

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE ESTRÉS SALINO EN CUATRO GENOTIPOS
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
EN AMBIENTE PROTEGIDO**

Presentado por:
RIGOBERTO VALERO MAMANI

LA PAZ - BOLIVIA
2006

**Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica**

**EFFECTO DE ESTRÉS SALINO EN CUATRO GENOTIPOS
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
EN AMBIENTE PROTEGIDO**

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

RIGOBERTO VALERO MAMANI

Tutor:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

.....

Asesor:

Ing. Agr. Roberto Miranda Casas

.....

Comité Revisor:

Ing. Ph. D. René Chipana Rivera

.....

Ing. M.Sc. Wilfredo Rojas

.....

Ing. Agr. Rolando Céspedes Paredes

.....

Aprobada

Decano a.i.

Ing. Ph. D. René Chipana Rivera

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADRO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen y fuentes de sales.....	3
2.2. Causa de salinización	3
2.3. Clasificación de los suelos salinos	3
2.3.1. Suelo normal	<u>4</u>
2.3.2. Suelo salino.....	<u>4</u>
2.3.3. Suelo sódico.....	5
2.3.4. Suelos salino – sódico.....	5
2.4. Características generales de plantas y ecotipos tolerantes a suelos salinos	6
2.4.1. Efectos directos de las sales en el desarrollo de la planta	7
2.4.1.1. Potencial hídrico.....	8
2.4.1.2. Presión osmótica.....	8
2.5. Toxicidad de iones	10
2.5.1. Sodio.....	<u>10</u>
2.5.2. Cloruros.....	<u>10</u>
2.6. Distribución del cultivo de la quinua	<u>11</u>
2.6.1. Características del cultivo de la quinua	<u>11</u>
2.6.2. Fases fenológicas del cultivo de la quinua	<u>12</u>
2.6.3. Valor nutritivo del grano	15

2.6.4. Requerimiento de suelo del cultivo de la quinua	16
2.7. Tolerancia del cultivo de la quinua a la salinidad	17
2.8. Plagas y enfermedades.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Descripción general de la comunidad de Letanías.....	19
3.1.1. Características agro ecológicas.	19
3.1.2. Características climáticas del walipini.	19
3.1.3. Características climáticas de la zona.	19
3.2. Materiales.....	21
3.2.1. Materiales biológicos.....	20
3.2.2. Material de laboratorio.....	21
3.2.3. Material de campo.....	21
3.2.4. Características generales de los genotipos de quinua.....	21
3.2.4.1. Genotipo Utusaya.....	21
3.2.4.2. Genotipo G-205-95DK.....	22
3.2.4.3. Genotipo Línea – 320.....	22
3.2.4.4. Genotipo Línea 1887.....	22
3.3. Métodos	23
3.3.1. Procedimiento experimental.....	23
3.3.2. Muestreo y análisis de sustrato.....	23
3.3.3. Preparación del área experimental.....	23
3.3.3.1. Preparación de caja Petri y siembra.....	23
3.3.3.2. Preparación de sobres de enraizamiento y siembra.	24
3.3.3.3. Preparación de sustrato y siembra en maceta	24
3.4. Cálculo de agua disponible para el cultivo	24
3.5. Labores culturales.....	25
3.5.1. Raleo y Aporque.....	25
3.5.2. Control de plagas	25
3.5.3. Cosecha.....	25
3.5.4. Trilla y limpieza de semilla	26
3.6. Equipos usados en el experimento	26
3.6.1. Cámara de presión tipo Scholander.....	26

3.6.2. Sonda Theta.....	27
3.6.3. Conductivímetro	27
3.6.4. Tensiómetro	28
3.7. Procedimiento experimental.....	29
3.7.1. Diseño Experimental	29
3.7.1.1. Modelo lineal Aditivo para parcelas divididas	29
3.7.1.2. Factores en estudio.....	29
3.7.1.3. Tratamientos	30
3.7.1.4. Características de la unidad experimental	30
3.8. Variables evaluadas.....	31
3.8.1. Variable fisiológica de las plantas	31
3.8.1.1. Potencial hídrico foliar (MPa)	31
3.8.2. Variables determinadas en el suelo	31
3.8.2.1. Potencial osmótico del suelo (b)	31
3.8.2.2. Potencial hídrico del suelo (MPa).....	32
3.8.3. Variables determinadas en la planta	32
3.8.3.1. Porcentaje de germinación (%)	32
3.8.3.2. Longitud de raíz (mm)	32
3.8.3.3. Altura de planta (cm).....	32
3.8.3.4. Longitud de panoja (cm).....	33
3.8.3.5. Área foliar (cm ²)	33
3.8.3.6. Índice de cosecha (%).....	33
3.8.3.7. Rendimiento de grano (g/panoja).....	33
3.8.3.8. Diámetro de grano (mm)	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Curva representativa de temperatura y humedad promedio en walipini.	35
4.2. Análisis estadístico de las variables de respuesta	37
4.3. Porcentaje de germinación (%).....	37
4.3.1. Porcentaje de germinación para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	39
4.4. Longitud de raíz (mm)	41
4.4.1. Longitud de raíz para la interacción concentración de NaCl por genotipo de	

quinua(AxB).....	43
4.5. Altura de planta (cm).....	44
4.5.1. Altura de planta para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (B).....	46
4.6. Longitud de panoja (cm).....	48
4.6.1. Longitud de panoja para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	50
4.7. Índice de cosecha (%).....	51
4.7.1. Índice de cosecha para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	53
4.8. Diámetro de grano (mm).....	55
4.8.1. Diámetro de grano para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (AxB).....	57
4.9. Potencial hídrico foliar (MPa).....	58
4.10. Área foliar (cm ²).....	61
4.10.1. Área foliar para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (AxB).....	63
4.11. Rendimiento de grano (g/ panoja).....	64
4.11.1. Rendimiento para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	66
4.12. Potencial osmótico del suelo(bares).....	68
4.12.1. Potencial osmótico para la interacción de NaCl por genotipo de quinua (AxB).....	70
4.13. Potencial hídrico del suelo (MPa).....	72
4.13.1. Potencial osmótico para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua(A x B).....	73
5. CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	79
6. BIBLIOGRAFICA.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los suelos según la conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI).....	3
Cuadro 2. Clasificación del suelo según su intensidad de la salinidad.....	5
Cuadro 3. Clasificación de suelos sódicos según el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).....	5
Cuadro 4. Clasificación de agua de riego basada en el contenido de cloruros.....	6
Cuadro 5. Tolerancia de las plantas en relación con la CE y SAR.....	6
Cuadro 6. Información nutricional del grano de quinua (contenido en 100 g del alimento).....	15
Cuadro 7. Comparación de la composición de los valores promedios de los granos andinos con el trigo.	16
Cuadro 8. Procedencia de los genotipos de quinua en estudio	21
Cuadro 9. Combinación concentración (A) por genotipo de quinua (B).....	30
Cuadro 10. Análisis de varianza para el variable porcentaje de germinación en cuatro genotipos de quinua (B).....	37
Cuadro 11. Prueba de Tukey para comparar el porcentaje de germinación en cuatro concentraciones (A) de NaCl.....	38
Cuadro 12. Prueba de Tukey para comparar el porcentaje de germinación en cuatro genotipos de quinua (B).....	39
Cuadro 13. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	39
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	41
Cuadro 15. Prueba de Tukey para comparar en cuatro concentraciones de NaCl.....	42
Cuadro 16. Prueba de Tukey para comparar la variable longitud de raíz.....	42
Cuadro 17. Análisis simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	43
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	45
Cuadro 19. Prueba de Tukey para comparar la variable altura de planta en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	46
Cuadro 20. Prueba de Tukey para comparar altura de planta en cuatro genotipos de quinua (B).....	46
Cuadro 21. Análisis de efectos simples para la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B).	47
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable longitud de panoja	49
Cuadro 23. Prueba de Tukey para comparar la variable longitud de panoja en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	49

Cuadro 24. Prueba de Tukey para comparar longitud de panoja en cuatro genotipos de quinua (B).....	50
Cuadro 25. Análisis simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	51
Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable índice de cosecha.....	52
Cuadro 27. Prueba de Tukey para comparar el índice de cosecha en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	53
Cuadro 28. Prueba de Tukey para comparar la variable índice de cosecha en cuatro genotipos de quinua (B).....	53
Cuadro 29. Análisis simple para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	54
Cuadro 30. Análisis de varianza para el variable diámetro de grano.....	56
Cuadro 31. Prueba de Tukey para comparar el diámetro de grano en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	56
Cuadro 32. Prueba de Tukey para comparar diámetro de grano en cuatro genotipos de quinua (B).	57
Cuadro 33. Análisis simple para la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B).....	58
Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable potencial hídrico foliar.....	59
Cuadro 35. Prueba de Tukey para comparar el potencial hídrico foliar en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	60
Cuadro 36. Análisis de varianza para la variable área foliar.....	61
Cuadro 37. Prueba de Tukey para comparar la variable área foliar en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	62
Cuadro 38. Prueba de Tukey para comparar el área foliar en cuatro genotipos de quinua (B).....	62
Cuadro 39. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	63
Cuadro 40. Análisis de varianza para el variable rendimiento de grano de Quinua.....	65
Cuadro 41. Prueba de Tukey para comparar el rendimiento de grano en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	65
Cuadro 42. Prueba de Tukey para comparar la variable rendimiento de grano en cuatro genotipos de quinua (B).....	65
Cuadro 43. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	67

