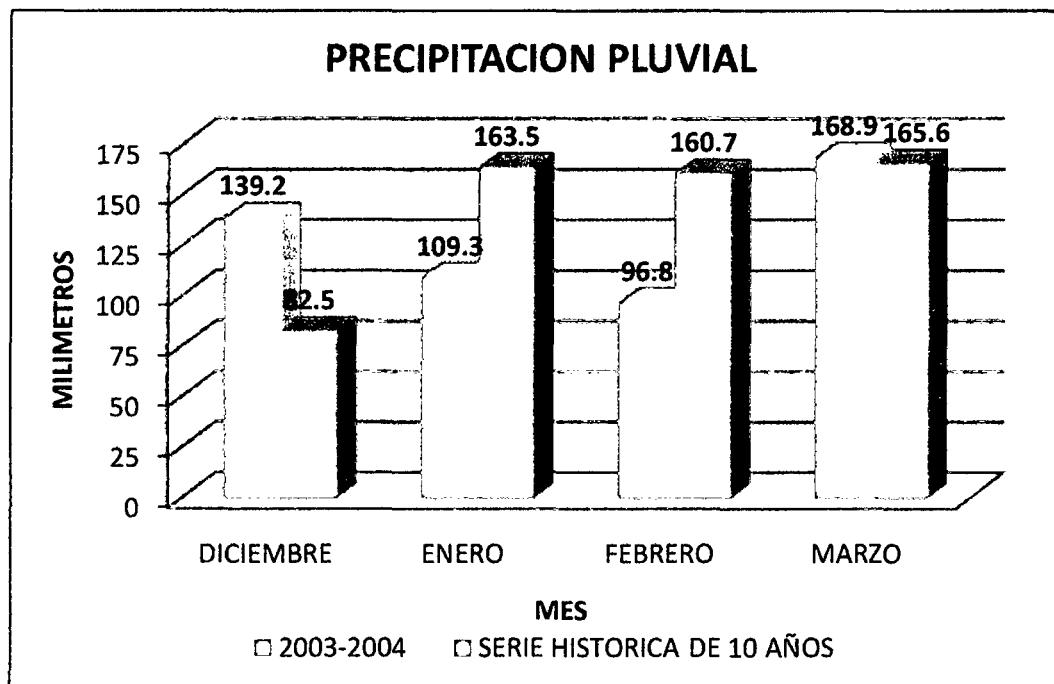
**FIGURA N°. 1.**  
**DATOS DE TEMPERATURA DE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2003-2004 Y LA SERIE HISTÓRICA DE 10 AÑOS (LARAQUERI-PUNO).**



### 3.2.2 Precipitaciones pluviales.

Las precipitaciones durante los meses de diciembre a febrero comparado con la serie histórica de 10 años hubo una variación en un 60% aproximado, mientras que en el mes de marzo se mantiene similar a la serie histórica de 10 años. La variación en precipitación probablemente se deba al calentamiento global (efecto invernadero intensificado). Además, la tendencia de las precipitaciones pluviales de la estación del centro de observación de LARAQUERI, que se observan en la figura 2; de la campaña agrícola 2003-2004, ha sido favorable para el desarrollo del cultivo de la Quinua.

**FIGURA N°. 2.**  
**DATOS DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2003-2004 Y**  
**LA SERIE HISTÓRICA DE 10 AÑOS (LARAQUERI-PUNO).**



### 3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

#### 3.3.1 Semilla de genotipos de quinua

El presente trabajo permitió la evaluación por tolerancia a heladas de 10 genotipos de quinua del banco de germoplasma de la Estación Experimental Camacani de la UNA- Puno, los ecotipos evaluados fueron: Ayara Plomo, Ayara Negro, Ayara Pardo Oscuro, Ayara Pardo Beige, (KOITOS): LP-7K, 03.21.112, 03.21.111, 03.21.0097, 03.21.113, 03.21.126. Estos genotipos fueron seleccionados para el presente trabajo de investigación por haber mostrado previamente algunas posibilidades de resistencia a heladas, por tratarse de genotipos de Ayaras y Koitos.

**CUADRO N°. 1**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS GENOTIPOS DE QUINUA EN ESTUDIO**

| NOMBRE GENOTIPO    | IDENTIFICACION           | NOMBRE DE COLECCION | BANCO GENOPLASMA | PROVINCIA | DISTRITO | ALTITUD m.s.n-m |
|--------------------|--------------------------|---------------------|------------------|-----------|----------|-----------------|
| LP-7K              | lineas puras INIA-KOITOS | INIA- PUNO          | INIA             | PUNO      | PUNO     | 3, 825          |
| AYARA NEGRO        | Ayara silvestre          | UNA -PUNO           | UNA              | PUNO      | PUNO     | 3, 825          |
| AYARA PLOMO        | Ayara silvestre          | UNA -PUNO           | UNA              | PUNO      | PUNO     | 3, 826          |
| AYARA PARDO OSCURO | Ayara silvestre          | UNA -PUNO           | UNA              | PUNO      | PUNO     | 3, 827          |
| 03-21-0097         | 1490 PECHQ<br>21.0097    | UNA -PUNO           | UNA-0097         | PUNO      | PUNO     | 3, 828          |
| AYARA PARDO BEYGE  | Ayara silvestre          | UNA -PUNO           | UNA              | PUNO      | PUNO     | 3, 829          |
| 03-21-112          | 1492 PECHQ<br>21.112     | UNA -PUNO           | UNA-112          | PUNO      | PUNO     | 3, 830          |
| 03-21-113          | 1493 PECHQ<br>21.113     | UNA -PUNO           | UNA-113          | PUNO      | PUNO     | 3, 831          |
| 03-21-111          | 1491 PECHQ<br>21.111     | UNA -PUNO           | UNA-111          | PUNO      | PUNO     | 3, 832          |
| 03-21-126          | 1506 PECHQ<br>21.126     | UNA -PUNO           | UNA-126          | PUNO      | PUNO     | 3, 833          |

Fuente: Elaboración propia del CIP Camacani-UNA-Puno.

### 3.3.2 Suelo del campo experimental

Según el cuadro 2, y de acuerdo a la tabla de interpretación de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias (Laboratorio de Suelos) se trata de un suelo de textura franco arenoso, posee un pH de 6.60 "ligeramente ácido", en materia orgánica es "alto", nitrógeno total está clasificado como "medio", el fósforo y el potasio se encuentra clasificado como "medio".

**CUADRO N°. 2.**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EXPERIMENTAL**  
**LARAQUERI- PUNO, CAMPAÑA AGRÍCOLA 2003-2004**

| ELEMENTO                                   | CANTIDAD              | METODO             |
|--|-----------------------|--------------------|
| <b>ANÁLISIS FÍSICO</b>                     |                       |                    |
| <b>Arena</b>                               | 50.20 %               | Hidrómetro         |
| <b>Limo</b>                                | 31.30 %               | Hidrómetro         |
| <b>Arcilla</b>                             | 18.50 %               | Hidrómetro         |
| <b>Clase textural</b>                      | Franco arenoso        | Triángulo textural |
| <b>ANÁLISIS QUÍMICO</b>                    |                       |                    |
| <b>pH</b>                                  | 6.60                  | Potenciómetro      |
| <b>Materia Orgánica</b>                    | 6.05 %                | Walkley y Black    |
| <b>Nitrógeno total (N)</b>                 | 0.19 %                | Micro Kjeldahl     |
| <b>Fósforo (P) disponible</b>              | 9.4 ppm               | Olsen modificado   |
| <b>Potasio (K<sub>2</sub>O) disponible</b> | 125.0 ppm             | Fotómetro de llama |
| <b>Ca<sup>++</sup></b>                     | 9.56 meq/100 g suelo  | EDTA-VERSENATO     |
| <b>Mg<sup>++</sup></b>                     | 2.40 meq/100 g suelo  | EDTA-VERSENATO     |
| <b>Na<sup>+</sup></b>                      | 0.13 meq/100 g suelo  | Fotómetro de llama |
| <b>K<sup>+</sup></b>                       | 0.22 meq/100 g suelo  | Fotómetro de llama |
| <b>CIC</b>                                 | 17.60 meq/100 g suelo | Gasómetro          |
| <b>CaCO<sub>3</sub></b>                    | 0.0 meq/100 gr        |                    |

Fuente: Laboratorio de suelos. FCA-UNA-PUNO.

Estudios realizados por (Rea *et al*, 1979), mencionan que los suelos más adecuados son los francos y de buen drenaje, en el altiplano de Puno, son preferibles los de la serie Umachire, Pupuja, Parpuma y Cala Cala. En cambio Mujica *et al*, 2000, evidencia, que la Quinoa prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, también puede adaptarse a suelo franco arenosos, arenosos o franco arcilloso. Así mismo la Quinoa tiene un alto rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo (Mujica *et al* 2000), prospera en suelos alcalinos (pH 9), ácidos (pH 4.5) y suelos neutros; sin



embargo, existen genotipos adecuados para cada una de las condiciones extremas de salinidad o alcalinidad, por ello se recomienda utilizar el genotipo más adecuado para cada condición de pH (Mujica *et al*, 2000).

### 3.3.3 Abonos orgánicos

Para esta investigación se ha aplicado la mezcla de estiércol de vacuno y ovino a razón de 10 Tn/ha, esta incorporación se realizó una vez surcado el campo de cultivo. Luego se ha cubierto el abono pasando ramas de arbusto al suelo, a fin de no quemar la semilla cuando germine.

## 3.4 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

**CUADRO N°. 3**  
**RELACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA EN ESTUDIO.**

| TRATAMIENTO | GENOTIPO           | ABREVIATURA |
|-------------|--------------------|-------------|
| 1           | LP_7K              | LP_7K       |
| 2           | AYARA NEGRO        | AYA_NEG     |
| 3           | AYARA PLOMO        | AYA_PLO     |
| 4           | AYARA PARDO OSCURO | AYA_POS     |
| 5           | 03_0097            | G03_0097    |
| 6           | AYARA PARDO BEYGE  | AYA_PBE     |
| 7           | 03.21.112          | G03_112     |
| 8           | 03.21.113          | G03_113     |
| 9           | 03.21.111          | G03_111     |
| 10          | 03.21.126          | G03_126     |

### 3.5 VARIABLES DE RESPUESTA

#### 3.5.1 Daños por heladas

- Porcentaje de daño en general (%)
- Porcentaje sin daño en general (%)
- Porcentaje de daño/altura-planta (%)

#### 3.5.2 Componentes de rendimiento

- Altura de planta en cosecha (cm)
- Diámetro de panoja/planta (cm)
- Rendimiento de grano (tn/ha)
- Rendimiento de materia seca (tn/ha)
- Peso de 1000 granos por genotipos (gr.)

### 3.6 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

#### 3.6.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se efectuó con una arado de disco y el mullido se realizó con una rastra de disco traccionado por un tractor agrícola.

#### 3.6.2 Surcado y marcado

|                              |   |                    |
|------------------------------|---|--------------------|
| Número de surcos por parcela | : | 10                 |
| Distanciamiento entre surcos | : | 0.40               |
| Área parcela (4x1.60)        | : | 6.40m <sup>2</sup> |
| Área experimental            | : | 525m <sup>2</sup>  |
| Densidad de siembra          | : | 10 kg/ha.          |

### **3.6.3 Siembra**

La siembra se realizó el 20 de setiembre del año 2003 en forma manual a chorro continuo en líneas al fondo del surco con una densidad de 10 kilos por hectárea de semilla, el tapado superficial de 2 a 3 cm. de profundidad para facilitar la germinación.

### **3.6.4 Labores culturales**

Durante la conducción del experimento con el objeto de mantener la parcela limpia, se efectuaron los Deshierbos y el desahije, correspondiente, con el propósito de homogenizar la población de plantas; por cuanto las malas hierbas y las plantas pequeñas y débiles no entresacadas compiten por el agua, nutrientes, espacio y luz.

### **3.6.5 Labores de cosecha**

#### **3.6.5.1 Siega**

Esta labor se realizó utilizando hoces, haciendo cortes de las plantas a 15 cm de altura del suelo, para facilitar el traslado de las plantas para la posterior secado mantas de nylon.

#### **3.6.5.2 Trilla**

Esta labor se realizó de forma tradicional utilizando palos curvos para la separación del grano de la panoja y del perigonio.

#### **3.6.5.3 Venteo y selección**

El venteo y selección del grano se hizo de forma manual usando mantas para levantar lo trillado y soltando por porciones al viento a fin de separar el quiri y jipi.

### 3.6.5.4 Almacenado de quinua

Para esta labor se usaron sacos, los cuales eran llenados con grano limpio y seleccionado, luego eran cocidos los sacos, para posteriormente almacenarlos en un ambiente sin humedad y con buena ventilación.

## 3.7 METODOLOGIA DE MEDICIÓN DE VARIABLES

### 3.7.1 Porcentaje de daño en general de heladas en la planta

Para la evaluación del daño por heladas, se ha usado la siguiente escala de medición:

**CUADRO N°. 4**  
**ESCALA DE EVALUACIÓN EN CAMPO PARA DAÑOS POR HELADAS**

| Grado | A heladas                               | Temperatura      | Indicadores de daños físicos en los órganos en panojamiento  |
|-------|---|------------------|--|
| 1     | Genotipo resistente a heladas           | -14 hasta -16°C  | Plantas sin signos de daño                                   |
| 2     | Genotipo medianamente o poco resistente | -4 hasta -6.5 °C | Planta (40%) afectado en las hojas, tallos y panoja quemadas |
| 3     | Genotipo susceptible                    | -0.5 hasta -3 °C | Planta (80%) tallos, hojas y panoja quemada                  |

La evaluación de la resistencia a heladas se ha realizado en el campo al tercer día de haberse presentado el fenómeno de las heladas ocurrido el 15 de diciembre con una intensidad del -14.2°C, para ver la incidencia expresada en porcentaje, plantas afectadas con relación a la población total y establecer la severidad del daño; este fenómeno de las heladas se presentó cuando las plantas se encontraban en la fase FENOLOGICA de inicio de PANOJAMIENTO (anexo n°3), con una muestra de 30 plantas por tratamiento para establecer el

porcentaje de plantas dañadas y sin daño, cuando estas se encontraban a una altura promedio de 0.35 cm.