Cuadro 44. Análisis de varianza para el potencial osmótico.....	69
Cuadro 45. Prueba de Tukey para comparar el variable potencial osmótico en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	70
Cuadro 46. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B).....	71
Cuadro 47. Análisis de varianza para el potencial hídrico del suelo.....	72
Cuadro 48. Prueba de Tukey para comparar el potencial hídrico de suelo en cuatro concentraciones de NaCl (A).....	73
Cuadro 49. Análisis de efectos simples para la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B).....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de la comunidad Contorno Letanías, Provincia Ingavi.	20
Figura 2.	Cámara de presión tipo Sholander	27
Figura 3.	Sonda theta	27
Figura 4.	Tensiómetro	28
Figura 5.	Temperatura promedio por meses del cultivo	35
Figura 6.	Humedad relativa promedio por meses del cultivo	36
Figura 7.	Porcentaje de germinación como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipo de quinua (A x B).	40
Figura 8.	Longitud de raíz como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipo de quinua (A x B).	44
Figura 9.	Altura de planta como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipo de quinua (A x B).	47
Figura 10.	Longitud de panoja como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos (A x B).	51
Figura 11.	Índice de cosecha como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipo de quinua (A x B).	56
Figura 12.	Diámetro de grano como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos (A x B).	58
Figura 13.	Área foliar como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B).	63
Figura 14.	Rendimiento de grano como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B).	67
Figura 15.	Potencial osmótico como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B).	71
Figura 16.	Potencial hídrico del suelo como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B).	74

ANEXOS

- Anexo 1. Croquis del experimento.
- Anexo 2. Informe de análisis de suelos.
- Anexo 3. Análisis químico de suelos
- Anexo 4. Variable cuantitativa de porcentaje de germinación.
- Anexo 5. Variable cuantitativa altura de planta.
- Anexo 6. Variable cuantitativa de potencial hídrico foliar.
- Anexo 7. Datos registrados de CE, Ψ_o , Ψ_m y Ψ_s
- Anexo 8. Cálculo de capacidad de intercambio catiónico (CIC), relación de adsorción de sodio y porcentaje de sodio.
- Anexo 9. Clasificación de diferentes tratamientos utilizando fundamentalmente dos parámetros para identificar el tipo de suelo con la CE y PSI.
- Anexo 10. Toma de datos de lámina de riego por maceta.
- Anexo 11. Lámina de riego en cuatro concentraciones de NaCl.
- Anexo 12. Conductividad eléctrica anteriormente y posteriormente evaluación por concentración de NaCl.
- Anexo 13. Genotipo 1 (Ultusaya) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3)M de NaCl.
- Anexo 14. Genotipo 2 (G 205-95Dk) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3)M de NaCl.
- Anexo 15. Genotipo 3 (L-320) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) M de NaCl.
- Anexo 16. Genotipo 4 (L-1887) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) M de NaCl

Resumen

El presente trabajo de investigación titulado “**EFECTO DE ESTRÉS SALINO EN CUATRO GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN AMBIENTE PROTEGIDO**”, fue conducido durante la gestión 2003 a 2004 en la comunidad Contorno Letanías (Viacha) Provincia Ingavi, dentro de las coordenadas geodésicas 16° 30' 15" Latitud Sur y 69° 6' 18" Longitud Oeste y a una altitud de 3805 m.s.n.m.

La investigación fue evaluada bajo tres condiciones o medios de sustrato: caja Petri, sobre de enraizamiento y macetas en las cuales se empleó cuatro genotipos de quinua (Utusaya, G 205-95DK, L-320 y L-1887), en donde se han incorporado cuatro niveles de concentraciones de NaCl (0.0; 0.1; 0.2 y 0.3) M. Los ensayos fueron conducidos bajo el diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde el factor A (concentraciones) correspondió a la parcela grande por su menor grado de importancia y el factor B (Genotipos) correspondió a la parcela pequeña al ser de mayor importancia e interés.

Las variables cuantitativas que se tomaron en cuenta para el presente estudio fueron: porcentaje de germinación, longitud de raíz, altura de planta, longitud de panoja, área foliar, índice de cosecha, diámetro de grano, rendimiento de grano, potencial hídrico foliar, potencial osmótico y potencial hídrico del suelo.

Los resultados muestran que la tolerancia al estrés de NaCl en cuatro genotipos de quinua son significativamente diferentes en los cuatro niveles de concentración de NaCl, de las cuales dos genotipos fueron tolerantes Utusaya(G1) y G 205-95Dk(G2) con valores promedios de 56.75 y 10.8% y dos genotipos susceptibles L-320(G3) y L-1887 (G4) a un nivel máximo 0.3M. para la variable porcentaje germinación. Se estimulo un porcentaje de germinación en cuatro genotipos de quinua con bajas concentraciones de NaCl (0.0 y 0.1) M. Cuando se aumentó de NaCl a 0.2M el porcentaje de germinación disminuyo notablemente y en 0.3M fueron tan bajos que esta concentración podría considerarse el límite de la tolerancia.

El efecto de la solución de NaCl mostró una disminución paulatino en el crecimiento, hasta que en la concentración de NaCl 0.3M los genotipos G1 y G2 mostraron promedios de 24.1 y 24.9 cm para altura de planta respectivamente, estos resultados son corroborados en el análisis de varianza (Cuadro 18), muestra una diferencia significativa entre genotipos de quinua.

En los estados hídricos de la planta, relacionados con el potencial foliar, muestra para los genotipos tolerantes con valores promedios obtenidos de -2.76 y -3.06 MPa de potencial hídrico foliar en una concentración de NaCl 0.3M evaluados en los genotipos G1 y G2 respectivamente, estos resultados son corroborados en el análisis de varianza (Cuadro 34) muestra significancia entre genotipos de quinua.

El potencial hídrico del suelo evaluado en los cuatro concentraciones de NaCl muestra una tendencia más negativo a medida que sube el contenido de NaCl en la solución de suelo, existe una diferencia menos notorias entre los niveles de concentración (0.0, 0.1, 0.2, 0.3) M, registrándose valores de (-0.09, - 0.12, - 0.18 y -0.37) MPa, respectivamente.

1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos muy remotos el poblador andino considera el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como alimento de gran valor biológico, proteico y alta calidad en aminoácidos esenciales como la lisina, ausente en las gramíneas; constituyéndose así en alimento de primer orden en la dieta diaria. El poblador andino lo consume la quinua en diversas formas preparadas.

El establecimiento de la quinua tiene lugar preferentemente en el altiplano Boliviano – Peruano, teniendo un radio de acción mayor al de la kañahua (*Chenopodium pallidicaule* Allen), por lo que se encuentra más difundida y aceptada en los mercados locales, nacionales e internacionales.

Existen muchos factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de éstas especies constituyendo el suelo uno de los más importantes, especialmente en lo que se refiere a las características físicas, químicas y biológicas, destacando como factor negativo la salinización y alcalinización de los suelos. Ambos problemas vienen acrecentándose cada vez más por el déficit hídrico y el carácter endorreico del altiplano (Herrera y Cari, citado por Durand, 1999).

El estudio de la salinidad es importante, puesto que se calcula que 1/3 parte de la superficie arable de la tierra es árido o semiárido, y la mitad de las regiones áridas bajo riego están afectadas por la salinidad. Nos daremos cuenta que la búsqueda de plantas con tolerancia a la sal y el entendimiento de los mecanismos de tolerancia, permitirá encontrar plantas que produzcan alimentos en condiciones de salinidad del suelo (Mujica, 2004).

Clark citado por López (1995), existen diversos factores que influyen en la adaptabilidad de las plantas a condiciones de desequilibrio mineral, uno de ellos es el método genético para desarrollar plantas que sean más eficientes a los minerales y más tolerantes a los niveles bajos, altas concentraciones de sal, lo cual permite que la selección y el mejoramiento no solamente sean una posibilidad si no también una realidad.

En base a los recursos biológicos y contando con suelo salino a sódico es imperativo investigar la tolerancia a la salinidad de genotipos de quinua a diferentes concentraciones

de sal, con el fin de seleccionar las más tolerantes que posteriormente servirán de base para trabajos de mejoramiento genético.

Para lograr dicho fin nos planteamos los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de estrés salino en cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en ambiente protegido.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la tolerancia y crecimiento en cuatro genotipos de quinua en cuatro concentraciones de NaCl. (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) moles.
- Determinar el potencial hídrico foliar en cuatro genotipos de quinua en cuatro concentraciones de NaCl propuesto.
- Determinar el potencial hídrico del suelo en cuatro niveles de concentraciones de NaCl propuestos en estudio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y fuente de sales

La fuente original de las sales reside en las rocas, que después de ser afectadas por la meteorización se forman grandes cantidades de sales solubles, estos minerales primarios que se encuentran en los suelos expuestos en la corteza terrestre, también se debe por factores geomórficos, climáticos, hidrológicos (Chilón y Allison, 1996).

2.2. Causa de salinización

Teakle citado por Allison (1994), indica que la fuente directa de éstas sales presentes en los océanos, aguas superficiales y también las subterráneas, contienen disueltas y su concentración depende del contenido salino del suelo y de los materiales geológicos que han estado en contacto con esta agua.

2.3. Clasificación de los suelos salinos

Esta clasificación utiliza fundamentalmente dos parámetros para identificar los suelos, la C_{Ee} y el PSI; a partir de estas características se puede diagnosticar el tipo de suelo salino, los problemas que causa y el método de recuperación. Los suelos se clasifican en cuatro categorías:

Cuadro 1. Clasificación de los suelos según la conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

SUELO	CE_e	PSI
Suelo Normal	< 2 dS/m	< 7%
Suelo Salino	> 2 dS/m	< 7%
Suelo Sódico	< 2 dS/m	>7%
Suelo Salino – Sódico	> 2 dS/m	>7%

Fuente: Pizarro citado por Chipana (1993).

2.3.1. Suelo normal

Este término se aplica a todos aquellos suelos que contienen sales disueltas en la solución del suelo que contienen insuficiente sodio adsorbido por el complejo de cambio que se encuentra por de bajo de los límites perjudiciales, el suelo se considera normal:

- $CE_e < 2 \text{ dS/m}$
- $PSI < 7\%$

Donde:

CE_e = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en dS/m.

PSI = Porcentaje de sodio intercambiable.

2.3.2. Suelo salino

El término salino se aplica a suelos cuya conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor a 2 dS/m a 25 °C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor a 7%, generalmente el pH es menor de 8,5. Este término se aplica a todos aquellos suelos que contienen suficiente cantidad de sales solubles como para interferir con el crecimiento de la mayor parte de las plantas cultivadas (Chilón, 1996).

Pizarro, citado por Chipana (1993), indica que los suelos salinos se pueden clasificar de acuerdo a dos criterios: según el tipo de sales disueltas y según la intensidad de la salinidad, es decir, según los valores de CE_e .

- Según el tipo de sales disueltas se pueden agrupar en:
 - Suelos salinos con sodio; contienen principalmente $Cl Na$ y SO_4Na_2
 - Suelos salinos con Ca y/o Mg; contienen principalmente SO_4Mg , Cl_2Mg , $Cl_2 Ca$ y $SO_4 Ca$.
- Según la intensidad de la salinidad se clasifican en:
(Pizarro citado por Chipana, 1993).

Cuadro 2. Clasificación del suelo según su intensidad de la salinidad

Suelos salinos	CE_e (dS/m)
Suelo ligeramente salino	2 y 4 (dS/m)
Suelo medianamente salino	4 y 8 (dS/m)
Suelo fuertemente salino	8 y 6 (dS/m)
Suelo extremadamente salino	> 16 (dS/m)

Fuente: Pizarro citado por Chipana (1993).

2.3.3. Suelo sódico

Los suelos sódicos son aquellos cuyo porcentaje de sodio intercambiable son los que contienen la suficiente proporción de sodio adsorbido, en cambio la conductividad eléctrica de saturación es menor. El pH generalmente varía entre 8 hasta más de 9,5. En resumen, la identificación de suelos salinos se basa en estos dos valores:

$$CE_e < 2 \text{ dS/m a } 25^\circ\text{C}$$

$$PSI > 7$$

Cuadro 3. Clasificación de suelos sódicos según el porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

Suelos sódicos	PSI %
Suelo ligeramente sódico	7 y 15 %
Suelo Medianamente sódico	15 y 20 %
Suelo Fuertemente sódico	20 y 30 %
Suelo Extremadamente sódico	> 30 %

Fuente: Pizarro citado por Chipana (1993).

2.3.4. Suelos salino – sódico

Los suelos salino - sódico son aquellos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor a 2 dS/m a 25 °C y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 7%. Este tipo de suelos se forma como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Cuando existe exceso de sales el pH raramente es mayor de 8,5 y las partículas permanecen floculadas. Richard citado por Chipana (1993), menciona los siguientes parámetros de clasificación:

$CE_e > 4$ ds/cm a 25°C y PSI < 15% (suelo salino)

$CE_e < 4$ ds/cm a 25°C y PSI > 15% (suelo sódico)

$CE_e > 4$ ds/cm a 25 °C y PSI > 15% (suelo salino-sódico)

2.4. Características generales de plantas y ecotipos tolerantes a suelos salinos

Se puede definir tolerancia a la habilidad de la planta para sobrevivir, crecer o desarrollar con una alta actividad de un ión específico en sus tejidos (Ledesma, 1995).

La resistencia de las plantas a las sales, son aquellas que durante su proceso evolutivo se han adaptado a diferentes condiciones ecológicas, mostrando características morfológicas y fisiológicas en respuesta a los factores adversos para su desarrollo en una habitat determinado (Aragón, 1985).

Cuadro 4. Clasificación de agua de riego basada en el contenido de cloruros

Cloruros Índice	Concentración (meq/ l)	Riesgos potenciales
1	< 2	Ninguno. Ni siquiera con plantas sensibles
2	2 y 4	Daños ligeros en plantas sensibles.
3	4 y 8	Daños ligeros en plantas medianamente tolerantes.
4	>8	Daños ligeros a moderados, incluso en plantas tolerantes.

Fuente: Medina (1988).

Cuadro 5. Tolerancia de las plantas en relación con la CE y SAR

CE mmh/cm	SAR	Problema en plantas
> 0,75	< 6	No existen problemas
0,75 y 0,3	6,9 y 9	Problemas medios
> 2	>9	Problemas agravados

Fuente: Medina (1988).

Las plantas de acuerdo a su reacción a las sales se dividen en dos grupos: Halófitas y Glicófitas. El término halófilas se define a la flora nativa de los suelos salinos, éste termino es utilizado para plantas que pueden desarrollar en presencia de altas concentraciones de sales, en cambio las glicófitas no pueden desarrollar en habitat salino o bien su desarrollo está limitado (Aragón, 1985).

La capacidad de las plantas superiores para crecer satisfactoriamente sobre suelos salinos depende de un cierto número de factores correlacionados: la constitución fisiológica de la planta, su estado de crecimiento y sus hábitos (Buckman y Brady, 1985).

Los suelos pueden contener materiales o compuestos tóxicos, como la sal en exceso es nociva. En plantas se han demostrado varios mecanismos de defensa a fin de evitar la tensión por su exceso. Las plantas tolerantes (Acumuladores de sal) poseen un jugo celular de muy bajo potencial de agua, por lo que son capaces de absorber aguas saladas en altas concentraciones eliminando el exceso secretándola a través de sus glándulas especiales situadas en sus hojas (Bidwell, 1993).

2.4.1. Efectos directos de las sales en el desarrollo de la planta

Las altas concentraciones de sales en suelos, pueden disminuir el crecimiento de las plantas por efectos osmóticos (estrés de agua), por efectos específicos (desbalance de iones nutrimentales) y por efectos tóxicos (excesiva acumulación del ión) (Aragón, 1985).

Los principales solutos que se incrementan a alta salinidad en algunas especies de planta incluyen glicinabelina y prolina, la acumulación de glicinabelina es característica de grupos taxonómicos como Chenopodiaceae y Graminaeae (Aragón, 1985).

La cantidad excesiva de sodio, en particular del cloruro de sodio, sulfato de sodio y carbonato de sodio, aumentan el pH del suelo y por otra parte ocasionan lo que se denomina daño por álcalis, estos varían con respecto al tipo de planta presentándose desde la clorosis atrofía, chamuscado de las hojas o marchites hasta la completa destrucción de las plántulas (Agrios, 1985).

Las sales son más dañinos a las plantas jóvenes pero no necesariamente en el tiempo de la germinación, en altas concentraciones las semillas reducen el porcentaje de germinación e inhiben completamente por varios días, como las sales solubles se mueven con el agua en una evaporación moverá sales a la superficie del suelo donde se acumulan como costras o en polvo (Donahue, Millar y Schickluna, 1981).

Medina (1988), menciona en muchas ocasiones que incluso la planta afectada tiene una apariencia normal, aunque sea de menor tamaño y en otras ocasiones las hojas son menores y de color más oscuro de lo normal.

2.4.1.1. Potencial hídrico

Azcon y Bieto (1993), mencionan que el potencial hídrico es la cantidad de agua presente en un sistema, para algunos fines es una medida útil del estado hídrico de la planta, pero no permite determinar el sentido de los intercambios hídricos entre las diferentes partes de una planta ni entre el suelo y la planta.