### 3.7.2 Fases fenológicas durante la incidencia de heladas

Se ha observado las siguientes fases fenológicas una vez iniciada la presencia de heladas, las cuales son:

**CUADRO N°. 5**  
**FASES FENOLÓGICAS OBSERVABLES DURANTE LAS HELADAS**  
**(LARAQUERI-PUNO).**

| Genotipos                                | Fase fenológica          | Edad (días) |
|--|--------------------------|-------------|
| AYA_PBE<br>LP_7K<br>AYA_PLO<br>AYA_NEG   | - Inicio de panojamiento | - 102       |
|  | - Panojamiento           | - 112       |
|  | - Inicio de Floración    | - 122       |
|  | - Plena floración        | - 127       |
|  | - Grano lechoso          | - 152       |
|  | - Grano pastoso          | - 176       |
| G03_0097<br>AYA_POS                      | - Madurez fisiológica    | - 196       |
|  | - Inicio de panojamiento | - 102       |
|  | - Panojamiento           | - 112       |
|  | - Inicio de Floración    | - 122       |
|  | - Plena floración        | - 127       |
|  | - Grano lechoso          | - 152       |
| G03_126<br>G03_112<br>G03_113<br>G03_111 | - Grano pastoso          | - 176       |
|  | - Madurez fisiológica    | - 196       |
|  | - Inicio de panojamiento | - 102       |
|  | - Panojamiento           | - 112       |
|  | - Inicio de Floración    | - 122       |
|  | - Plena floración        | - 127       |
|  | - Grano lechoso          | - 152       |
|  | - Grano pastoso          | - 176       |
|  | - Madurez fisiológica    | - 196       |

## **3.8 ANALISIS ESTADISTICO**

### **3.8.1 Estadística descriptiva**

Se ha calculado el promedio, la desviación estándar, los valores extremos (máximo y mínimo) y el coeficiente de variación.

### **3.8.2 Diseño experimental**

El diseño experimental empleado fue bloque completamente al azar, considerando los 10 genotipos como tratamiento en 04 repeticiones distribuidos aleatoriamente en cada bloque.

Para todas las variables de respuesta se efectuó el análisis de varianza y la prueba de DUNCAN al 99 % de confianza; usando el programa estadístico SAS versión 9.0.

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1 GRADO DE TOLERANCIA DE GENOTIPOS DE QUINUA A HELADAS**

De la evaluación por su resistencia a heladas, el cuadro 6, muestra tres grupos de genotipos de quinoa evaluadas de acuerdo a su grado de tolerancia. En donde se tiene a cuatro genotipos clasificados como resistentes (AYA\_PBE, LP\_7K, AYA\_PLO y AYA\_NEG) frente a los demás genotipos.

**CUADRO N°. 6.**  
**GRUPO DE GENOTIPOS DE QUINUA RESISTENTE, TOLERANTE Y**  
**SUSCEPTIBLE A HELADAS (LARAQUERI-PUNO).**

| <b>Grupos</b>                            | <b>Fase fenológica</b> | <b>Edad</b> | <b>Temperatura</b> | <b>A heladas</b> |
|--|------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| AYA_PBE<br>LP_7K<br>AYA_PLO<br>AYA_NEG   | Inicio de panojamiento | 102 días    | -14.2 °C           | Resistente       |
| G03_0097<br>AYA_POS                      | Inicio de panojamiento | 102 días    | -14.2 °C           | Tolerante        |
| G03_126<br>G03_112<br>G03_113<br>G03_111 | Inicio de panojamiento | 102 días    | -14.2 °C           | Susceptible      |

Limachi (1992), manifiesta que en los ecotipos de quinua hay variabilidad de tolerancia a heladas. Esta variación se traduce en ecotipos de quinuas tolerantes, medianamente tolerantes y susceptibles a las heladas. Por esta razón los resultados obtenidos en la investigación concuerdan con lo dicho anteriormente.

Monteros (2000), señala que la constitución genética juega un rol importante en la tolerancia a bajas temperaturas, por su capacidad de acumular azúcares solubles, prolina y proteínas para defenderse de las bajas temperaturas; por tanto nuestros resultados confirman lo dicho anteriormente.

#### **4.1.1 Porcentaje con daño en fase fenológica de inicio de panojamiento**

En el anexo 4, muestran los datos originales de los daños afectados, el 15 diciembre que se presentó con una intensidad de  $-14.2^{\circ}\text{C}$ , conforme se puede apreciar en el anexo 2, en temperaturas mínimas de la estación Laraqueri, expedido por la oficina del SENAMHI –PUNO.

El análisis de varianza del anexo 5, se observa que existe alta diferencia estadística significativa entre genotipos al nivel ( $P \leq 0.01$ ); además el C.V 6.793747% nos indica que los datos obtenidos en el experimento son confiables.

El cuadro 7 muestra los valores estadísticos obtenidos por la variable % de daños en plantas, con un promedio de 14.05, con DS de  $\pm$  de 5.301 y valores de 8.25 como mínimo y 21.0 como máximo.



**CUADRO N° 7.****PROMEDIO GENERAL DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LOS 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS     | Valores Extremos (%) |        |
|-----------------------|----|-----------|--------|----------------------|--------|
|                       |    |           |        | Mínimo               | Máximo |
| % Daño                | 40 | 14.05     | ±5.301 | 8.25                 | 21     |

Con el propósito de conocer la diferencia en daño de los 10 genotipos frente a las heladas, se ha recurrido a la prueba de comparación de medias de Duncan al nivel ( $P \leq 0.01$ )

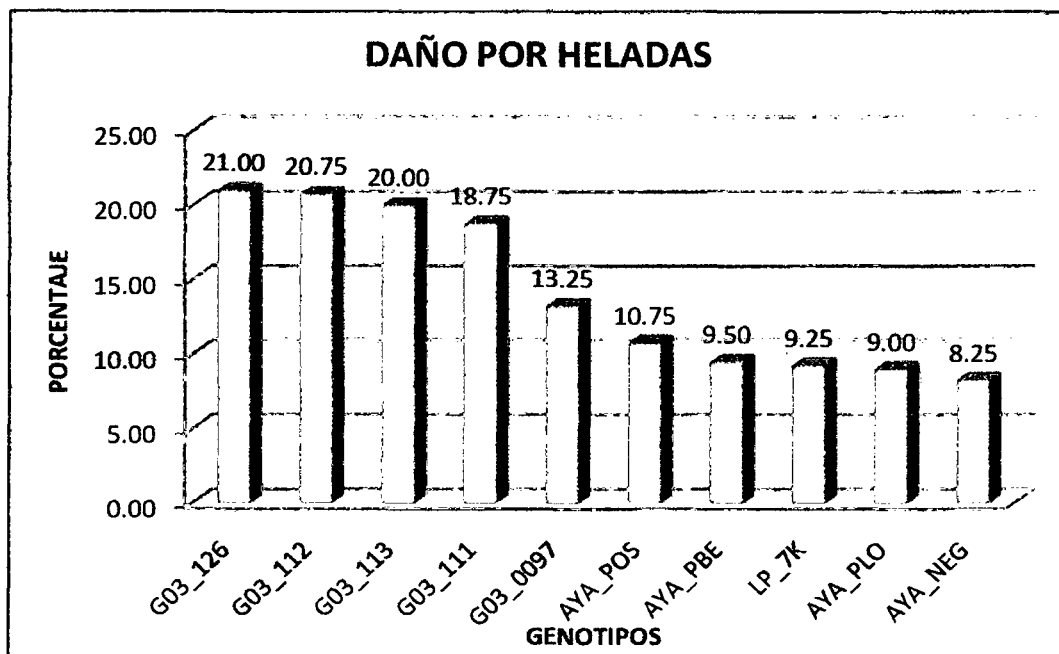
**CUADRO N° 8.****PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA PORCENTAJE DAÑO POR HELADA -14.2°C (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento  | Genotipo | N         | % daño en plantas | DS             | Sig. |
|--------------|----------|-----------|-------------------|----------------|------|
| 1            | G03_126  | 4         | 21.00             | ± 0.082        | a    |
| 2            | G03_112  | 4         | 20.75             | ± 0.500        | a    |
| 3            | G03_113  | 4         | 20.00             | ± 1.414        | a b  |
| 4            | G03_111  | 4         | 18.75             | ± 1.500        | b    |
| 5            | G03_0097 | 4         | 13.25             | ± 1.500        | c    |
| 6            | AYA_POS  | 4         | 10.75             | ± 0.957        | d    |
| 7            | AYA_PBE  | 4         | 9.50              | ± 0.577        | d e  |
| 8            | LP_7K    | 4         | 9.25              | ± 0.957        | e    |
| 9            | AYA_PLO  | 4         | 9.00              | ± 0.816        | e    |
| 10           | AYA_NEG  | 4         | 8.25              | ± 1.258        | e    |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>40</b> | <b>14.050</b>     | <b>± 5.301</b> |      |

De acuerdo al cuadro 8, se observa que existe diferencia significativa entre genotipos ( $P \leq 0.01$ ), en donde los genotipos AYA\_NEGRO, AYA\_PLOMO,

LP\_7K, muestran menor porcentaje de daño demostrando que son resistentes a las heladas, seguido por AYA\_POS, AYA\_POS, medianamente resistentes y por último el grupo G03\_112, G03\_126, y G03\_113, ocupan estadísticamente el primer lugar con mayor porcentaje de daño, por lo que estos genotipos demuestran que son susceptibles y poco resistentes a las heladas. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 3.

**FIGURA N°. 3**  
**DAÑO POR HELADAS EN INICIO DE PANOJAMIENTO POR GENOTIPOS**  
**(LARAQUERI-PUNO).**



Estos resultados obtenidos pueden ser comparados con los valores encontrados por Limache (1992), que señala que algunos cultivares como I-122, 03-07-607, LP-13K y 03-21-49 son los más tolerantes al frío, dando producciones de 1073 a 524 kg/ha, teniendo un daño de helada del orden del

33, 15, 38, 31 y 52% respectivamente, comparado con los resultados en la presente investigación existen similitudes.

También Catacora y Canahua (1991), mencionan que se han seleccionado en INIA-Perú quinuas resistentes al frío que soportan hasta  $-16^{\circ}\text{C}$  en las primeras fases de crecimiento, siendo las más promisorias: 03-21-906 (mixtura), I-106 (witulla), LP-2P (Púrpura), I-113 (Ccoyto), LP-4B (blanco), LP-13K (ccoyto), 03-21-263 (blanco), LP-3B (blanco) Y 03-21-051 (mixtura), lo que demuestra que algunos genotipos seleccionados serán resistentes al frío.

#### **4.1.2 Porcentaje sin daño en fase fenológica de inicio de panojamiento**

En el anexo 2 se muestran los datos originales del porcentaje de planta sin daño, los mismos que han soportado las heladas del 15 de diciembre que se presentó con incidencia de  $-14.2^{\circ}\text{C}$ , como se aprecia en el anexo 2 de temperaturas mínimas y máximas del centro de observación de Laraqueri expedido por el SENAMHI.

El análisis de varianza del anexo 6, se observa que existe alta diferencia estadística significativa entre genotipos al nivel de ( $p \leq 0.01$ ), indicando que cada genotipo tiene diferente grado de respuesta frente a heladas, además el C.V. 5.984460% nos indica que los datos son confiables.

El cuadro 9, muestra los estadísticos, de la variable plantas sin daño, con un promedio de 15.95,  $DS \pm 5.301$  y valores extremos de 9.03 y 21.05.

**CUADRO N°. 9**  
**PROMEDIO GENERAL DEL PORCENTAJE DE PLANTAS SIN DAÑO DE LOS 10**  
**GENOTIPOS DE QUINUA EN ESTUDIO (LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS     | Valores Extremos (%) |        |
|-----------------------|----|-----------|--------|----------------------|--------|
|                       |    |           |        | Mínimo               | Máximo |
| % Sin daño            | 40 | 15.95     | ±5.301 | 9.03                 | 21.75  |

Con el fin de conocer la diferencia en plantas sin daño por genotipos, se ha realizado la prueba de comparación de Duncan al nivel ( $P \leq 0.01$ ).

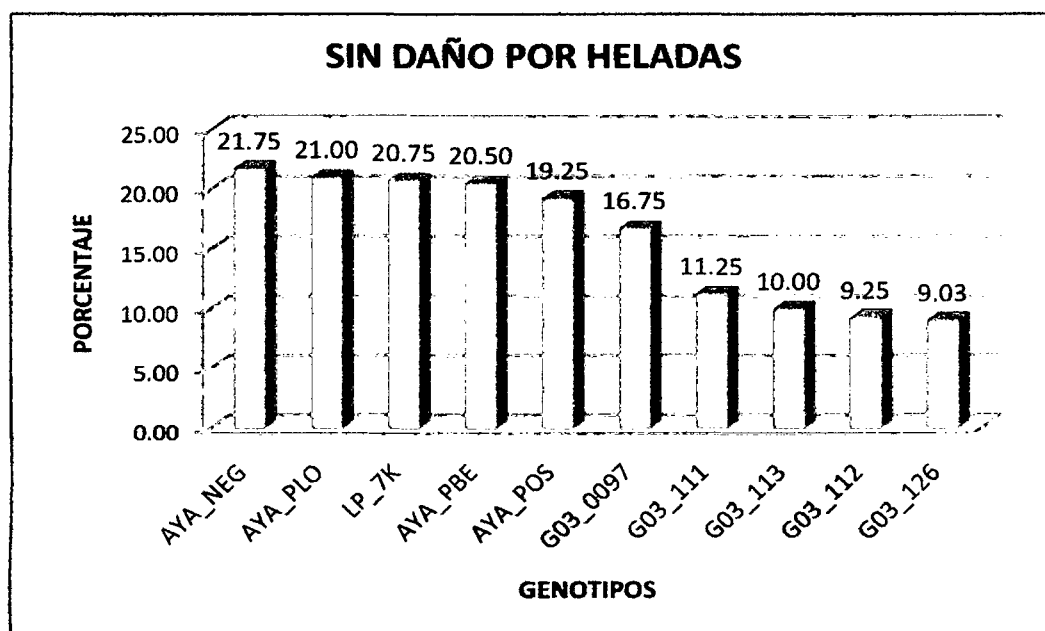
**CUADRO N°. 10.**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA PLANTAS SIN DAÑO DE**  
**10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento  | Genotipo | N         | % de plantas sin daño | DS             | Sig. |
|--------------|----------|-----------|-----------------------|----------------|------|
| 1            | AYA_NEG  | 4         | 21.75                 | ± 1.258        | a    |
| 2            | AYA_PLO  | 4         | 21.00                 | ± 0.816        | a    |
| 3            | LP_7K    | 4         | 20.75                 | ± 0.957        | a    |
| 4            | AYA_PBE  | 4         | 20.50                 | ± 0.0577       | a b  |
| 5            | AYA_POS  | 4         | 19.25                 | ± 0.957        | b    |
| 6            | G03_0097 | 4         | 16.75                 | ± 1.500        | c    |
| 7            | G03_111  | 4         | 11.25                 | ± 1.500        | d    |
| 8            | G03_113  | 4         | 10.00                 | ± 1.414        | d e  |
| 9            | G03_112  | 4         | 9.25                  | ± 0.500        | e    |
| 10           | G03_126  | 4         | 9.03                  | ± 0.816        | e    |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>40</b> | <b>15.95</b>          | <b>± 5.301</b> |      |

De acuerdo al cuadro 10, al nivel de ( $P \leq 0.01$ ) se observa que hay diferencia estadística, mostrando varios grupos de genotipos de quinua diferenciados, el primer grupo conformado por AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K,

son estadísticamente superiores por su resistencia a las heladas a los genotipos del segundo grupo AYA\_PBE, AYA\_POS Y G03\_0097, que son mediamente resistentes a las heladas y estas a su vez son superiores a los genotipos del tercer grupo G03\_111, G03\_113, G03\_112 Y G03\_126 que son susceptibles o poco resistentes a las heladas. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 4.

**FIGURA N°. 4**  
**GENOTIPOS DE QUINUA SIN DAÑO POR HELADAS EN INICIO DE**  
**PANOJAMIENTO (LARAQUERI-PUNO).**



## 4.2 DAÑOS DE HELADAS EN PLANTA DE QUINUA

### 4.2.1 Altura de planta en evaluación de daños

Los datos originales de altura de planta al momento de realizar la evaluación de daños están en el anexo 3, al tercer día de haberse presentado las heladas del 15 de diciembre del 2003 con una intensidad de  $-14.2^{\circ}\text{C}$ .

El análisis de varianza del anexo 7, se observa que es altamente significativo entre genotipos al nivel ( $p \leq 0.01$ ), lo que indica que cada genotipo tiene diferente respuesta en daño sobre altura de planta, además el C.V. de 4.762171%, nos indica que los datos son confiables.

El cuadro 11, muestra los estadísticos de la variable altura de planta con daño de heladas, con un promedio de 0.345, DS  $\pm 0.04$  y valores extremos de 0.2775 como mínimo y 0.395 como máximo.

**CUADRO N°. 11**  
**PROMEDIO GENERAL DE LA ALTURA DE PLANTA AL MOMENTO DE LA**  
**EVALUACIÓN DESPUÉS DEL TERCER DÍA DE HABERSE PRESENTADO LAS**  
**HELADAS (LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta          | N  | $\bar{X}$ | DS          | Valores Extremos (%) |        |
|--------------------------------|----|-----------|-------------|----------------------|--------|
|                                |    |           |             | Mínimo               | Máximo |
| Tamaño de planta en evaluación | 40 | 0.345     | $\pm 0.044$ | 0.2775               | 0.395  |

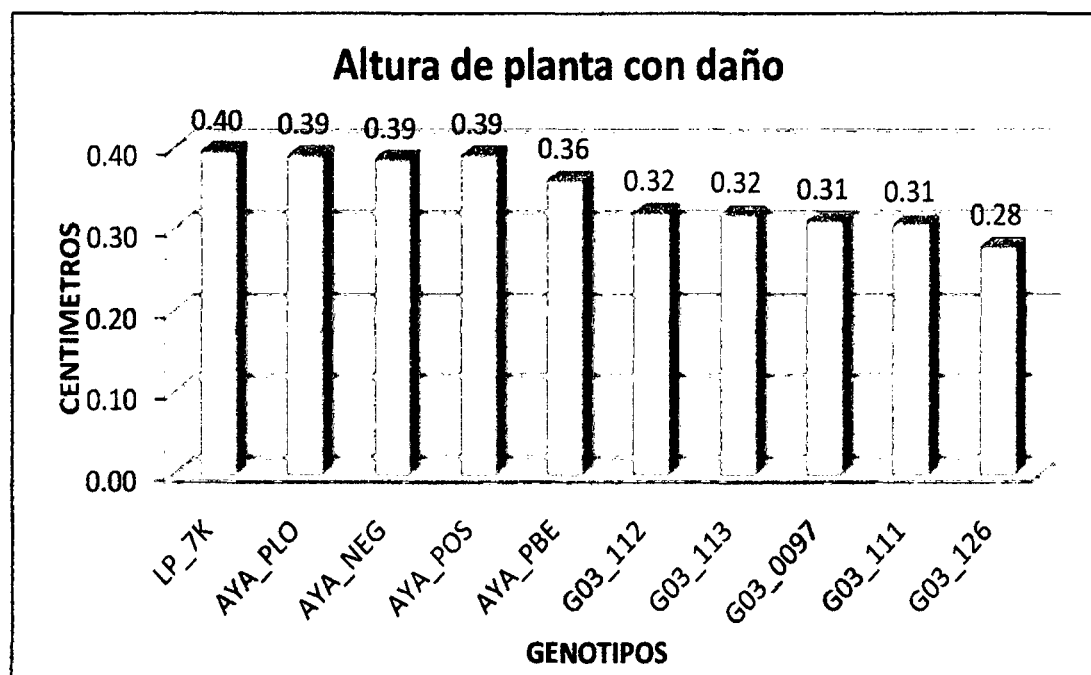
Con el fin de conocer la diferencia entre genotipos por su daño por heladas sobre altura de planta, se ha realizado la prueba de comparación de Duncan a nivel ( $P \leq 0.01$ ).

**CUADRO N° 12**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA ALTURA DE PLANTA**  
**CON DAÑO (EVALUACIÓN) (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento  | Genotipo | N         | Altura de planta con daño (cm) | DS                            | Sig. |
|--------------|----------|-----------|--------------------------------|-------------------------------|------|
| 1            | LP_7K    | 4         | 0.395                          | $\pm 0.013$                   | a    |
| 2            | AYA_PLO  | 4         | 0.390                          | $\pm 0.008$                   | a    |
| 3            | AYA_NEG  | 4         | 0.385                          | $\pm 0.006$                   | a b  |
| 4            | AYA_POS  | 4         | 0.390                          | $\pm 0.010$                   | a b  |
| 5            | AYA_PBE  | 4         | 0.360                          | $\pm 0.008$                   | b    |
| 6            | G03_112  | 4         | 0.320                          | $\pm 0.022$                   | c    |
| 7            | G03_113  | 4         | 0.318                          | $\pm 0.029$                   | c    |
| 8            | G03_0097 | 4         | 0.310                          | $\pm 0.035$                   | c    |
| 9            | G03_111  | 4         | 0.307                          | $\pm 0.095$                   | c    |
| 10           | G03_126  | 4         | 0.278                          | $\pm 0.021$                   | d    |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>40</b> | <b>0.345</b>                   | <b><math>\pm 0.044</math></b> |      |

El cuadro 12, nos indica que existe diferencia estadística significativa entre genotipos, los genotipos LP\_7K, AYA\_PLO, AYA\_NEG, AYA\_POS, tienen un desarrollo mayor frente a genotipos AYA\_PBE, y estos han tenido a su vez mayor desarrollo frente a genotipos G03\_112, G03\_113, G03\_0097, G03\_111 y G03\_126 cuyas diferencias se debe a las características propias de cada genotipo en cuanto a morfología. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 5, en donde se observa los daños por heladas sobre altura de planta por genotipos de quinua estudiados.

**FIGURA N°. 5**  
**ALTURA DE PLANTA CON DAÑO DE HELADAS POR GENOTIPOS**  
**(LARAQUERI-PUNO).**



#### 4.3 ALTURA DE PLANTA EN COSECHA

Los datos originales de Altura de Planta en la cosecha de 10 genotipos de quinua, están consignados en el anexo 8. El análisis de varianza del anexo 9, muestra que existe diferencia altamente significativa a nivel ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que cada genotipo posee diferente altura antes de la cosecha. Además el CV de 3.337706%, nos indica la confiabilidad de los datos.

El cuadro 13, muestra los estadísticos de la variable de respuesta altura de planta en cosecha, con un promedio de 1.193,  $DS \pm 0.148$  y valores extremos de 0.945 como mínimo y 1.330 como máximo.



**CUADRO N°. 13**  
**PROMEDIO GENERAL DE ALTURA DE PLANTA EN LA COSECHA**  
**(LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS      | Valores extremos (%) |        |
|-----------------------|----|-----------|---------|----------------------|--------|
|                       |    |           |         | Mínimo               | Máximo |
| Altura de planta      | 40 | 1.193     | ± 0.148 | 0.945                | 1.330  |

Con el fin de conocer la diferencia en altura de planta en cosecha, se ha realizado la prueba de comparación de DUNCAN a nivel ( $P \leq 0.01$ ).

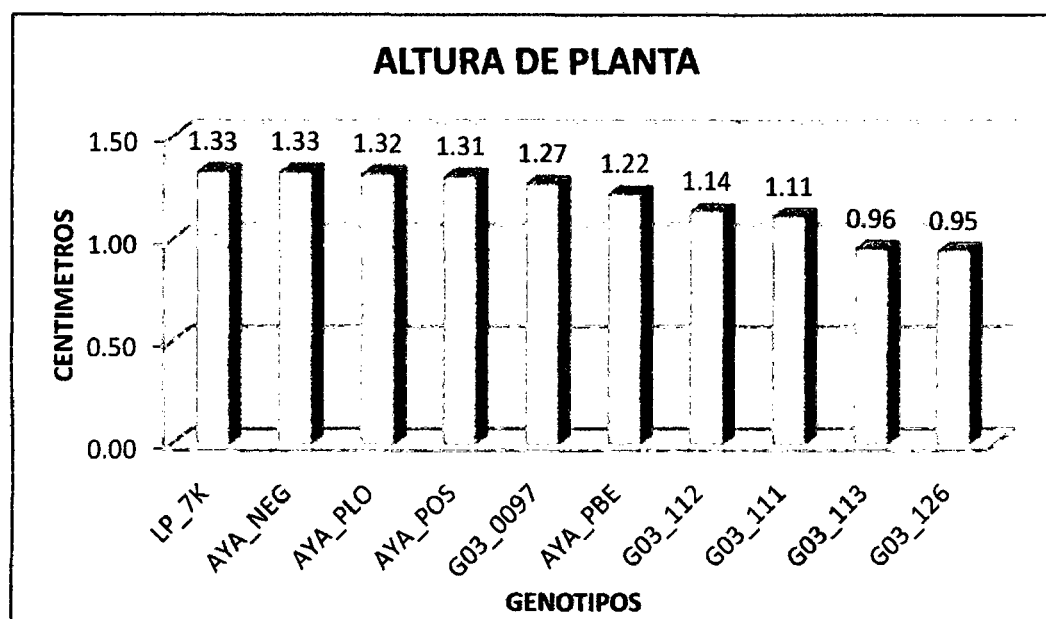
**CUADRO N°. 14**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA ALTURA DE PLANTA EN**  
**LA COSECHA DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento | Genotipo | N  | Altura de planta en cosecha (cm) | DS      | Sig. |
|-------------|----------|----|----------------------------------|---------|------|
| 1           | LP_7K    | 4  | 1.330                            | ± 0.048 | a    |
| 2           | AYA_NEG  | 4  | 1.330                            | ± 0.048 | a    |
| 3           | AYA_PLO  | 4  | 1.320                            | ± 0.022 | a    |
| 4           | AYA_POS  | 4  | 1.307                            | ± 0.009 | a    |
| 5           | G03_0097 | 4  | 1.273                            | ± 0.032 | a b  |
| 6           | AYA_PBE  | 4  | 1.223                            | ± 0.026 | b    |
| 7           | G03_112  | 4  | 1.138                            | ± 0.048 | c    |
| 8           | G03_111  | 4  | 1.113                            | ± 0.025 | c    |
| 9           | G03_113  | 4  | 0.955                            | ± 0.053 | d    |
| 10          | G03_126  | 4  | 0.945                            | ± 0.053 | d    |
| TOTAL       |          | 40 | 1.193                            | ± 0.148 |      |

De acuerdo al cuadro 14, la prueba de significancia Duncan al ( $p \leq 0.01$ ), nos muestra que existe diferencia estadística altamente significativa entre genotipos de quinua existiendo 3 grupos bastante diferenciados: LP\_7K, AYA\_NEG, AYA\_PLO, AYA\_POS, G03\_0097, y AYA\_PBE, son superiores en

desarrollo y resistencia a heladas frente a los genotipos G03\_112, G03\_111, que han tenido un desarrollo mediano y tolerantes a las heladas, frente al grupo G03\_113, G03\_126, que han tenido poco desarrollo y que son susceptibles a las heladas. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 6, donde se observa la altura de planta por genotipos.

**FIGURA N°. 6**  
**ALTURA DE PLANTA EN LA COSECHA POR GENOTIPOS**  
**(LARAQUERI-PUNO).**



Limachi (1992), ha encontrado que el ecotipo 03-07-49 y 03-07-607, poseen mayores alturas con 55.50 cm y 52.90 cm respectivamente. Pero estadísticamente similares a la Sajama, a los ecotipos I-122, I-106, 03-21-51, 03-21-263, LP-4b y la Kancolla cuyas alturas de planta varían de 44.70 a 35.70 cm. Comparando estos datos con nuestros resultados se puede comentar que las alturas obtenidas son superiores, esto es debido a que las alturas siempre van a variar según el ecotipo y el lugar donde se cultive, obviamente

influenciados por el clima y topografía del lugar. Este autor cita a Gonzales (1979), el cual dice que las quinuas coytos alcanzan alturas de 82 cm, comparando con nuestros resultados el dato es también inferior.

#### 4.4 DIÁMETRO DE PANOJA

Los datos originales sobre diámetro de panoja están consignados en el anexo 10. El análisis de varianza del anexo 11, muestra que existe diferencia altamente significativa a nivel ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que cada genotipo posee diferente diámetro antes de cosecha. Además el CV de 15.21089%, nos indica la confiabilidad de los datos.

El cuadro 15, muestra los estadísticos de la variable de respuesta diámetro de panoja en cosecha, con un promedio de 5.725, DS  $\pm$  1.470 y valores extremos de 4.25 como mínimo y 7.750 como máximo.