Lira (1994), indica que el potencial hídrico es un concepto muy útil en fisiología vegetal; también se conoce como potencial químico, y se simboliza con la letra psi (Ψ). Su importancia radica en que el agua se mueve en respuesta a gradientes en su potencial. Cuando este se ubica más en una parte del sistema que en otra y no hay muchos obstáculos para el movimiento como una membrana impermeable, el agua se mueve hacia el punto de menor potencial.

Fuentes (1998), menciona que las moléculas en estado líquido se encuentran en continuo movimiento, debido a fuerzas de atracción y repulsión mutuas, por cuyo motivo el agua se comporta como un poderoso disolvente, en donde las moléculas de otras sustancias pueden moverse y reaccionar químicamente. Esta movilidad de las moléculas del agua depende de su energía libre, es decir, de la fracción de su energía total que puede transformarse en trabajo.

2.4.1.2. Presión osmótica

La presión osmótica viene a ser una magnitud (son los valores que se registran en los procesos osmóticos que realizan las plantas a nivel celular, expresado en atmósferas), en la fisiología, es una propiedad coligativa de una disolución, es decir, es directamente proporcional al número de moléculas de soluto disueltas en una cantidad dada de disolvente, señalando los siguientes factores que afectan a la presión osmótica (Pérez, 1991)

- El contenido de agua en el suelo
- La cinética del crecimiento de la planta
- El incremento de los carbohidratos solubles en la intensidad fotosintética.
- La presión osmótica de la solución del suelo.

La tolerancia al estrés osmótica puede ser de dos tipos: Por evasión de la deshidratación y por tolerancia a la deshidratación. Esta última permite a la célula sobrevivir a la primera respuesta al estrés o sea la disminución del turgor; sin embargo, esto mantiene a la planta en estado de no crecimiento.

Por otro lado la evasión de la deshidratación permite la rehidratación, el retorno del turgor y la renovación del crecimiento celular. Esto es posible como resultado de un incremento de solutos en la célula. Este proceso es llamado osmoregulación, compensación osmótica o ajuste osmótico (Aragón, 1985).

Las funciones más importantes que desempeña la membrana celular, consiste en mantener en equilibrio la presión osmótica entre el líquido intracelular y el líquido extracelular, este equilibrio es importante para la supervivencia de la célula (Chávez, 1987).

El potencial osmótico del suelo puede limitar la absorción de agua en los solutos se acumulan en las especies libres en la periferia de la endodermis radical, ya como la energía del agua disminuye y, con esta su capacidad de movimiento hacia el interior de la planta (Lira, 1994).

Las plantas también poseen su propio potencial, que resulta de los solutos disueltos, normalmente la concentración de solutos en la raíz es bastante elevado para exceder el potencial hídrico del suelo húmedo. El agua se desplaza hacia la raíces como respuesta a diferencia de potencial. Así, la presencia de sales en los suelos eleva la presión osmótica y dificulta en casos extremos imposibilita la absorción de agua por parte de la planta. (Font, 1985).

Kramer citado por Reynaldo (1995), indica que el aumento del contenido de sales se atribuye generalmente a una absorción reducida de agua, causada por efectos osmóticos de un potencial hídrico reducido en el suelo o en la solución en que se desarrollan las plantas. También señala que el potencial osmótico de la solución del suelo baja a menudo hasta un punto tal que el crecimiento de los cultivos se retrasa e impide y, en situaciones extremas, toda la vegetación puede ser eliminada excepto algunas especies halófitas.

En agua dulce las presiones osmóticas son muy bajas, pero a medida que el agua se va cargando de sales la presión osmótica sube llegando a pasar 20 atmósferas en el agua (Font, 1985).

2.5. Toxicidad de iones

Ledent (1998), indica que una proporción demasiado de sodio respecto al potasio, así como concentraciones elevadas en sales totales, inactivan a las enzimas y bloquean la formación de proteínas, en cambio la fotosíntesis es inhibida también por tazas altas de concentración de sodio y cloro en los cloroplastos.

2.5.1. Sodio

Breazeale citado por Allison (1994), indica que el sodio del suelo puede ejercer efectos secundarios importantes sobre el desarrollo vegetal a través de modificaciones estructurales adversas en el suelo, también puede dispersarse causando aireación deficiente y baja disponibilidad del agua.

Pizarro (1887), menciona que a medida que el agua es transpirada el sodio se va concentrando en las hojas causando sequedad o quemaduras del tejido, dañando nervios hacia el centro de la hoja. Estos síntomas se observan antes en las hojas más antiguas ya que se requiere cierto tiempo antes de que la acumulación alcance proporciones de toxicidad.

Medina (1988), indica que el sodio tiene un efecto indirecto sobre las plantas pues influye sobre todo en la estructura del suelo, reduciendo su coeficiente de infiltración y por tanto su conductividad hidráulica. Se producen fenómenos de encharcamiento periódico debido a la formación de costras en el suelo que pueden afectar a la planta.

2.5.2. Cloruros

Breazeale citado por Allison (1994), indica que los altos niveles de cloruros pueden interferir en la nutrición con nitrógeno, fósforo o azufre, en la absorción de aniones esenciales presentes en los substratos salino, es de muy poca importancia relativa y que la disminución en el desarrollo vegetal en un medio no ésta relacionada en grado apreciable a una disminución en la disponibilidad de aniones esenciales.

Pizarro y Medina (1988), mencionan que el anión cloro no es adsorbido por el complejo de cambio, pero se encuentra disuelto en la solución del suelo, de donde puede ser absorbido por las raíces y conducido a las hojas, donde se puede acumular causando quemaduras iniciándose en la punta extrema de la hoja provocando una caída prematura del follaje.

2.6. Distribución del cultivo de la quinua

Pearsall citado por Mujica *et al.* (2004), indican que desde más de siete mil años se cultiva la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la región andina, llegando así a formar uno de los principales cultivos de granos por su alto contenido de proteínas que proporciona alimento a los pobladores rurales.

Tapia citado por Mujica *et al.* (2004), mencionan que el cultivo de la quinua se adaptada a condiciones diversas, algunas variedades se cultivan bajo precipitaciones escasas, como es el altiplano del sur de Bolivia, sugiriendo tolerancia a sequía. Por otro lado se cultivan en áreas elevadas de precipitaciones, por ejemplo en Cochabamba.

Jacobsen y Risi citado por Mujica *et al.* (2004), mencionan que la variabilidad genética de la quinua es muy amplia, encontrándose desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altura desde los 40 °S hasta los 2 °N y en climas fríos, propios de las tierras de gran altitud, así como en los climas más calidos de los valles andinos llegando hasta condiciones subtropicales.

2.6.1. Características del cultivo de la quinua

La quinua pertenece a la familia de las Chenopodiaceae, son plantas autóctonas de América Andina y originarias de Perú y Bolivia, principalmente de la hoya del lago Titicaca. La historia y reportes actuales dan mayor importancia a la quinua de quien se dice ser el “arrocillo” o “trigo indio” y una de las plantas más cultivadas y consideradas como sagrada para los Incas. Considerando las características agronómicas como: la estructura de la planta, tamaño, forma, inflorescencia y color de grano. (Tapia *et al.* citado por Durand, 1999), se pueden diferenciar hasta cuatro grandes grupos: Quinuas de valle, altiplano, de los salares y a nivel del mar.

La quinua del grupo de los salares crecen en las llanuras del altiplano, soportando suelos con pH muy altos de 7,5 – 8,5 (salinos y alcalinos) y prosperan bajo climas muy secos con una precipitación pluvial de 300 mm. Son plantas muy adaptadas a la producción de grano, con panojas que pueden rendir hasta 150 g, cada una representando una inflorescencia amarantiforme densa.

El grano es de mayor tamaño hasta 2.3 mm con alto contenido de saponina que le confiere un sabor amargo, con alto valor proteico adaptadas a condiciones xerófitas extremas y su crecimiento inicial requiere humedad para esto se utiliza hoyos cavados al momento de la siembra en la zona de los salares al Sur de Bolivia (Tapia *et al.* citado por Durand, 1999).

En la cuantificación de los aminoácidos y desde el punto de vista de su composición química aproximada, la quinua podría sustituir como fuente calórico y proteico, tanto en la nutrición humana como animal, la proteína de la quinua contiene todos los aminoácidos esenciales en valores apreciables puesto que superan los requerimientos mínimos necesarios del ser humano también una excelente calidad nutritivo en relación con otros cereales, a los que se agregan la arginina e histidina cuyos valores son altos (Marcial y Vásconez, 1988).