**CUADRO N°. 15**  
**PROMEDIO GENERAL DE DIÁMETRO DE PANOJA DE 10 GENOTIPOS DE**  
**QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS          | Valores Extremos (%) |        |
|-----------------------|----|-----------|-------------|----------------------|--------|
|                       |    |           |             | Mínimo               | Máximo |
| Diámetro panoja       | 40 | 5.725     | $\pm$ 1.470 | 4.25                 | 7.750  |

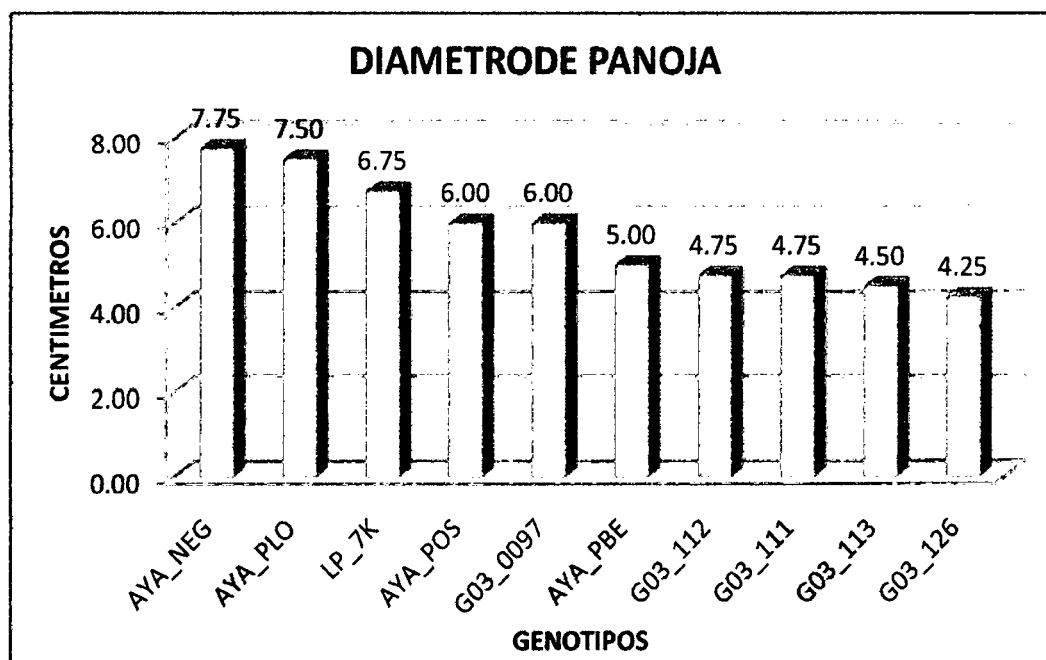
Con el fin de conocer las diferencias estadísticas entre genotipos se ha realizado la prueba de comparación de medias de Duncan a nivel ( $P \leq 0.01$ ).

**CUADRO N°. 16**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA DIÁMETRO DE PANOJA**  
**DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento  | Genotipos | N         | Diámetro de panoja (cm) | DS            | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-------------------------|---------------|------|
| 1            | AYA_NEG   | 4         | 7.75                    | ± 0.95        | a    |
| 2            | AYA_PLO   | 4         | 7.50                    | ± 0.50        | a    |
| 3            | LP_7K     | 4         | 6.75                    | ± 0.50        | a b  |
| 4            | AYA_POS   | 4         | 6.00                    | ± 1.41        | b c  |
| 5            | G03_0097  | 4         | 6.00                    | ± 1.41        | b c  |
| 6            | AYA_PBE   | 4         | 5.00                    | ± 0.82        | c d  |
| 7            | G03_112   | 4         | 4.75                    | ± 0.96        | c d  |
| 8            | G03_111   | 4         | 4.75                    | ± 0.50        | c d  |
| 9            | G03_113   | 4         | 4.50                    | ± 0.58        | d    |
| 10           | G03_126   | 4         | 4.25                    | ± 0.50        | d    |
| <b>TOTAL</b> |           | <b>40</b> | <b>5.725</b>            | <b>± 1.47</b> |      |

El cuadro 16, la prueba Duncan ( $P \leq 0.01$ ), nos muestra que existe diferencia estadística altamente significativa entre Genotipos existiendo 3 grupos bastante diferenciados: AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, son similares en promedio de diámetro de PANOJA (cm.), y superiores a los genotipos :AYA\_POS, G03\_0097, AYA\_PBE, G03\_112, G03\_111, son inferiores en diámetro a los anteriores y el grupo G03\_113, Y G03\_126, son los más bajos e inferiores a los dos anteriores, por consiguiente esto nos indica que el grupo de las AYARAS presenta mayor diámetro de PANOJA frente a los demás Genotipos como consecuencia a su mayor resistencia a las heladas. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 7.

**FIGURA N°. 7**  
**DIÁMETRO DE PANOJA POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).**



Limachi (1992), menciona que el diámetro de panoja en ecotipos en los cuales ha realizado el estudio, el ecotipos LP-3b, 03-07-607, I-122 y la Sajama es de 12.33 cm., 11.93 cm., 11.63 cm., y 10.70 cm. Respectivamente. Comparado estos resultados con la investigación, son superiores a los obtenidos en todos los ecotipos, esto sería debido a las características propias de cada ecotipo.

El resumen de los daños morfológicos observables en los 10 genotipos de quinua se muestra en el cuadro 16, donde un grupo de son plantas que no presentaron daños (AYA\_PBE, LP\_7K, AYA\_PLO, y AYA\_NEG)

**CUADRO N°. 17**  
**DAÑOS DE HELADAS EN LOS ÓRGANOS DE LA PLANTA DE QUINUA**  
**(LARAQUERI-PUNO).**

| <b>Grupo</b>                         | <b>Modificaciones morfológicas observables frente a heladas</b>   |
|--------------------------------------|---|
| AYA_PBE, LP_7K<br>AYA_PLO, AYA_NEG   | -Plantas sin signos de daño   |
| G03_0097, AYA_POS                    | -Planta afectado en las hojas, tallos y panoja quemadas   |
| G03_126, G03_112<br>G03_113, G03_111 | -Planta afectado en tallos, hojas y panoja quemada<br>- Perdida de hojas y hojas de menor tamaño<br>-Plantas con menor tamaño |

Limache (1992), cita a Rea (1979), en donde manifiesta que los daños en panojamiento afectan las partes apicales de las panojas en formación y también pueden afectar a las inflorescencias en ecotipos que se encuentren en floración; pero a la vez puede estimular el crecimiento de panojas laterales en forma múltiple. Esto confirma con la observación de daños en los ecotipos estudiados.

Monteros (2000), manifiesta que una planta tolerantes a bajas temperaturas, es aquella de acumular energía a pesar de estar sometida a estrés, como consecuencia de mecanismos morfológicos, como la eliminación de hojas, ya que las hojas son más sensibles que los tallos; lo dicho anteriormente confirma con los resultados obtenidos en los ecotipos de quinua estudiados.

#### 4.5 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

Los datos originales de materia seca, t/ha, está consignada en el anexo 13. El análisis de varianza del anexo 14, muestra que existe diferencia altamente significativa a nivel ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que cada genotipo posee diferente producción de materia seca. Además el CV de 4.430801%, nos indica la confiabilidad de los datos.

El cuadro 18, muestra los estadísticos de la variable de respuesta diámetro de panoja en cosecha, con un promedio de 1.895, DS  $\pm 0.435$  y valores extremos de 1.343 como mínimo y 2.395 como máximo.

**CUADRO N°. 18**  
**PROMEDIO GENERAL PESO DE MATERIA SECA 10 GENOTIPOS DE QUINUA**  
**(LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS          | Valores extremos (%) |        |
|-----------------------|----|-----------|-------------|----------------------|--------|
|                       |    |           |             | Mínimo               | Máximo |
| Materia seca          | 40 | 1.895     | $\pm 0.435$ | 1.343                | 2.395  |

Con el propósito de conocer las diferencias estadísticas de los genotipos en estudio se ha realizado la prueba de comparación de Duncan a nivel ( $P \leq 0.01$ ).

**CUADRO N° 19**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA PESO DE MATERIA SECA**  
**DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

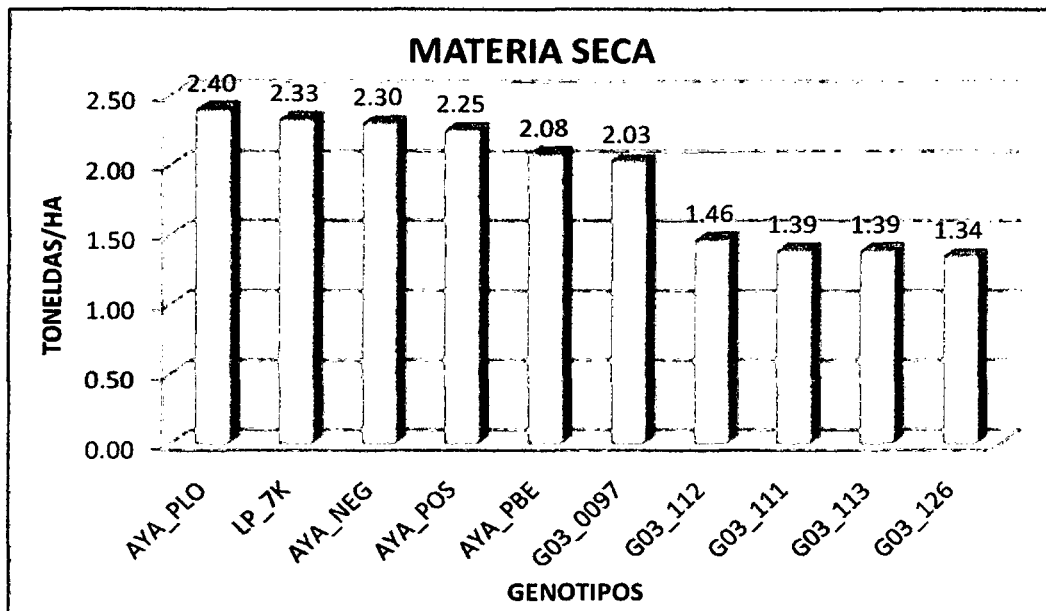
| Tratamiento  | Genotipo | N         | Peso de MS (tn/ha) | DS                            | Sig. |
|--------------|----------|-----------|--------------------|-------------------------------|------|
| 1            | AYA_PLO  | 4         | 2.395              | $\pm 0.048$                   | a    |
| 2            | LP_7K    | 4         | 2.325              | $\pm 0.048$                   | a b  |
| 3            | AYA_NEG  | 4         | 2.300              | $\pm 0.022$                   | a b  |
| 4            | AYA_POS  | 4         | 2.25               | $\pm 0.009$                   | b    |
| 5            | AYA_PBE  | 4         | 2.078              | $\pm 0.032$                   | c    |
| 6            | G03_0097 | 4         | 2.030              | $\pm 0.026$                   | c    |
| 7            | G03_112  | 4         | 1.463              | $\pm 0.048$                   | d    |
| 8            | G03_111  | 4         | 1.385              | $\pm 0.025$                   | d    |
| 9            | G03_113  | 4         | 1.385              | $\pm 0.053$                   | d    |
| 10           | G03_126  | 4         | 1.343              | $\pm 0.053$                   | d    |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>40</b> | <b>1.895</b>       | <b><math>\pm 0.435</math></b> |      |

El cuadro 19, muestra las comparaciones de significancia Duncan al ( $P \leq 0.01$ ) alcanzando el mayor peso de materia seca el genotipo AYA\_PLO, con 2.395 t/ha, seguido de los genotipos LP\_7K, con 2.325, AYA\_NEG, con 2.300 t/ha, ocupando el primer grupo, luego AYA\_POS con 2.250 t/ha, AYA\_PBE con 2.078t/ha, G03\_0097 con 2.030 t/ha, en el segundo grupo y finalmente los genotipos G03\_112 con 1.63 t/ha, G03\_111 con 1.385 t/ha, G03\_113 con 1.385 t/ha y G03\_126 con 1.343 t/ha, en consecuencia el Genotipo AYA\_PLO, obtuvo el mayor peso en materia seca 2.395 t/ha, y el menor peso obtenido es por genotipo 1.343t/ha. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 8.

Los genotipos de quinua estudiados registraron un peso promedio de materia seca variable para cada uno de los 10 genotipos de quinua, cuyos resultados obtenidos, se debe a las condiciones de suelo y medio ambientales (Mujica et al 2000).



**FIGURA N°. 8**  
**PESO DE MATERIA SECA POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).**



#### 4.6 Rendimiento de grano

Los datos originales sobre rendimiento de grano, están consignados en el anexo 12.

El análisis de varianza del anexo 15, muestra que existe diferencia altamente significativa a nivel ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que cada genotipo posee diferente rendimiento en grano debido a sus características morfológicas. Además el CV de 6.7288%, nos indica la confiabilidad de los datos.

El cuadro 20, muestra los estadísticos de la variable de respuesta diámetro de panoja en cosecha, con un promedio de 1.196,  $DS \pm 0.672$  y valores extremos de 0.400 como mínimo y 1.925 como máximo.