2.6.2. Fases fenológicas del cultivo de la quinua

La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciales, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta. Según Mujica y Canahua, citado por Lescano y Mujica *et al.* (2004). se han identificado doce fases fonológicas.

a) Emergencia de plántulas

La fase de emergencia es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra, siendo susceptibles al ataque de aves en sus inicios, pues como es dicotiledonea, salen las dos hojas cotiledonales protegidas por el epispermo y parecería mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves, por la succulencia de los cotiledones.

b) Dos Hojas verdaderas

La fase de dos hojas verdaderas es cuando fuera de las hojas cotiledonales aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata*.

c) Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aun están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra. En esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como (*Epitrix subcrinita* y *Diabrotica*).

d) Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando es sometida a bajas temperaturas y al anochecer, estrés por déficit hídrico o salino.

e) Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta al tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice, sino por debajo de éste y en caso de bajas temperaturas que afecten a las plantas, se produce el “ Colgado” del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle.

f) Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurisaca quinoa* (Q'hona-q'hona), formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las hojas.

g) Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales.

h) Inicio de floración

La fase de inicio de floración es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulo las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón.

i) Floración

La floración es cuando el 50% de las flores se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

j) Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente.

k) Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Q'hona-q'hona (*Eurisaca quinoae*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano.

I) Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado al ser presionado por la uñas, presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 135 a 210 días después de la siembra dependiendo de la variedad el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, así mismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

2.6.3. Valor nutritivo del grano de quinua

Ayala *et al.* citado por Mujica *et al.* y Rea (2004), mencionan que el valor nutritivo del grano supera al de los principales cereales de mayor consumo a nivel mundial, además es el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales en proporciones relativamente altas, estos aminoácidos presentes en el grano de quinua, se encuentran cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación.

Cuadro 6. Información nutricional del grano de quinua (contenido en 100 g del alimento)

Característica	Contenido
Calorías (g)	368
Humedad (G)	10,2
Proteínas (g)	12,5
Grasa (g)	6,4
Carbohidratos (g)	67,6
Fibra (g)	3,1
Cenizas (g)	3,3
Calcio (mg)	124
Fósforo (mg)	205
Hierro (mg)	5,2
Tiamina (mg)	0,24
Riboflavina (mg)	0,25
Niacina (mg)	1,6

Fuente: Collazos citado por PROINPA y MACIA (2003).

Koziol (1990), indica que los aminoácidos esenciales en 100 gramos de proteínas requeridos en la alimentación humana y animal, la quinua proporciona 4.0 de fenilalanina, 4.9 de isoleucina, 6.6 de leucina, 6.0 de lisina, 2.3 de metionina, 3.7 de treonina y 0.9 de triptófano y 4.5 de valina; en algunos casos estos superan al arroz, cebada, maíz, trigo y frijol, comparándose favorablemente con la proteína de la leche.

El Cuadro 7, representa la comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales de mayor consumo a nivel mundial, mostrando un mayor contenido de grasa, proteína y cenizas en el grano de quinua en comparación de la composición de los granos andinos con el trigo, siendo menor el contenido de fibra y carbohidratos en la quinua.

Por su alto contenido de grasa y proteína de origen vegetal revela que se trata de un alimento energético y proteico. Al respecto Collazos *et al.* citado por PROINPA y MACIA (2003), indican que el verdadero valor nutritivo del grano de quinua esta en la calidad de su proteína, es decir, en el balance de aminoácidos esenciales que le otorga un alto valor biológico.

Cuadro 7. Comparación de la composición de los valores promedios de los granos andinos con el trigo

Características	Quinua	Cañahua	Amaranto	Trigo
Proteínas (g)	11,7	14	12,9	8,6
Grasa (g)	6,3	4,3	7,2	1,5
Carbohidratos (g)	68	64	65,1	73,7
Fibra (g)	5,2	9,8	6,7	3
Ceniza (g)	2,8	5,4	2,5	1,7
Humedad (%)	11,2	12,2	12,3	14,5

Fuente: Collazos citado por PROINPA y MACIA (2003).

2.6.4. Requerimiento de suelo del cultivo de la quinua

Mujica *et al.* (2004), indican que el cultivo de la quinua prefiere un suelo franco pero puede adaptarse a suelos francos arenosos o franco arcilloso, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados de la quinua.

2.7. Tolerancia del cultivo de la quinua a la salinidad

Durand (2004), indica que se seleccionaron accesiones de quinua en previos de la Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú, a diferentes concentraciones de NaCl (16, 32 y 57 mS/cm), siendo las más adecuadas las accesiones 03-08-656, 30-21-49, 03-21-128, 03-21-188, 03-21-297, 03-21-357, 04-02-586, 270,310, 369 y variedad Sajama que poseen un poder germinativo 100% y una fluctuación de energía germinativa del 65 – 100%, en la segunda concentración siendo las tolerantes 03-08-755, 344, 03-08-685, 665, 371, 03-21-188, 270, 639, 388 y variedad Sajama , en la tercera concentración salina fueron 03-08-656, 665, 342 y la variedad Sajama.

Quispe (2004), menciona que la tolerancia a la salinidad bajo las condiciones de invernadero, en campo experimental del CIP, Lima-Perú, dos variedades de quinua (Utusaya y 03-21-036) y una de Amaranto (Oscar Blanco) a diferentes concentraciones, Perú las variedades estudiadas la Utusaya mostró mayor producción de semilla, en cambio 03-21-036 mostró mayor producción de biomasa, ambos tuvieron mejores respuestas bajo el medio salino.

Cari (2004), indica que el mayor rendimiento de grano y materia seca en quinua en predios de la Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú, se obtuvo en el rango de salinidad letal para el crecimiento y desarrollo de las plantas de quinua por encima de 8,1 a 16 mS/cm. Los efectos de la sal son la disminución del tamaño de la planta y defoliación. La variedad Kancolla resultó con mayor tolerancia a la sal que la variedad Sajama.

Jacobsen *et al.* (2004), indican que en concentraciones salinas 0,0; 9,5; 18; 28,5; 30, 47,5; 57, 66,5; 76, 85,5; y 95 mS/cm en 15 accesiones siendo las más adecuadas en concentración 0,6 M NaCl, es decir, las semillas de genotipos tolerantes a la sal germinan más del 75 % después de 6 a 7 días.

2.8. Plagas y enfermedades

Lescano y Ortiz *et al.* citado por Mujica *et al.* (2004), indican las especies fitófagas persistentes en poblaciones ocasionan pérdidas directas e indirectas en el cultivo de la quinua, estas son: Ticonas (*Feltia experta*), gusano de tierra o cortadores (*Copitarsia*

turbata), Kona Kona (*Scrobipalpula sp*), mosca minadora (*Lyriomiza bresiliensis*), Achu o kachua (*Epicauta latitarsis*), pulguillas (*Epitrix sp.*), pulgones (*Myzus sp.*), trips (*Frankliniella tuberosi*) y otros.

Las enfermedades que se presentan en el cultivo de la quinua son: Mildiu (*Peronospora farinosa*), Mancha foliar (*Ascochyta hyalospora*), podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua*) y mancha ojival del tallo (*Phoma sp.*). Bacterias: Mancha bacteriana (*Pseudomonas sp*) y otros. Nemátodos: falso nematodo de nudo (*Nacobbus sp.*) nemátodos de quiste (*Heterodera sp.*) y otros. Virus: mosaico (*Sowbane mosaic*) y otros (Mujica *et al.* 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general de la comunidad de Letanías

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad Contorno Letanías, Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz situado a 35 kilómetros de distancia de la ciudad de La Paz. Sus coordenadas geográficas son: 16° 30' 15" Latitud Sud y 69° 6' 18" Longitud Oeste, la misma se encuentra a una altitud de 3805 m.s.n.m. como se muestra en la fig.1. Letanías limita al Nor oeste con el cerro Huacullani, al este con la comunidad de Choquenaira y al Sud este con la comunidad de Patapatani.

3.1.1. Características agro ecológicas

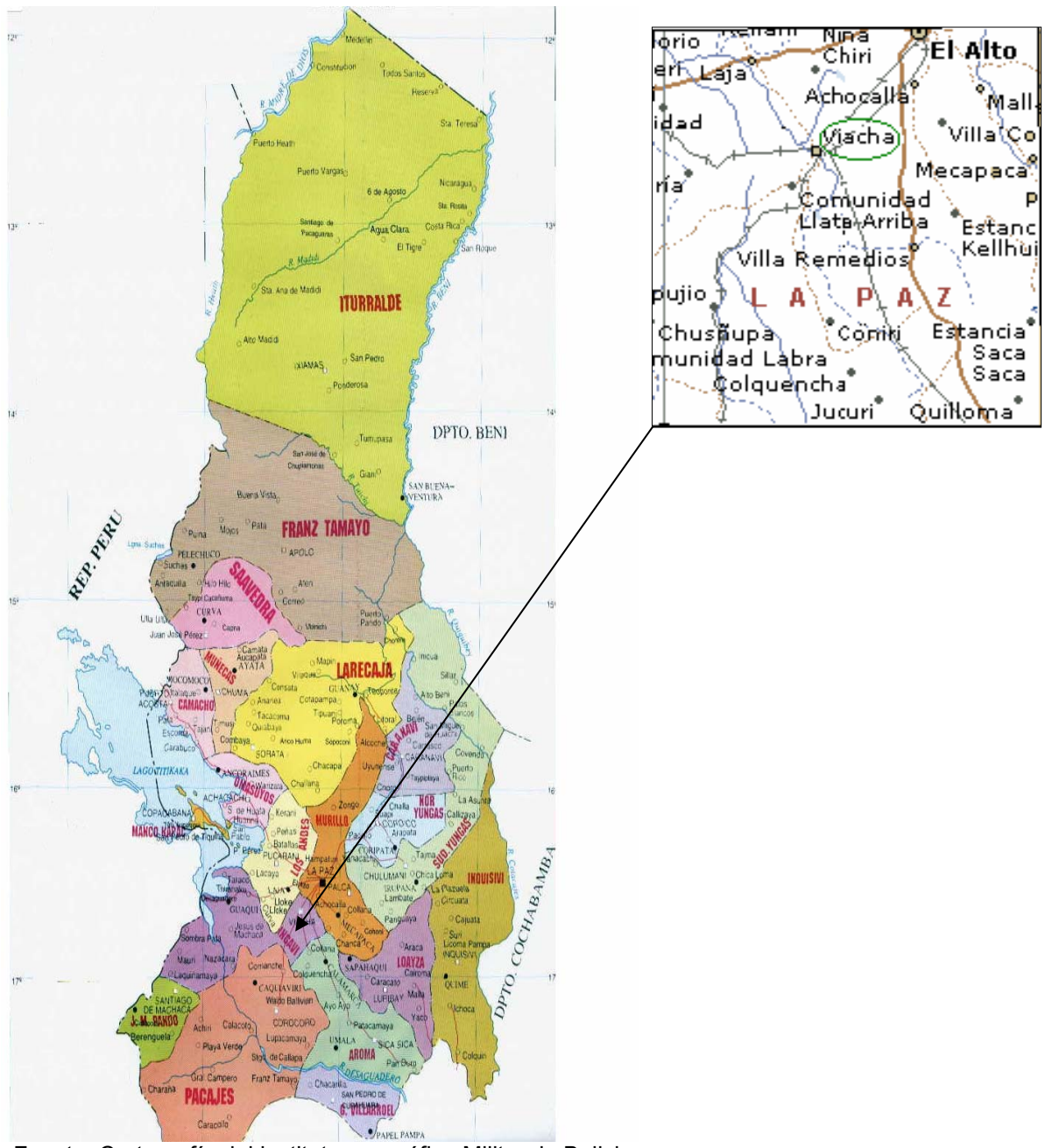
Los suelos de la comunidad están integrados por planicies y serranías las cuales poseen una capa arable que varía entre 10 a 15 cm, pudiendo observarse indicios de erosión hídrica y eólica en diferentes grados. Existen aguas superficiales en pozos poco profundos y con regular potencial hídrico, que permite asegurar el consumo familiar y parte del riego (Holdridge citado por Ayaviri, 1996).

3.1.2. Características climáticas del walipini

Las condiciones de Walipini registra temperatura máxima de 42°C y temperatura mínima 10°C en verano (diciembre – febrero) y en invierno 0 a 35°C, con un promedio 23 °C, con una humedad máxima 80 % y la mínima 20%, con una humedad relativa de 35% en invierno.

3.1.3. Características climáticas de la zona

Las principales características de la zona presentan un promedio anual de precipitación de 460 mm y tormentas de granizo que causan pérdidas con mayor frecuencia de cosecha (Montes de oca, 1989). Todos los meses de año la humedad absoluta son prácticamente secos y la temperatura media anual varía 10°C en verano (Diciembre a Febrero), 7.4°C en invierno. La variación de temperatura está en función a la época del año registrándose las temperaturas bajas en los meses de mayo, junio e inclusive julio. (Holdridge citado por Ayaviri, 1996).



Fuente: Cartografía del instituto geográfico Militar de Bolivia

Figura 1: Localización de la comunidad Contorno Letanías, Provincia Ingavi

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales biológicos

Entre el material biológico se empleó cuatro genotipos de quinua del programa de investigación de la Fundación PROINPA. Para mayor facilidad de comprensión se empleó la siguiente simbología (Cuadro 8).

Cuadro 8. Procedencia de los genotipos de quinua en estudio

Simbología	Genotipo	Procedencia
G1	UTUSAYA	Altiplano Sur
G2	G 205 – 95 Dk	Costa
G3	L – 320	Altiplano central
G4	L – 1887	Valle

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio empleados fueron: Cloruro de sodio, agua destilada, balanza de precisión, caja Petri, pipeta, vaso de precipitado, vernier digital, lupa y gotero.

3.2.3. Material de campo

Los materiales de campo empleados en la investigación fueron: rastrillo, picotas, pala, tamiz, carretilla, flexo metro, bolsas de polietileno, cámara de presión tipo Sholander, sonda Theta, tensiómetro, hidrotermómetro, nitrógeno gaseoso, sobres de enraizamiento, cámara fotográfica, libreta de campo, regla, marcadores, papel milimetrado, nylon con medidas 25.5x 18 cm, papel secante, placa de acetato, tierra del lugar, arena y turba.

3.2.4. Características generales de los genotipos de quinua en estudio

3.2.4.1. Genotipo Utusaya

La variedad nativa Utusaya pertenece a la Raza Real siendo de ciclo semiprecoz, que requiere aproximadamente 160 días para llegar a su madurez fisiológica, presenta una altura de 0.95 m, de crecimiento ramificado con ramas cortas, el color de la planta a la madurez fisiológica es rojo claro, la inflorescencia es una panoja de forma amarantiforme, el tamaño del grano es grande de color blanco y con saponina (amargo), de diámetro 2,04 mm, espesor 1.10 mm, con un rendimiento de ensayo experimental de 1300 Kg/ha y a nivel de agricultor 650 – 750 Kg/ha.

3.2.4.2. Genotipo G-205-95DK

Tiene la característica de ser precoz requiere 135 días para llegar a su madurez fisiológica, presenta una altura de 0.90 m, de crecimiento ramificado con ramas largas, color de planta a la floración verde oscuro, color de planta a la madurez fisiológica púrpura, tipo de panoja glomerulada, color de grano blanco de tamaño de grano mediano y con saponina (amargo).

3.2.4.3. Genotipo Línea – 320

Tiene un carácter semiprecoz, que requiere aproximadamente 160 días para llegar a su madurez fisiológica, presenta una altura de 1 m de crecimiento ramificado con ramas cortas, color de la planta a la floración es verde, color de la planta a la madurez fisiológica amarillo pálido, tipo de panoja glomerulada, color de grano blanco con tamaño de grano mediano y sin saponina (dulce).

3.2.4.4. Genotipo Línea 1887

La línea 1887 proviene de la selección del Banco de Germoplasma, tiene un carácter tardío, que dura aproximadamente 210 días para llegar a su madurez fisiológica, presenta una altura 1.5 - 2 m de crecimiento ramificado con ramas largas, color de la planta a la floración verde, color de la planta a la madurez fisiológica amarillo pálido, tipo de panoja glomerulado, color de grano blanco, tamaño de grano mediano y sin saponina (dulce).

3.3. Métodos

Para la investigación se ha realizado un estudio preliminar con cinco niveles de concentración de NaCl (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 y 0,5) M en ambiente protegido (Walipini), con el objetivo de obtener información básica, ya que no existen trabajos específicos realizados sobre la tolerancia del cultivo de la quinua.

3.3.1. Procedimiento experimental

El trabajo de investigación titulado “Efecto de estrés salino en cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en ambiente protegido, se efectuó bajo tres condiciones o medios de sustrato en las cuales se establecieron un ensayo en cada uno de ellos. Los

sustratos o medios fueron: caja Petri, sobres de enraizamiento y macetas, donde se adicionaron los siguientes niveles de concentraciones de cloruro de sodio: (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) Moles que equivale en la misma concentración una conductividad eléctrica de 0.47, 9.1, 18.2 y 27.4 dS/m.

3.3.2. Muestreo y análisis de sustrato

Una vez obtenida el sustrato, se procedió al muestreo, operándose al azar en todo el sustrato, sacándose una muestra con la pala cada cierto trecho, tomándose aproximadamente 10 muestras individuales las mismas se juntaron, mezclaron y se cuartearon para formar una muestra compuesta. Posteriormente se procedió al embolsado de la muestra un kilo de sustrato, con su respectivo etiquetado y envió al laboratorio de calidad ambiental de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés.

3.3.3. Preparación del área experimental

La preparación del área experimental de los tres ensayos se estableció de acuerdo al diseño experimental, para lo cual se ha elaborado anticipadamente el croquis, posteriormente se procedió con la siembra de los genotipos de quinua en forma escalonada, que a continuación serán descritos cada uno de los ensayos:

3.3.3.1. Preparación de caja Petri y siembra

La prueba en laboratorio se empleó 16 unidades de cajas Petri, las cuales fueron divididas en cuatro compartimientos utilizando piezas de lámina de acetato de tal forma que los compartimientos mantienen condiciones de homogeneidad entre si y representan las unidades experimentales. Terminada la preparación se procedió a la siembra en fecha 1 de septiembre de la gestión 2003, colocándose a cada unidad experimental cien semillas de los genotipos de quinua en estudio, posteriormente fueron humedecidas las semillas con dos ml de solución (0,0, 0,1, 0,2 y 0,3) Moles de NaCl para su respectiva evaluación de porcentaje de germinación.