**CUADRO N°. 20**  
**PROMEDIO GENERAL DE RENDIMIENTO DE GRANO DE 10 GENOTIPOS DE**  
**QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS      | Valores extremos (%) |        |
|-----------------------|----|-----------|---------|----------------------|--------|
|                       |    |           |         | mínimo               | máximo |
| Rendimiento de grano  | 40 | 1.196     | ± 0.672 | 0.400                | 1.925  |

Con el propósito de conocer las diferencias estadísticas entre los 10 genotipos en estudio se ha realizado la prueba de comparación de Duncan a nivel ( $P \leq 0.01$ )

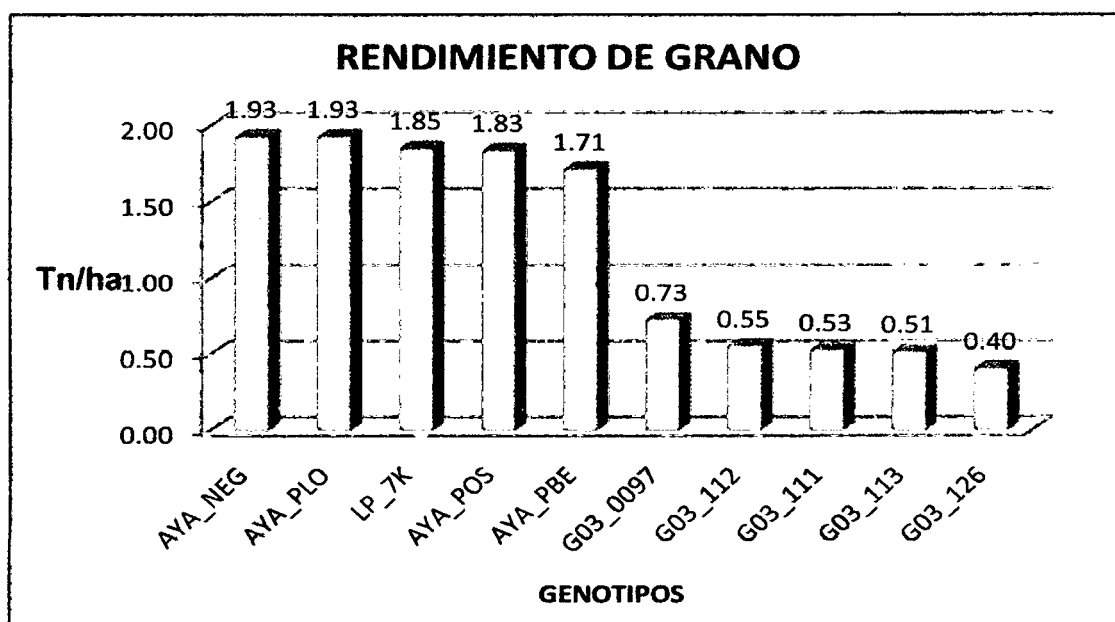
**CUADRO N°. 21**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA RENDIMIENTO DE**  
**GRANO DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento  | Genotipos | N         | Rendimiento de grano (Tn/ha) | DS             | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|------------------------------|----------------|------|
| 1            | AYA_NEG   | 4         | 1.925                        | ± 0.126        | a    |
| 2            | AYA_PLO   | 4         | 1.925                        | ± 0.096        | a    |
| 3            | LP_7K     | 4         | 1.850                        | ± 0.041        | a    |
| 4            | AYA_POS   | 4         | 1.834                        | ± 0.048        | a    |
| 5            | AYA_PBE   | 4         | 1.713                        | ± 0.085        | b    |
| 6            | G03_0097  | 4         | 0.725                        | ± 0.096        | c    |
| 7            | G03_112   | 4         | 0.550                        | ± 0.000        | d    |
| 8            | G03_111   | 4         | 0.525                        | ± 0.050        | d    |
| 9            | G03_113   | 4         | 0.513                        | ± 0.085        | d e  |
| 10           | G03_126   | 4         | 0.400                        | ± 0.082        | e    |
| <b>TOTAL</b> |           | <b>40</b> | <b>1.196</b>                 | <b>± 0.672</b> |      |

El cuadro 21, la prueba de significancia Duncan ( $P \leq 0.01$ ), se observa, que los genotipos AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS, AYA\_PBE, son

superiores a los genotipos G03\_0097, y estos a su vez son superiores a los genotipos G03\_112, G03\_111, G03\_113, G03\_126, en consecuencia esta superioridad en rendimiento se manifiesta que los primeros son resistentes a las heladas lo segundo medianamente resistentes o tolerantes a las heladas y el último grupo es susceptible a las heladas. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 9.

**FIGURA N°. 9**  
**RENDIMIENTO EN GRANO POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO)**



Estos resultados obtenidos pueden ser comparados los encontrados por Limache (1992), señalan que los algunos cultivares como I-122, 03-07-607, LP-13K Y 03-21-49 son los más tolerantes al frío, dando producciones de 1073 a 524 kg/ha, teniendo un daño de helada del orden del 33, 15, 38, 31 y 52% respectivamente, comparado con nuestros resultados en cierta se tienen similares.

Por otro lado Quispe (1998), menciona que el genotipo que alcanza mayor rendimiento es LP-3B con 4390 kg/ha, otros 20 genotipos en estudio tienen rendimientos que es igual o superior a 1720 kg/ha. Estos resultados contrastados con los obtenidos en la investigación se asume que los ecotipos AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS y AYA\_PBE, tienen cierta similitud con rendimientos que varían de 1930 a 1710 kg/ha.

Monteros (2000), señala que a temperaturas de  $-4^{\circ}\text{C}$  afectan seriamente el rendimiento al cultivar susceptible que rinde apenas 600 kg/ha, mientras que el cultivar witulla rindió 990 kg/ha; comparado estos resultados con los obtenidos en la investigación, se puede afirmar que la temperatura siempre va a ser un factor determinante, por tanto disminuyendo el rendimiento del cultivo.

#### **4.6.1 PESO DE 1000 GRANOS para 10 genotipos de Quinoa**

Los valores de esta característica se presentan en el anexo 16. El análisis de varianza del anexo 17, muestra que existe diferencia altamente significativa a nivel ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que cada genotipo posee diferente peso de 1000 granos de quinoa. Además el CV de 6.693774%, nos indica la confiabilidad de los datos.

El cuadro 22, muestra los estadísticos de la variable de respuesta diámetro de panoja en cosecha, con un promedio de 2.315,  $DS \pm 0.856$  y valores extremos de 1.290 como mínimo y 3.207 como máximo.

**CUADRO N°. 22**  
**PROMEDIO GENERAL DE 1000 GRANOS (g.) DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA**  
**(LARAQUERI-PUNO).**

| Variable de respuesta | N  | $\bar{X}$ | DS      | Valores extremos (g) |        |
|-----------------------|----|-----------|---------|----------------------|--------|
|                       |    |           |         | Mínimo               | Máximo |
| Peso de 1000 granos   | 40 | 2.315     | ± 0.856 | 1.290                | 3.207  |

Con el propósito de conocer las diferencias estadísticas entre los 10 genotipos en estudio se ha realizado la prueba de comparación de DUNCAN a nivel ( $P \leq 0.01$ )

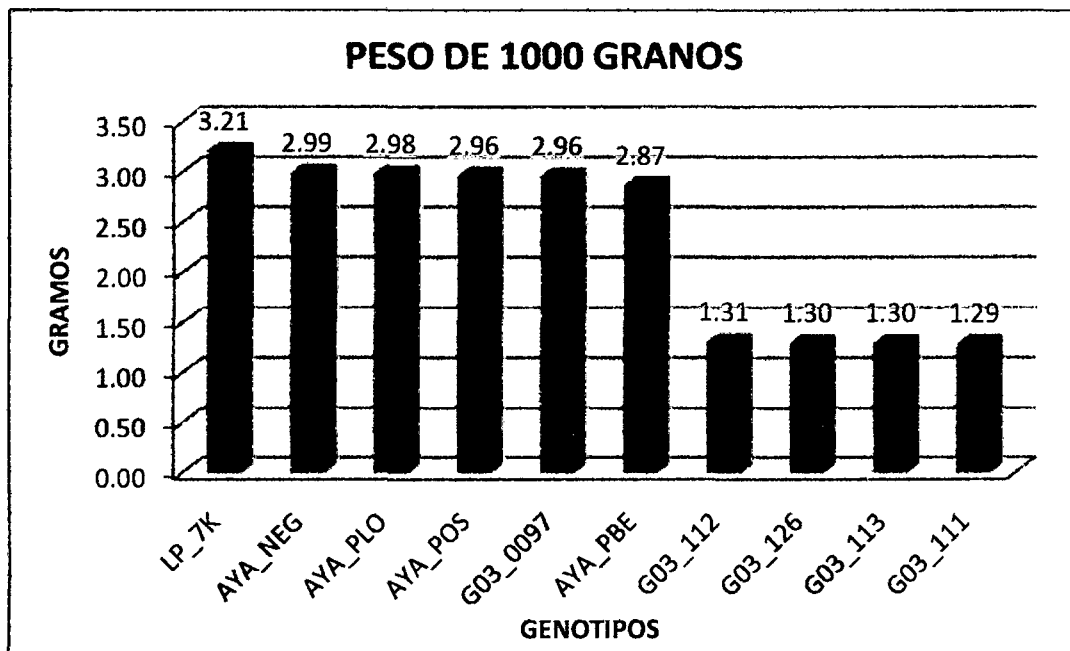
**CUADRO N°. 23**  
**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ) PARA PESO DE 1000 GRANOS**  
**DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA (LARAQUERI-PUNO).**

| Tratamiento  | Genotipo | N         | Peso de 1000 granos (gr) | DS             | Sig. |
|--------------|----------|-----------|--------------------------|----------------|------|
| 1            | LP_7K    | 4         | 3.207                    | ± 0.462        | a    |
| 2            | AYA_NEG  | 4         | 2.990                    | ± 0.082        | a b  |
| 3            | AYA_PLO  | 4         | 2.982                    | ± 0.024        | a b  |
| 4            | AYA_POS  | 4         | 2.962                    | ± 0.033        | b    |
| 5            | G03_0097 | 4         | 2.957                    | ± 0.043        | b    |
| 6            | AYA_PBE  | 4         | 2.865                    | ± 0.051        | b    |
| 7            | G03_112  | 4         | 1.305                    | ± 0.025        | c    |
| 8            | G03_126  | 4         | 1.297                    | ± 0.031        | c    |
| 9            | G03_113  | 4         | 1.295                    | ± 0.031        | c    |
| 10           | G03_111  | 4         | 1.290                    | ± 0.022        | c    |
| <b>TOTAL</b> |          | <b>40</b> | <b>2.315</b>             | <b>± 0.856</b> |      |

Analizando el cuadro 23, se observa que hay 03 grupos de genotipos de quinua bien definidos en base a la prueba de significancia DUNCAN ( $P \leq 0.01$ ), primer grupo LP\_7K, AYA\_NEG, AYA\_PLO, segundo grupo AYA\_POS,

G03\_0097, AYA\_PBE, tercer grupo G03\_112, G03\_126, G03\_113, G03\_111; por consiguiente el primer grupo tiene granos grandes y el segundo grupo medianamente grandes y el tercer grupo pequeños. Las diferencias se pueden apreciar en la figura 10.

**FIGURA N°. 10**  
**PESO DE 1000 GRANOS POR GENOTIPOS (LARAQUERI-PUNO).**



## CONCLUSIONES

Después de analizar y discutir los resultados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

**PRIMERA:** De los 10 genotipos evaluados, se ha tenido tres grupos por su tolerancia, las cuales son: Resistentes, ya que las plantas no presentaron daños (AYA\_PBE, LP\_7K, AYA\_PLO y AYA\_NEG); Tolerantes, debido a que las plantas presentaron daños considerables en hojas, tallos y panoja quemada (G03\_0097 y AYA\_POS) y susceptibles donde las plantas tuvieron daños de mayor intensidad en tallos, hojas y panoja quemada, además se tuvo la pérdida de hojas y hubo de menor tamaño de plantas (G03\_126, G03\_112, G03\_113 y G03\_111).

**SEGUNDA:** El porcentaje de daño por las heladas del 15 de diciembre con incidencia de  $-14.2^{\circ}\text{C}$ , que han demostrado rusticidad y resistencia a las heladas son los genotipos, AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_PBE y AYA\_POS, mientras que los genotipos G03\_0097, son medianamente resistentes en comparación con los genotipos G03\_111, G03\_112, G03\_113, G03\_126, que son débiles y susceptibles a las heladas

**TERCERA:** Los mejores genotipos de quinua tolerantes a las heladas y las mas rendidoras en granos son AYA\_NEG, con 1.925 t/ha, AYA\_PLO con 1.925 t/ha, LP\_7k con 1.850 t/ha, AYA\_POS con 1.834 t/ha, y AYA\_PBE con

1.713 t/ha. Por tanto el rendimiento en grano/ hectárea, es mayor a 1.5 t/ha, en AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS y AYA\_PBE.

CUARTA: El peso de materia seca mayor a 2t/ha, tuvieron los genotipos AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_NEG, AYA\_POS, AYA PBE y G03\_0097., mientras que los demás genotipos están en el dentro del rango de 1.463 a 1.343 t/ha.

QUINTA: La altura de planta con daño a la evaluación (inicio de panojamiento) mayor a 30 cm (30.7 cm a 39.5 cm), tuvieron todos los genotipos, destacando dentro de ellos el genotipo LP\_7K; a excepción del genotipo G03\_126, que tuvo menor altura a 0.30 cm.

SEXTA: El diámetro de panoja, esta en proporción directa a los rendimientos mayores de 5 cm a 7.75 cm, se encuentran los genotipos AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS, G03\_0097 y AYA\_PBE.

SEPTIMA: En el peso de 1000 granos por genotipo, (peso de 1000 granos > a 3 g/ 1000 granos), el genotipo LP\_7K, (peso de 1000 granos > a 2.8 g/1000 granos), se encuentran los genotipos AYA\_NEG, AYA\_PLO, AYA\_POS, G03\_0097 y AYA\_PBE.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Los genotipos de quinua, AYA\_NEG, AYA\_PLO, LP\_7K, AYA\_POS, AYA\_PBE y G03\_0097 son los más adecuados por su rusticidad y resistencia a las heladas (-14-2°C), son los ideales para seguir cultivando, con el propósito de disminuir los riesgos de pérdida de producción, por efectos de las heladas, de esta manera se garantizaría la seguridad alimentaria y los rendimientos.

**SEGUNDA:** Se recomienda seguir con las investigaciones con diferentes genotipos de quinua a diferentes alturas dentro del departamento de Puno, a fin de determinar su grado de tolerancia a heladas, estimando su producción.

**BIBLIOGRAFIA**

ACQUAAH, G. 2007. Principles of plant genetics and breeding. Primera edición. Blackwell publishing. Oxford. United Kingdom. 569 pp.

ALVAREZ, C.A. 1990. Quinoa hacia un cultivo comercial. En: La Quinoa un cultivo comercial. Edit. Lantinreco S.A. Quito-Ecuador pp. 1-10.

APAZA, V. 1992. Comparativos de ecotipos tolerantes a heladas en ILLPA. Informe anuales del INIA, Puno, Perú. 30 p.

APAZA, V. y DELGADO, P. 2005. Manejo y mejoramiento de quinoa orgánica. Serie manual N° 01. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Puno, Perú. 150 p.

ARTUNDIAGA, I. 1980. Las heladas y su control Editorial TOA, Bogotá Colombia, 59p.

ANDIA, H. 1977. Análisis Armónico de Temperaturas Mínimas Diarias que Producen heladas en los Distritos de llave y Mazocruz. Tesis Ing. Agr. UNA, Puno-Perú. 120p.

AQUIZE, E. 1987. Heladas En: Visión Agraria No 1 Vol. I Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA-PUNO.

BIDWELL, R. 1993. Fisiología Vegetal Editorial AGT México.

CANAHUA, A. 1981. Comportamiento y potencialidades de la quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*) en las Zonas Agroecológicas de Puno. En: VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. CUD -ORSTOM - IBTA. La Paz - Bolivia.

CANAHUA, A. y J. REA. 1980. Quinuas Resistentes a Heladas, Avances de la Investigación. En: "II" Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos". Escuela Politécnica del Chimborazo. IICA Riobamba - Ecuador pp. 143-149

CAPELO, G. 1997. Respuesta de 36 clones promisorios de Melloco al afecto de heladas en dos provincias de la sierra Ecuatoriana, Riobamba, Ecuador. 25 p.

CATACORA, C. y A CANAHUA. 1991. Selección de genotipos de *quinua* (*Chenopodium Quinoa Willd*), resistentes a las heladas y sequias y perspectivas de producción en camellones. En: VII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz -Bolivia pp. 53-56.

ENRIQUEZ, P. 1986. Estrategias Andinas de Defensa Contra las Heladas. En: V Congreso Internacional! Sobre Agricultura Andina. IIDSA. Puno-Perú.

FRERE, M., REA, J. y J. RIJKS. 1975. Estudio Agroclimatológico de la zona andina FAO. UNESCO. OMM. Roma. pp.

GALINDO, W. 1977 Ensayo Comparativo de Cinco variedades Comerciales de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*). Tesis Ing. Agr. UNA, Puno - Perú. pp.

GANDARILLAS, H. 1979. Genética y Origen En: Quinua y Kañihua Cultivos Andinos. Centro Internacional para el desarrollo (CUD, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) Ed.HCA. Bogotá. 227p.

GONZALES, J. y F. PRADO. 1997. Respuesta germinativa de la quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*) a la salinidad y temperatura. Resúmenes IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos.

GRACE, B. 1985. El clima del Altiplano. Departamento de Puno - Perú, INIAA-Puno.

IBAÑEZ, V. 2009. Métodos estadísticos. Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Editorial universitaria. 571 p.

IBTA-CIID CANADA, 1980 Informe de actividades del Proyecto Quinua. La Paz Bolivia. 60p.

LEÓN, J. 2003. Cultivo de quinua en Puno-Perú. Descripción, Manejo y Producción. 63 Pág.

LIMACHE, J. 1992. Tolerancia a heladas de 14 ecotipos y 2 variedades de Quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*), en Waru- Waru de Caritamaya-Acora. Tesis, Ing. Agr. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú. 104p.

MC, DANIEL R. 1991. Fisiología de los efectos de la temperatura en las plantas. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Noriega Editores. México pp 23-51.

MONTEROS, J. 1992. Respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a temperaturas bajas en tr4es fases fenológicas. Puno-Universidad Nacional del

Altiplano. Escuela de Post Grado. Maestría en Agricultura andina. Tesis de M.Sc. Puno. 108 p.

MUJICA, A. 1991. Principios de resistencia a sócula de las papas amargas. Resúmenes de la I mesa redonda: Perú - Bolivia. La Paz pp. 81-83.

MUJICA, A. 1983. Selección de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Chapingo, México. Tesis Maestro en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Post graduados. 86 p.

MUJICA, A. 1994. Esquema de la resistencia duradera de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Resúmenes de ponencias del primer taller sobre resistencia duradera en cultivos alto andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Quito pp 105-111.

MUJICA, A y S. JACOBSEN 1997. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), Boletín Informativo. UNA - Puno, Perú. 25 p.

MUJICA, A. y A. Canahua. 1989. Fases Fenológicas del Cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) En: Curso Taller de Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica. INSAA ~ PISA. Puno - Perú pp. 23-26.

MUJICA, A. y A. Canahua. 1989. Respuesta de la Quinua a Perturbaciones Climáticas en Diferentes Áreas Ecológicas de Puno. En: Curso Taller Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica. INIAA - PISA. Puno - Perú pp 52-60.

MURILLO, V. 1977. Evaluación y utilización de las papas cultivadas por resistencia a heladas. Tesis M.g.Sc. UNA - La Molina, 90p.

RAMOS, J. 1977. Comparativo de Seis Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). a diferentes grados de Temperatura. Tesis Ing. Agr. UNA. Puno - Perú. 89 p.

QUISPE, R. 1982. Evaluación de Rendimiento de 60 Genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en la Localidad de Mañazo-Puno. Tesis Ing. Agr. UNA. Puno -Perú. 80 p.

REA J., TAPIA M. y A. MUJICA. 1979 Prácticas Agronómicas En: Quinoa y Cañihua. Cultivos Andinos IICA Bogotá, Colombia pp 83-120.

RISI, J. 1989. La investigación de la Quinoa en Puno. 52 p.

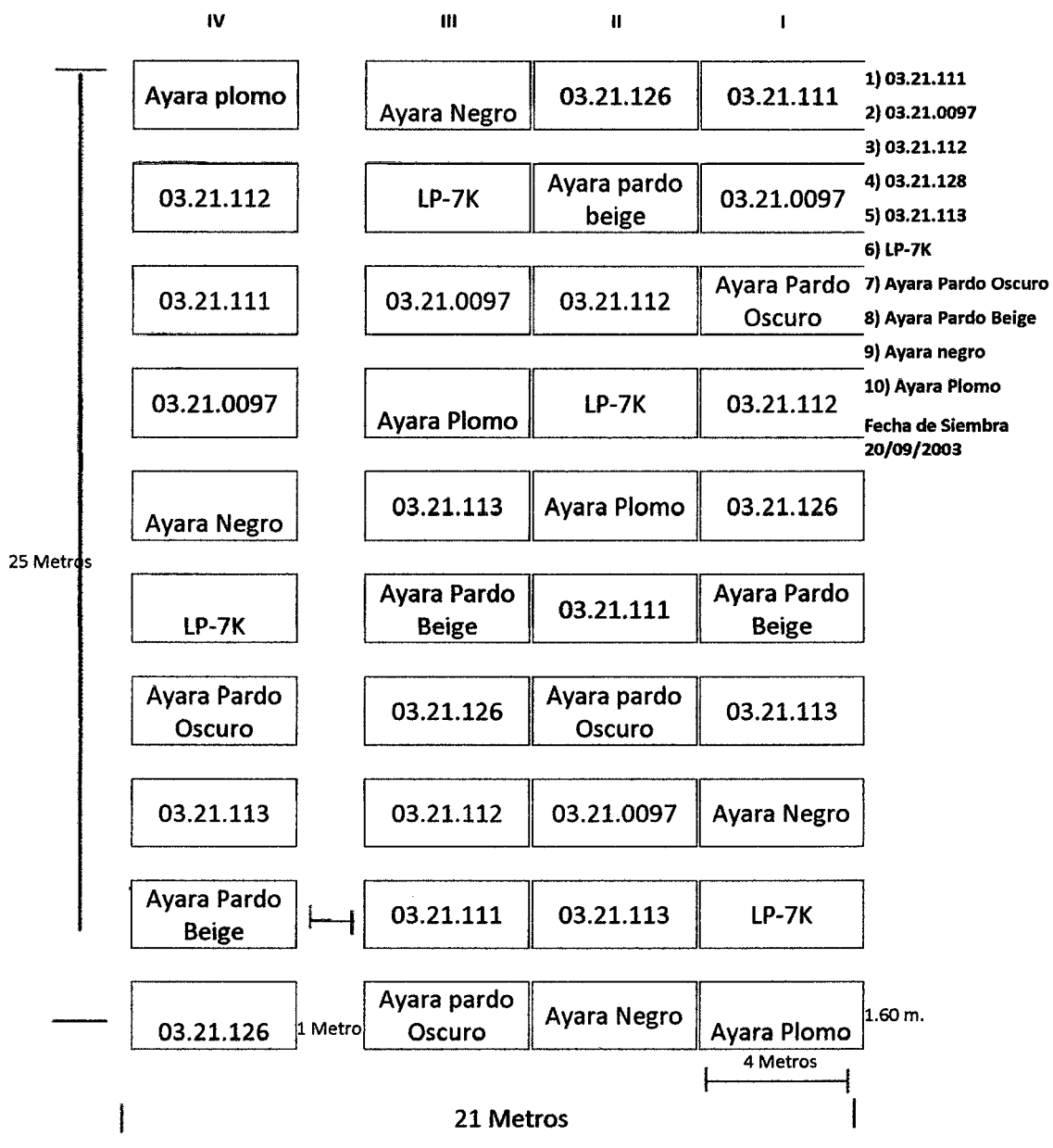
ROSA, M. 1997. Cambios en los niveles de Azúcares y Prolina inducidos por la temperatura en plántulas de quinoa. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. 20 p.

SALLISBURY, F. y W. ROSS. 1994. Fisiología Vegetal Ed. IBEROAMERICANA MÉXICO pp 538-558.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Croquis de instalación

### CROQUIS DE INSTALACION





## Anexo 2. Datos climatológicos

Temperaturas Mínimas y Máximas Diarias, estación de observación Laraqueri para el periodo experimental 2003-2004

### PARAMETRO: TEMPERATURA MINIMA

DIARIA EN °c

| DIAS  | dic-03 | Ene-04 | feb-04 | mar-04 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1     | -0.2   | 5.7    | 3.6    | 0.6    |
| 2     | -1.8   | 3.3    | 1      | 0.6    |
| 3     | -2.4   | 6.4    | 4.8    | 0.4    |
| 4     | -1.5   | 5.4    | 5.6    | 3      |
| 5     | 1.2    | 4.7    | 6.6    | 0.2    |
| 6     | -1.6   | 4.5    | 4      | 1.2    |
| 7     | -0.8   | 4.8    | 5.4    | 0.4    |
| 8     | -1.4   | 6.4    | 5.8    | 4.2    |
| 9     | -1.8   | 6      | 6.2    | 2.2    |
| 10    | -0.8   | 6.5    | 6      | 1.8    |
| 11    | -1.2   | 5.5    | 5.2    | 4.2    |
| 12    | -1.6   | 5.5    | 4.8    | 4.4    |
| 13    | 1.2    | 7.1    | 5.8    | 1      |
| 14    | 1.8    | 6.9    | 3.6    | -0.2   |
| 15    | -14.2  | 6      | 2.4    | -0.2   |
| 16    | 0      | 5      | 2.6    | 4.2    |
| 17    | 1.8    | 4.6    | 2.4    | -0.2   |
| 18    | -4     | 4.3    | 3.2    | -0.8   |
| 19    | -1     | 4.3    | 1.4    | 3.2    |
| 20    | -2.6   | 6      | 5.4    | 2.4    |
| 21    | -1     | 5      | 4.2    | 0.6    |
| 22    | -4.8   | 4.3    | -1     | 4.2    |
| 23    | -1.6   | 3.2    | -1     | 5      |
| 24    | 1      | 5.5    | -0.2   | 5.2    |
| 25    | -4     | 6      | 0      | 4      |
| 26    | -1     | 6.5    | 0.4    | 0.8    |
| 27    | -1.2   | 3.7    | 1.2    | -0.8   |
| 28    | -2     | 4      | 1.8    | 1.2    |
| 29    | -1.2   | 4.7    | -0.2   | 1.4    |
| 30    | -1.4   | 5      |        | 2.8    |
| 31    | -0.8   | 3.7    |        | 2      |
| TOTAL | -48.9  | 160.5  | 91     | 59     |
| PRO   | -1.6   | 5.2    | 3.1    | 1.9    |

### PARAMETRO: TEMPERATURA MIXIMA

DIARIA EN °c

| DIAS  | dic-03 | Ene-04 | feb-04 | mar-04 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1     | 20     | 15.8   | 15.6   | 17     |
| 2     | 23.4   | 15.4   | 16.8   | 18.6   |
| 3     | 21.4   | 17     | 15.2   | 17     |
| 4     | 16.8   | 18     | 16.4   | 18.2   |
| 5     | 20     | 13.8   | 14.6   | 18.6   |
| 6     | 21     | 13.6   | 13.2   | 18.8   |
| 7     | 2.6    | 14.4   | 14.4   | 18     |
| 8     | 22.6   | 13     | 15.2   | 17.8   |
| 9     | 19.6   | 14.4   | 16     | 18     |
| 10    | 22.4   | 13     | 13.8   | 16.2   |
| 11    | 20.2   | 13.8   | 10.6   | 16.2   |
| 12    | 16.8   | 14.4   | 14     | 16.6   |
| 13    | 16.4   | 15     | 14     | 17.6   |
| 14    | 21.4   | 15     | 15.4   | 17.2   |
| 15    | 20     | 13.6   | 15.4   | 17.8   |
| 16    | 18.2   | 13.2   | 16     | 15.6   |
| 17    | 18.8   | 13.2   | 18.4   | 17.8   |
| 18    | 18.6   | 13.4   | 15.6   | 20.4   |
| 19    | 17.6   | 15.4   | 13.6   | 17.8   |
| 20    | 17.2   | 14.4   | 13.6   | 17.6   |
| 21    | 18.8   | 14.8   | 14.2   | 16.6   |
| 22    | 19.2   | 13.2   | 16     | 15.6   |
| 23    | 15.6   | 14.4   | 16.2   | 16.4   |
| 24    | 16.6   | 15.2   | 15.8   | 14     |
| 25    | 15.4   | 13.2   | 16.4   | 15.4   |
| 26    | 16.4   | 16.2   | 15.4   | 16.2   |
| 27    | 19.6   | 14.8   | 15.8   | 15     |
| 28    | 17.8   | 15.4   | 16.4   | 16     |
| 29    | 15.6   | 15     | 17     | 16     |
| 30    | 16.8   | 14.4   |        | 15.4   |
| 31    | 15.6   | 14.8   |        | 13.8   |
| TOTAL | 562.4  | 451.2  | 441    | 523.2  |
| PRO   | 18.1   | 14.6   | 15.2   | 16.9   |

**Anexo 3: Evaluación de daños de 10 genotipos de quinua 2003 – 2004**

**Helada Diciembre 15 = -14.2°C**

**Bloque IV**

| <b>Tratamiento</b> | <b>Genotipo</b>    | <b>Nº plantas sin daño</b> | <b>Nº de plantas con daño</b> | <b>Altura planta m</b> | <b>Estado fenológico</b> | <b>% daño</b> |
|--------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------|
| 1                  | Ayara Plomo        | 20                         | 10                            | 0.40                   | Inicio Panojamiento      | 33            |
| 2                  | 03.21.112          | 10                         | 20                            | 0.35                   | Inicio Panojamiento      | 66            |
| 3                  | 03.21.111          | 10                         | 20                            | 0.30                   | Inicio Panojamiento      | 66            |
| 4                  | 03.21.0097         | 15                         | 15                            | 0.30                   | Inicio Panojamiento      | 50            |
| 5                  | Ayara Negro        | 20                         | 10                            | 0.38                   | Inicio Panojamiento      | 33            |
| 6                  | LP-7K              | 20                         | 10                            | 0.41                   | Inicio Panojamiento      | 33            |
| 7                  | Ayara Pardo Oscuro | 18                         | 12                            | 0.40                   | Inicio Panojamiento      | 40            |
| 8                  | 03.21.113          | 10                         | 20                            | 0.36                   | Inicio Panojamiento      | 66            |
| 9                  | Ayara Pardo Beige  | 20                         | 10                            | 0.37                   | Inicio Panojamiento      | 33            |
| 10                 | 03.21.126          | 8                          | 22                            | 0.30                   | Inicio Panojamiento      | 73            |