3.3.3.2. Preparación de sobres de enraizamiento y siembra

La prueba de sobres de enraizamiento se empleó 16 unidades con medidas de 25,5 cm de largo y 18 cm de ancho. En cada unidad se empleó ambas superficies del sobre, distribuyéndose así en una proporción de ocho partes de tal forma que los compartimientos mantienen condiciones de uniformidad entre si y representan las unidades experimentales. Seguidamente se procedió a la siembra en fecha 3 de septiembre de la gestión 2003, donde se implantó a cada unidad experimental tres semillas de los genotipos de quinua en estudio, posteriormente fueron humedecidas las semillas con diez ml de su respectiva solución (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) M de NaCl para su respectiva evaluación de longitud de raíz.

3.3.3.3. Preparación de sustrato y siembra en maceta

En la prueba de macetas primeramente se preparó el sustrato en función a la relación de 1:1:1, abono, arena fina y tierra del lugar, posteriormente se siguió a su respectiva mezcla del sustrato con el objetivo de homogenizarlo. Seguidamente se embolso 128 unidades con un peso de 3500 g de sustrato para luego ser marbeteado cada maceta y posteriormente se procedió a la siembra en fecha 9 de septiembre de la gestión 2003, depositándose diez semillas de genotipos de quinua, para luego ser irrigado con una lámina de riego inicial de 300,1 ml de agua destilada por maceta hasta los 43 días de la siembra (6 hojas verdaderas) en esa etapa se sometió a las plantas a estrés salino incorporando a las macetas con sus respectivas soluciones de sal (0,0, 0,1, 0,2 y 0,3) M de NaCl.

3.4. Cálculo de agua disponible para el cultivo

La programación de riego para un suelo franco arenoso se realizó con la ayuda de un equipo de sonda Theta obteniendo datos de humedad actual del suelo en horas de mañana, esta programación de riego se mantuvo hasta la fase de grano pastoso. Según Fuentes (1998), menciona el agua disponible para las plantas es el agua disponible contenida en la profundidad del suelo que alcanzan las raíces esta determinado por medio de la siguiente formula:

$$AD = (H_{cc} - H_{ac}) * \text{prof.}$$

Donde:

AD = Agua disponible para el cultivo (ml)

H_{cc} = Humedad de capacidad de campo (%)

H_{ac} = Humedad actual (%)

Prof= Profundidad de la maceta (cm)

3.5. Labores culturales

3.5.1. Raleo y Aporque

La quinua como cualquier otra planta es sensible a la competencia de agua, nutriente, luz y espacio sobre todo en los primeros estados por ello se realizó el raleo manual a los 50 días después de la siembra dejando una planta por maceta. Por otra parte, también se ha realizado en dos oportunidades el aporque o adición de sustrato en las unidades experimentales: primeramente a los 45 días después de la siembra se realizó el aporque con un peso de 100 g de sustrato (mezcla remanente) así mismo la fertilización con urea colocado al pie de la planta y el segundo aporque se realizó a los 68 días después de la siembra con un peso de 200 g de mezcla, con el propósito de facilitar el sostén de la planta y las panojas que se desarrollan, evitando de este modo el tumbado o vuelco de las plantas.

3.5.2. Control de plagas

La presencia de plagas en las unidades experimentales fue controlado con compuestos químicos, este control se efectuó en dos fases fenológicas panojamiento y grano lechoso: en primera arremetida fue a los 73 días después de la siembra se presentó el ataque de pulgones (*Myzus sp.*) y que fue controlado con la aplicación del producto comercial Karate en dosis 20 cc/20 l de agua más adherente Biol 15 cc/20 l de agua. En segunda arremetida fue a los 124 días después de la siembra se presentó la mosca minadora (*Liriomiza bresilensis*), fue controlado con la aplicación del producto insecticida Fastax 6ml/1 l de agua más adherente Biol 15 cc/20 l de agua.

3.5.3. Cosecha

La cosecha de las plantas de quinua se efectuó en forma escalonada de acuerdo a la madurez fisiológica de los granos de quinua, debido a la heterogeneidad que resultó de los tratamientos propuestos. Es así los genotipos Utusaya y G 205-95Dk del tratamiento 0,0 y 0,1M de NaCl fue cosechada a los 158 días después de la siembra, seguida de los genotipos Utusaya, G 205-95Dk, L-320 y L-1887 del tratamiento en concentraciones de 0,2; 0,3; 0,0 y 0,1M de NaCl a los 165 días después de la siembra y finalmente se cosechó los genotipos L-320 y L-1887 del tratamiento en concentración de 0,2M de NaCl a los 173 días después de la siembra.

3.5.4. Trilla y limpieza de semilla

El material cosechado fue sometido al secado en ambiente de walipini, Una vez secada las muestras se procedió al registrado de peso de cada unidad experimental, para luego proseguir con la trilla manual que consistió con el pisoteo en una lona para segregar la semilla con el perigonio, una vez hecha esa actividad se separó el jipi con el grano de quinua mediante el venteo con la ayuda de un envase, realizando esta operación hasta obtener el grano de quinua sin impurezas. Finalmente el grano de quinua obtenido se registró su peso y se etiquetó con su respectiva identificación.

3.6. Equipos usados en el experimento

3.6.1. Cámara de presión tipo Scholander

Para las mediciones del potencial hídrico foliar, se empleó una cámara de presión tipo Scholander (fig. 2). El procedimiento se realizó de acuerdo a la metodología del autor (Reynaldo, 1995), que consistió en cortar una hoja más el pecíolo dejando una sección de ella hacia fuera de la cámara de presión, mediante un sistema de conducción de nitrógeno gaseoso se insufla paulatinamente hacia el interior de la cámara; penetrando a través de los estomas hacia el interior de los tejidos. En el momento donde se compensó la tensión de succión en la planta con la presión aplicado se produjo el regreso del agua por el xilema exudando, es donde nos indicó el punto en el manómetro que corresponde a un determinado potencial.



Figura 2: Cámara de presión tipo Sholander

3.6.2. Sonda Theta

Se determinó el contenido de agua de la matriz del suelo. El cuerpo de la sonda Theta presentada (fig. 3), que contiene un oscilador sinusoidal, una sección de línea de transmisión coaxial y un circuito de medición. La cabeza del sensor tiene cuatro varillas, de las cuales tres exteriores están conectadas a un instrumento de tierra y forma un protector eléctrico alrededor de la varilla central de la señal. El procedimiento se realizó de acuerdo a la metodología del autor (Jacobsen y Mujica, 1999), consistió en insertar la parte extremo inferior de la sonda a la parte media de las macetas con el propósito de obtener el dato de humedad actual.



Figura 3: Sonda Theta

3.6.3. Conductivímetro

Se utilizó el conductivímetro para expresar la cantidad de sales disueltas en un volumen de solución por medio de su conductividad eléctrica en unidades de dS/m, cuanto mayor sea la CE mayor será la concentración de sal. El procedimiento para medir la CE_e se realizó de acuerdo a la metodología del autor (Chilón, 1996), primeramente se tomó 10 g de muestra por unidad experimental, añadiendo 20 ml de agua destilada hasta su saturación y extrayendo el agua de la pasta resultante mediante succión a través de un filtro que no deje pasar las partículas del suelo.

3.6.4. Tensiómetro

Para la evaluación del potencial matricial se utilizó el tensiómetro (fig. 4), constituida por una cápsula porosa conectada a un tubo capilar y al extremo conectado a un manómetro graduado generalmente en unidades de Kpa y centibares. La instalación y calibración del tensiómetro se realizó de acuerdo a la metodología del autor (Moore, 1999). Primeramente se retiró la cubierta de plástico del extremo cerámica y se llenó al depósito del tensiómetro de agua destilada y se dejó previamente el instrumento en un envase con agua limpia durante una noche.

Posteriormente se realizó una perforación en el sustrato con las medidas exactas para el tensiómetro a una profundidad de 10 cm y se espero hasta que el manómetro se estabilice.



Figura 4: Tensiómetro

3.7. Procedimiento experimental

3.7.1. Diseño Experimental

El experimento de estrés salino en cuatro genotipos de quinua fue conducido bajo el diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones donde el factor A (concentraciones) correspondió a la parcela grande por su menor grado de importancia y el factor B (Genotipos) correspondió a la parcela pequeña que se le asignó la mayor importancia e interés y se analizó con mucho más cuidado (Calzada 1982).

3.7.1.1. Modelo lineal Aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \beta_j + \alpha\beta_{(ij)} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel de concentración de Cloruro de sodio

ε_{ik} = Error de parcela principal

β_j = Efecto del j-ésimo genotipo de quinua

$\alpha\beta_{(ij)}$ = Interacción del i-ésimo nivel de concentración de NaCl con el j-ésimo genotipo.