**Bloque III**

| <b>Tratamiento</b> | <b>Genotipo</b>    | <b>Nº plantas sin daño</b> | <b>Nº de plantas con daño</b> | <b>Altura planta m</b> | <b>Estado fenológico</b> | <b>% daño</b> |
|--------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------|
| 1                  | Ayara Negro        | 22                         | 8                             | 0.39                   | Inicio Panojamiento      | 26            |
| 2                  | LP-7K              | 20                         | 10                            | 0.40                   | Inicio Panojamiento      | 33            |
| 3                  | 03.21.0097         | 18                         | 12                            | 0.28                   | Inicio Panojamiento      | 40            |
| 4                  | Ayara Plomo        | 21                         | 9                             | 0.38                   | Inicio Panojamiento      | 30            |
| 5                  | 03.21.113          | 12                         | 18                            | 0.30                   | Inicio Panojamiento      | 60            |
| 6                  | Ayara Pardo Beige  | 21                         | 9                             | 0.36                   | Inicio Panojamiento      | 30            |
| 7                  | 03.21.126          | 9                          | 21                            | 0.25                   | Inicio Panojamiento      | 70            |
| 8                  | 03.21.112          | 9                          | 21                            | 0.30                   | Inicio Panojamiento      | 70            |
| 9                  | 03.21.111          | 10                         | 20                            | 0.32                   | Inicio Panojamiento      | 66            |
| 10                 | Ayara Pardo Oscuro | 20                         | 10                            | 0.38                   | Inicio Panojamiento      | 33            |

**Bloque II**

| Tratamiento | Genotipo           | Nº plantas sin daño | Nº de plantas con daño | Altura planta m | Estado fenológico   | % daño |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------------|--------|
| 1           | 03.21.126          | 10                  | 20                     | 0.28            | Inicio Panojamiento | 66     |
| 2           | Ayara Pardo Beige  | 20                  | 10                     | 0.36            | Inicio Panojamiento | 33     |
| 3           | 03.21.112          | 9                   | 21                     | 0.32            | Inicio Panojamiento | 70     |
| 4           | LP-7K              | 21                  | 9                      | 0.39            | Inicio Panojamiento | 30     |
| 5           | Ayara Plomo        | 22                  | 8                      | 0.39            | Inicio Panojamiento | 26     |
| 6           | 03.21.111          | 12                  | 18                     | 0.31            | Inicio Panojamiento | 60     |
| 7           | Ayara Pardo Oscuro | 19                  | 11                     | 0.38            | Inicio Panojamiento | 36     |
| 8           | 03.21.0097         | 16                  | 14                     | 0.36            | Inicio Panojamiento | 46     |
| 9           | 03. 21.113         | 9                   | 21                     | 0.31            | Inicio Panojamiento | 71     |
| 10          | Ayara Negro        | 22                  | 8                      | 0.39            | Inicio Panojamiento | 26     |

**Bloque I**

| Tratamiento | Genotipo           | Nº plantas sin daño | Nº de plantas con daño | Altura planta m | Estado fenológico   | % daño |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------------|--------|
| 1           | 03.21.111          | 13                  | 17                     | 0.30            | Inicio Panojamiento | 56     |
| 2           | 03.21.0097         | 18                  | 12                     | 0.30            | Inicio Panojamiento | 40     |
| 3           | Ayara Pardo Oscuro | 20                  | 10                     | 0.38            | Inicio Panojamiento | 33     |
| 4           | 03.21.112          | 9                   | 21                     | 0.31            | Inicio Panojamiento | 70     |
| 5           | 03.21.126          | 9                   | 21                     | 0.28            | Inicio Panojamiento | 70     |
| 6           | Ayara Pardo Beige  | 21                  | 9                      | 0.35            | Inicio Panojamiento | 30     |
| 7           | 03.21.113          | 9                   | 21                     | 0.30            | Inicio Panojamiento | 70     |
| 8           | Ayara Negro        | 23                  | 7                      | 0.38            | Inicio Panojamiento | 25     |
| 9           | LP-7K              | 22                  | 8                      | 0.38            | Inicio Panojamiento | 26     |
| 10          | Ayara Plomo        | 21                  | 9                      | 0.39            | Inicio Panojamiento | 30     |

**ANEXO 4. RESUMEN %DE DAÑO**

| TRATAMIENTO | GENOTIPO           | % DE DAÑO |     |    |    | TOTAL | PROMEDIO |
|-------------|--------------------|-----------|-----|----|----|-------|----------|
|             |                    | IV        | III | II | I  |       |          |
| 1           | AYARA PLOMO        | 33        | 30  | 26 | 30 | 119   | 29.75    |
| 2           | 03.21.112          | 66        | 70  | 70 | 70 | 276   | 69.00    |
| 3           | 03.21.111          | 66        | 66  | 60 | 56 | 248   | 62.00    |
| 4           | 03.21.0097         | 50        | 40  | 46 | 40 | 176   | 44.00    |
| 5           | AYARA NEGRO        | 33        | 26  | 26 | 25 | 110   | 27.50    |
| 6           | LP_7K              | 33        | 33  | 30 | 26 | 122   | 30.50    |
| 7           | AYARA PARDO OSCURO | 40        | 33  | 36 | 33 | 142   | 35.50    |
| 8           | 03.21.113          | 66        | 60  | 71 | 70 | 267   | 66.75    |
| 9           | AYARA PARDO BEYGE  | 33        | 30  | 33 | 30 | 126   | 31.50    |
| 10          | 03.21.126          | 73        | 70  | 66 | 70 | 279   | 69.75    |

**ANEXO 5. ANVA PORCENTAJE DE DAÑOS EN GENOTIPOS DE QUINUA**

| SOURCE          | DF        | SQUARES      | Mean Square | F. Value | Pr> F  |
|-----------------|-----------|--------------|-------------|----------|--------|
| MODEL           | 12        | 10701.300000 | 89.275000   | 97.98    | <.0001 |
| BLOQUE          | 3         | 10.900000    | 3.633333    | 3.99     | 0.0179 |
| GENOTIPO        | 9         | 1060.400000  | 117.822222  | 119.32   | <.0001 |
| ERROR           | 27        | 24.600000    | 0.911111    |          |        |
| CORRECTED TOTAL | 39        | 1092.900000  |             |          |        |
| R-SQUARE        | coeff var | root MSE     | CON_DA Mean |          |        |
| 0977533         | 6.793747  | 0.954521     | 14.05000    |          |        |

**ANEXO 6. ANVA PORCENTAJE DE PLANTA SIN DAÑO**

| SOURCE          | DF        | SQUARES     | Mean Square | F. Value | Pr> F  |
|-----------------|-----------|-------------|-------------|----------|--------|
| MODEL           | 12        | 1071.300000 | 89.275000   | 97.98    | <.0001 |
| BLOQUE          | 3         | 10.900000   | 3.633333    | 3.99     | 0.0179 |
| GENOTIPO        | 9         | 1060.400000 | 117.822222  | 129.32   | <.0001 |
| ERROR           | 27        | 24.600000   | 0.911111    |          |        |
| CORRECTED TOTAL | 39        | 1095.900000 |             |          |        |
| R-SQUARE        | coeff var | root MSE    | MSECA Mean  |          |        |
| 0.977553        | 5.984460  | 0.954521    | 15.95000    |          |        |

**ANEXO 7. ANVA PORCENTAJE DE ALTURA DE PLANTA CON DAÑO**

| SOURCE          | DF        | SQUARES    | Mean Square | F. Value | Pr> F  |
|-----------------|-----------|------------|-------------|----------|--------|
| MODEL           | 12        | 0.06912000 | 0.00576000  | 21.37    | <.0001 |
| BLOQUE          | 3         | 0.00304750 | 0.00101583  | 3.77     | 0.0179 |
| GENOTIPO        | 9         | 0.06607250 | 0.00734139  | 27.24    | <.0001 |
| ERROR           | 27        | 0.00727750 | 0.00026954  |          |        |
| CORRECTED TOTAL | 39        | 0.07639750 |             |          |        |
| R-SQUARE        | coeff var | root MSE   | CON_DA Mean |          |        |
| 0.904742        | 4.762171  | 0.016418   | 0.344750    |          |        |

**Anexo 8. Altura de planta de 10 genotipos de quinua en cosecha**

| Tratamiento | Genotipo           | I    | II   | III  | IV   | Promedio |
|-------------|--------------------|------|------|------|------|----------|
| 1           | Ayara Negro        | 1.32 | 1.30 | 1.40 | 1.30 | 1.33     |
| 2           | Ayara Plomo        | 1.30 | 1.31 | 1.32 | 1.35 | 1.32     |
| 3           | LP-7K              | 1.40 | 1.30 | 1.30 | 1.32 | 1.33     |
| 4           | Ayara Pardo Oscuro | 1.30 | 1.31 | 1.32 | 1.30 | 1.31     |
| 5           | 03.21.0097         | 1.30 | 1.24 | 1.25 | 1.30 | 1.27     |
| 6           | Ayara Pardo Beige  | 1.20 | 1.20 | 1.24 | 1.25 | 1.22     |
| 7           | 03.21.112          | 1.10 | 1.20 | 1.15 | 1.10 | 1.14     |
| 8           | 03.21.111          | 1.10 | 1.10 | 1.15 | 1.10 | 1.11     |
| 9           | 03.21.113          | 1.00 | 0.92 | 1.00 | 0.90 | 0.96     |
| 10          | 03.21.126          | 0.98 | 1.00 | 0.90 | 0.90 | 0.95     |

**ANEXO 9. ANVA, ALTURA DE PLANTA 10 GENOTIPOS DE QUINUA EN COSECHA**

| SOURCE          | DF        | SQUARES    | Mean Square | F. Value | Pr> F  |
|-----------------|-----------|------------|-------------|----------|--------|
| MODEL           | 12        | 0.80965000 | 0.06747083  | 42.54    | <.0001 |
| BLOQUE          | 3         | 0.00294750 | 0.00098250  | 0.62     | 0.6085 |
| GENOTIPO        | 9         | 0.80670250 | 0.08963361  | 56.51    | <.0001 |
| ERROR           | 27        | 0.04282750 | 0.00258620  |          |        |
| CORRECTED TOTAL | 39        | 0.85247750 |             |          |        |
| R-SQUARE        | coeff var | root MSE   | ALT_P Mean  |          |        |
| 0.949761        | 3.337706  | 0.039827   | 1.19325     |          |        |

**Anexo 10: Diámetro panoja (Cm.) de 10 genotipos de quinua 2003 – 2004**

| Tratamiento | Genotipo           | I | II | III | IV | Promedio |
|-------------|--------------------|---|----|-----|----|----------|
| 1           | Ayara Negro        | 9 | 7  | 8   | 7  | 7.75     |
| 2           | Ayara Plomo        | 8 | 8  | 6   | 8  | 7.50     |
| 3           | LP-7K              | 7 | 7  | 6   | 7  | 6.75     |
| 4           | Ayara Pardo Oscuro | 8 | 6  | 5   | 5  | 6.00     |
| 5           | 03.21.0097         | 8 | 5  | 5   | 6  | 6.00     |
| 6           | Ayara Pardo Beige  | 6 | 5  | 4   | 5  | 5.00     |
| 7           | 03.21.112          | 4 | 6  | 5   | 4  | 4.75     |
| 8           | 03.21.111          | 5 | 4  | 5   | 5  | 4.75     |
| 9           | 03.21.113          | 4 | 5  | 4   | 5  | 4.50     |
| 10          | 03.21.126          | 4 | 4  | 5   | 4  | 4.25     |

**ANEXO 11. ANVA DIAMETRO PANOJA DE 10 GENOTIPOS DE QUINUA**

| SOURCE          | DF        | SQUARES     | Mean Square | F. Value | Pr > F |
|-----------------|-----------|-------------|-------------|----------|--------|
| MODEL           | 12        | 63.50000000 | 5.29166667  | 6.98     | <.0001 |
| BLOQUE          | 3         | 5.27500000  | 1.75833333  | 2.32     | 0.0979 |
| GENOTIPO        | 9         | 58.22500000 | 6.46944444  | 8.53     | <.0001 |
| ERROR           | 27        | 20.47500000 | 0.75833333  |          |        |
| CORRECTED TOTAL | 39        | 83.97500000 |             |          |        |
| R-SQUARE        | coeff var | root MSE    | PANOJA Mean |          |        |
| 0.756177        | 15.21089  | 0.870823    | 5.725000    |          |        |

**Anexo 12. Rendimiento de 10 genotipos de quinua 2003 – 2004 (Rendimiento Grano t/ha)**

| Tratamiento | I                  |      | II                 |      | III                |      | Genotipo           |
|-------------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|
|             | Genotipo           | t/ha | Genotipo           | t/ha | Genotipo           | t/ha |                    |
| 1           | Ayara Plomo        | 2.00 | Ayara Negro        | 2.00 | 03.21.126          | 0.40 | 03.21.111          |
| 2           | 03.21.112          | 0.50 | LP-7K              | 1.90 | Ayara Pardo Beige  | 1.80 | 03.21.0097         |
| 3           | 03.21.111          | 0.60 | 03.21.0097         | 0.60 | 03.21.112          | 0.50 | Ayara Pardo Oscuro |
| 4           | 03.21.0097         | 0.70 | Ayara Plomo        | 1.90 | LP-7K              | 1.80 | 03.21.112          |
| 5           | Ayara Negro        | 2.10 | 03.21.113          | 0.60 | Ayara Plomo        | 1.80 | 03.21.126          |
| 6           | LP-7K              | 1.90 | Ayara Pardo Beige  | 1.60 | 03.21.111          | 0.50 | Ayara Pardo Beige  |
| 7           | Ayara Pardo Oscuro | 1.80 | 03.21.126          | 0.40 | Ayara Pardo Oscuro | 1.85 | 03.21.113          |
| 8           | 03.21.113          | 0.40 | 03.21.112          | 0.55 | 03.21.0097         | 0.80 | Ayara Negro        |
| 9           | Ayara Pardo Beige  | 1.70 | 03.21.111          | 0.50 | 03.21.113          | 0.50 | LP-7K              |
| 10          | 03.21.126          | 0.30 | Ayara Pardo Oscuro | 1.90 | Ayara Negro        | 1.90 | Ayara Plomo        |

Resumen:

| Tratamiento | Genotipos          | IV  | III  | II   | I    | Total | Promedio |
|-------------|--------------------|-----|------|------|------|-------|----------|
| 1           | Ayara Plomo        | 2   | 1.9  | 1.8  | 2    | 7.7   | 1.925    |
| 2           | 03.21.112          | 0.5 | 0.55 | 0.5  | 0.55 | 2.1   | 0.525    |
| 3           | 03.21.111          | 0.6 | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 2.1   | 0.525    |
| 4           | 03.21.0097         | 0.7 | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 2.9   | 0.725    |
| 5           | Ayara Negro        | 2.1 | 2    | 1.9  | 1.9  | 7.9   | 1.975    |
| 6           | LP-7K              | 1.9 | 1.9  | 1.8  | 1.85 | 7.45  | 1.863    |
| 7           | Ayara Pardo Oscuro | 1.8 | 1.9  | 1.85 | 1.8  | 7.35  | 1.837    |
| 8           | 03.21.113          | 0.4 | 0.6  | 0.5  | 0.55 | 2.05  | 1.513    |
| 9           | Ayara Pardo Beige  | 1.7 | 1.6  | 1.8  | 1.75 | 6.85  | 1.713    |
| 10          | 03.21.126          | 0.3 | 0.4  | 0.4  | 0.5  | 1.6   | 0.4      |

| Tratamiento | Genotipo           | I    | II   | III  | IV   |
|-------------|--------------------|------|------|------|------|
| 1           | Ayara Negro        | 2.4  | 2.20 | 2.15 | 2.45 |
| 2           | Ayara Plomo        | 2.45 | 2.40 | 2.35 | 2.38 |
| 3           | LP-7K              | 2.40 | 2.35 | 2.30 | 2.25 |
| 4           | Ayara Pardo Oscuro | 2.30 | 2.20 | 2.10 | 2.40 |
| 5           | 03.21.0097         | 2.10 | 2.00 | 1.90 | 2.12 |
| 6           | Ayara Pardo Beige  | 2.20 | 2.10 | 1.90 | 2.11 |
| 7           | 03.21.112          | 1.40 | 1.50 | 1.55 | 1.40 |
| 8           | 03.21.111          | 1.37 | 1.38 | 1.40 | 1.39 |
| 9           | 03.21.113          | 1.36 | 1.40 | 1.38 | 1.40 |
| 10          | 03.21.126          | 1.30 | 1.40 | 1.37 | 1.30 |

**ANEXO 14. ANVA Materia seca t/ha de 10 genotipos de quinua 2003 – 2004**

| SOURCE          | DF        | SQUARES    | Mean Square | F. Value | Pr > F |
|-----------------|-----------|------------|-------------|----------|--------|
| MODEL           | 12        | 7.20340000 | 0.60028333  | 85.13    | <.0001 |
| BLOQUE          | 3         | 0.04742750 | 0.01580917  | 2.24     | 0.1062 |
| GENOTIPO        | 9         | 7.15597250 | 0.79510806  | 112.75   | <.0001 |
| ERROR           | 27        | 0.19039750 | 0.00705176  |          |        |
| CORRECTED TOTAL | 39        | 7.39379750 |             |          |        |
| R-SQUARE        | coeff var | root MSE   | MSECA Mean  |          |        |
| 0.974249        | 4.430801  | 0.083975   | 1.895250    |          |        |

| Anexo 15. ANVA Rdto de grano de 10 genotipos de quinua |           |             |             |          |        |
|--|-----------|-------------|-------------|----------|--------|
| SOURCE   | DF        | SQUARES     | Mean Square | F. Value | Pr> F  |
| MODEL  | 12        | 17.44700000 | 1.45391667  | 224.40   | <.0001 |
| BLOQUE   | 3         | 0.01068750  | 0.00356250  | 0.55     | 0.6526 |
| GENOTIPO   | 9         | 17.43631250 | 1.93736806  | 299.02   | <.0001 |
| ERROR  | 27        | 0.17493750  | 0.00647917  |          |        |
| CORRECTED TOTAL  | 39        | 17.62193750 |             |          |        |
| R-SQUARE   | coeff var | root MSE    | RDTO Mean   |          |        |
| 0.990073   | 6.728800  | 0.080493    | 1.196250    |          |        |

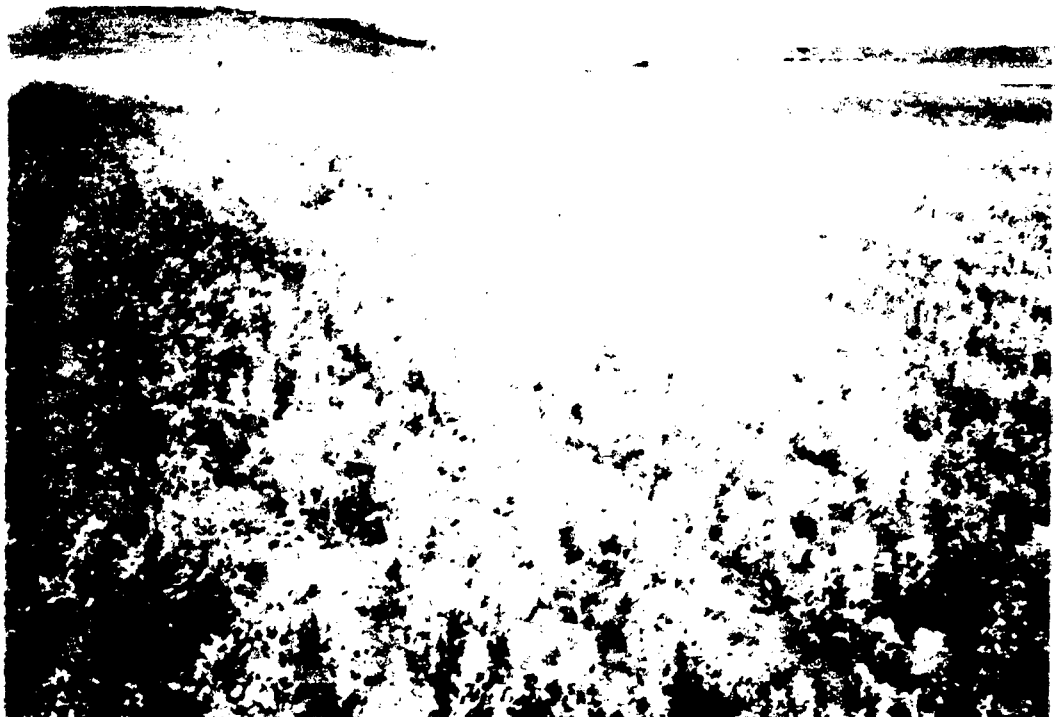
| Anexo 16. Peso mil granos(gramos) de 10 genotipos de quinua 2003 – 2004 |                    |      |      |      |      |          |
|---|--------------------|------|------|------|------|----------|
| Tratamiento   | Genotipo           | I    | II   | III  | IV   | Promedio |
| 1   | Ayara Negro        | 3.10 | 3.00 | 2.95 | 2.91 | 2.99     |
| 2   | Ayara Plomo        | 3.00 | 2.98 | 2.95 | 3.00 | 2.98     |
| 3   | LP-7K              | 3.00 | 2.96 | 2.97 | 3.90 | 3.21     |
| 4   | Ayara Pardo Oscuro | 3.00 | 2.97 | 2.96 | 2.92 | 2.96     |
| 5   | 03.21.0097         | 2.98 | 3.00 | 2.95 | 2.90 | 2.96     |
| 6   | Ayara Pardo Beige  | 2.90 | 2.85 | 2.91 | 2.8  | 2.87     |
| 7   | 03.21.112          | 1.34 | 1.30 | 1.28 | 1.30 | 1.31     |
| 8   | 03.21.111          | 1.32 | 1.29 | 1.27 | 1.28 | 1.29     |
| 9   | 03.21.113          | 1.34 | 1.29 | 1.28 | 1.27 | 1.30     |
| 10  | 03.21.126          | 1.34 | 1.27 | 1.28 | 1.30 | 1.30     |

| ANEXO 17. ANVA Peso mil granos(gramos) de 10 genotipos de quinua 2003 – 2004 |           |             |             |          |        |
|--|-----------|-------------|-------------|----------|--------|
| SOURCE   | DF        | SQUARES     | Mean Square | F. Value | Pr> F  |
| MODEL  | 12        | 27.95431000 | 2.32952583  | 96.99    | <.0001 |
| BLOQUE   | 3         | 0.03938750  | 0.01312917  | 0.55     | 0.6547 |
| GENOTIPO   | 9         | 27.91492250 | 3.10165806  | 129.14   | <.0001 |
| ERROR  | 27        | 0.64848750  | 0.02401806  |          |        |
| CORRECTED TOTAL  | 39        | 28.60279750 |             |          |        |
| R-SQUARE   | coeff var | root MSE    | PESO Mean   |          |        |
| 0.977328   | 6.693774  | 0.154978    | 2.315250    |          |        |



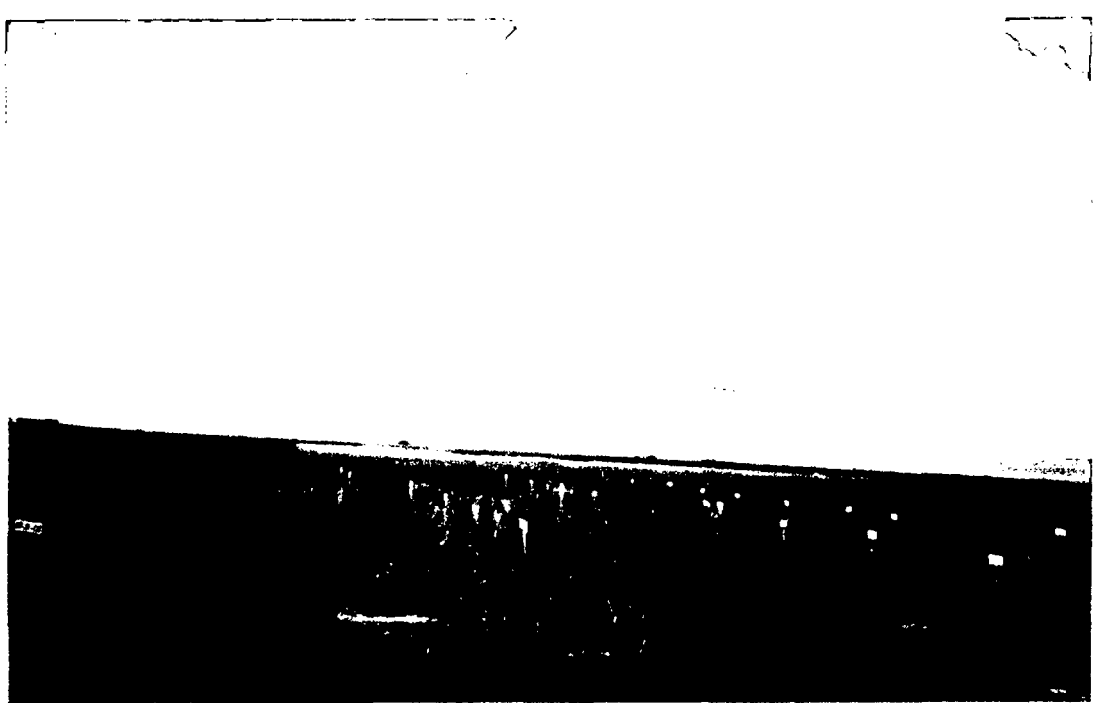
**ANEXO 17. FOTO 1 Y 2.**

**DAÑOS CAUSADOS POR LA HELADA 15/12/03 -14.2°C.**



**ANEXO 18. FOTO 3 Y 4**

**PARCELA EXPERIMENTAL EN PROCESO**



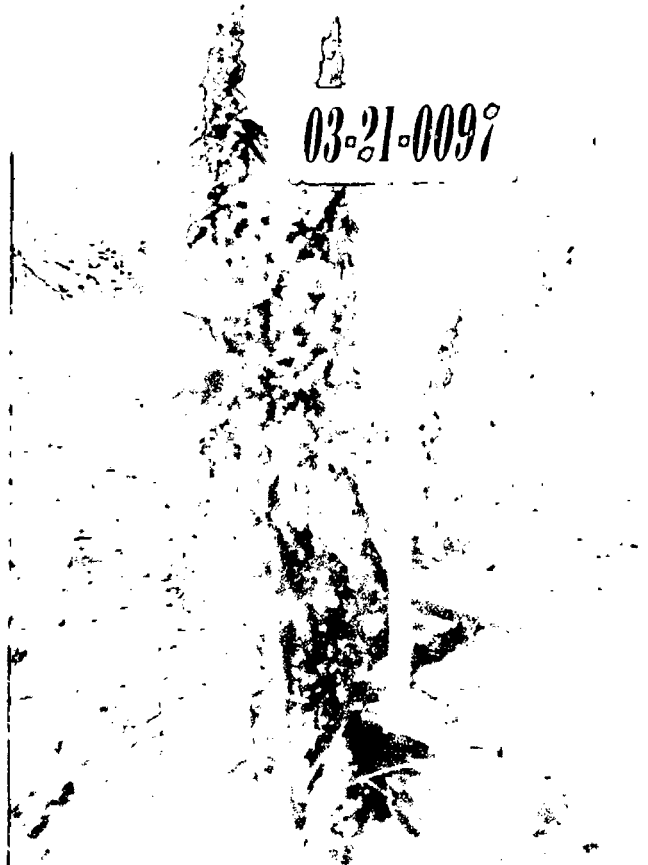
ANEXO 19. FOTO 5 (Ayara Negro) y FOTO 6 (LP\_7K)

**ECOTIPOS DE QUINUA RESISTENTE A LAS HELADAS**



ANEXO 20. FOTO 7 (03.21.0097) y FOTO 8 (Ayara pardo Oscuro)

ECOTIPOS DE QUINUA RESISTENTE A LAS HELADAS



ANEXO 21. FOTO 9(Ayara plomo) FOTO 10(Ayara Pardo Beige)  
ECOTIPOS DE QUINUA RESISTENTE A LAS HELADAS



Anexo 22. FOTO 11 y 12 (COSECHA)