ε_{ijk} = Error experimental

3.7.1.2. Factores en estudio.

Factor (A): Concentraciones

A_0 : 0,0 M NaCl = 0.47 dS/m

A_1 : 0,1 M NaCl = 9.1 dS/m

A_2 : 0,2 M NaCl = 18.3 dS/m

A_3 : 0,3 M NaCl = 27.4 dS/m

Factor (B): Genotipos de quinua

B_1 : Utusaya

B_2 : G 205-95Gk

B_3 : L -320

B_4 : L -1887

3.7.1.3. Tratamientos.

Los tratamientos fueron establecidos de la siguiente manera: cuatro concentraciones de NaCl (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) Moles combinados con cuatro genotipos (Utusaya, G -205 Dk95, L -320 y L -1887) formando un total de diez y seis tratamientos.

Cuadro 9. Combinación de factores concentración (A) por genotipo de quinua (B)

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
A ₀	A ₀ B ₁	A ₀ B ₂	A ₀ B ₃	A ₀ B ₄
A ₁	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₁ B ₄
A ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₂ B ₄
A ₃	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃	A ₃ B ₄

3.7.1.4. Características de la unidad experimental.

Las características del ensayo se establecieron en el Walipini (ver anexo 1), donde se manejó las siguientes medidas:

Número total de tratamientos 16

Número de repeticiones 4

Área total del experimento 4.5 m²

Área neta del experimento 7.5 m²

Área de las calles 2.7m²

Bolsa de polietileno

Ancho de la bolsa 0,16 m

Largo de la bolsa 0,27 m

Volumen de la bolsa 5428.67 cc

Área de la bolsa 0,00814 m²

Calle entre bolsa 0.75 m

Parcelas

Número total de parcelas	64
Número de parcelas por repetición	16
Largo del ensayo	6 m

3.8. Variables evaluadas

3.8.1. Variable fisiológica de las plantas

3.8.1.1. Potencial hídrico foliar

En el apartado 3.6.1, se indica la metodología que se procedió para el variable potencial hídrico foliar. Sin embargo se determinó esta variable en dos fases fonológicas: inicio de panojamiento y panojamiento, donde se obtuvo la muestra del primer tercio de la planta en horas de la mañana. Las lecturas fueron expresadas en (MPa).

3.8.2. Variables determinadas en el suelo

3.8.2.1. Potencial osmótico del suelo

El potencial osmótico del suelo se determinó una vez incorporado las soluciones y al final del ensayo. Para esta variable se analizaron la conductividad eléctrica, para lo cual se extrajo 10 gr de muestra por unidad experimental, este extracto se preparó añadiendo 20 ml de agua destilada hasta saturarla dejándola equilibrar y después se extrajo el líquido filtrando con un embudo en un recipiente para luego leer con un conductímetro, (Chilón, 1996). Las determinaciones del potencial osmótico se la realizaron mediante la siguiente fórmula:

$$\Psi_s = - 0,36 * CE_e$$

Donde:

- Ψ_s = Potencial osmótico de la solución del suelo (b)
- 0,36 = Factor de corrección
- CE_e = Conductividad Eléctrica del extracto (dS/m)

3.8.2.2. Potencial hídrico del suelo

El potencial hídrico del suelo se determinó una vez incorporado los cuatro niveles de concentración de NaCl en los tratamientos propuestos. Esta variable es la suma algebraica de estos componentes: potencial matricial, osmótico y gravimétrico, esta dada por la siguiente fórmula y las lecturas fueron expresadas en MPa, (Chilón, 1996).

$$\Psi_s = \Psi_o + \Psi_m + \Psi_p$$

Donde:

Ψ_s = Potencial hídrico del suelo (MPa)

Ψ_o = Potencial Osmótico (b)

Ψ_m = Potencial matricial (b)

Ψ_p = Potencial de presión (b)

3.8.3. Variables determinadas en la planta

3.8.3.1. Porcentaje de germinación

La variable porcentaje de germinación se evaluó visualmente en base a 100 semillas para el proceso de germinación por tratamiento. Para ello se contó el número de semillas germinadas en horas de mañana y tarde, luego se transformó a porcentaje de germinación.

3.8.3.2. Longitud de raíz

La longitud de raíz se evaluó desde la germinación hasta las dos hojas cotiledonales. La evaluación se inicio desde el momento que salió la radícula hasta el ápice de la cofia, tomándose datos dos veces por día (8:00 a.m. y 5:00 p.m.), para la cual se empleó una regla graduada en milímetros (mm).

3.8.3.3. Altura de planta

La altura de planta fue evaluada por planta individual, tomándose registro en forma consecutiva y con una frecuencia de una vez por semana. La medida de la altura se tomó desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma. Esta variable fue evaluada desde la fase de ocho hojas hasta la madurez fisiológica empleando para ello una regla graduado en cm.

3.8.3.4. Longitud de panoja

La longitud de panoja fue medida desde la fase de inicio de panojamiento hasta la madurez fisiológica tomando en cuenta la base de la panoja al ápice de la misma. La toma de datos se registró con una frecuencia de siete días empleando una regla graduada en cm.

3.8.3.5. Área foliar

El área foliar se evaluó a partir de la fase de ramificación hasta inicio de grano lechoso, tomando tres hojas representativas de cada tercio (superior, medio e inferior) de la planta, registrándose también el número de hojas por planta y por tratamiento. Las mediciones se realizaron por el método destructivo, reproduciendo la hoja sobre el papel milimetrado y determinado el área foliar por el conteo de cuadrículas y luego expresarlo en (cm²).

3.8.3.6. Índice de cosecha

El índice de cosecha se evaluó después de la cosecha y se tomó la relación del grano libre de impurezas entre el peso total del vástago de la planta (Tallo + hoja + grano). Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$IC = Psh / (Pst + Psh + Psg)$$

Donde:

IC = Índice de cosecha

Psh = Peso seco de la hoja (g)

Pst = Peso seco del tallo (g)

Psg = Peso seco del grano (g)

3.8.3.7. Rendimiento de grano

Una vez separado el grano mediante la trilla, tamizado y venteado se evaluó el rendimiento de grano por panoja para luego ser registrado su peso con su respectiva identificación y se expresó el rendimiento de grano en gramos por panoja (g/panoja).

3.8.3.8. Diámetro de grano

La variable de diámetro de grano fue medido con la ayuda de un calibrador digital en unidades de mm, para este propósito se tomó 20 semillas representativas por tratamiento de las cuales se obtuvieron el promedio, y se expresó en milímetros (mm).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Clima y suelo

En la investigación el comportamiento de temperatura y humedad promedio en walipini, registradas durante el periodo 2003 a 2004 presentó variantes durante su ciclo vegetativo, que a continuación se ilustra en la Figura 2.

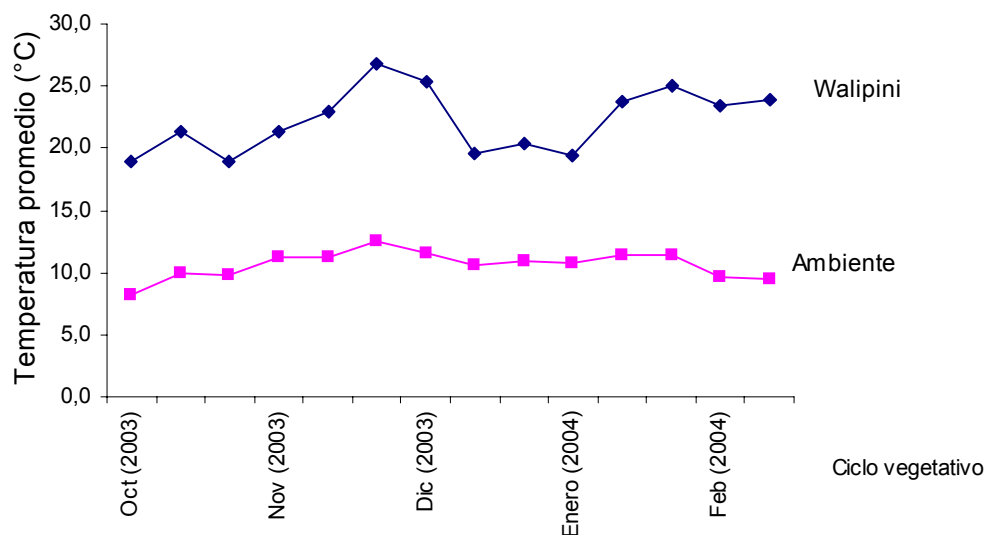


Figura 5. Temperatura promedio por ciclo vegetativo en los periodos 2003 - 2004.

Como se puede observar en la Figura 5, la temperatura mínima media en walipini se registró durante el mes de noviembre con un valor de 19 °C, y la temperatura máxima media se dio durante el mes de diciembre alcanzando un valor 26.8 ° C, Así mismo las demás lecturas de temperaturas promedio durante su ciclo vegetativo oscilan entre 19.6 a 25.4 °C.

Ayaviri (1996), menciona que las temperaturas máximas y mínimas en los walipinis, tienen una variación en relación a los meses que se presenta obteniéndose valores que fluctúan entre 36.79 y 6.77 °C respectivamente.

Luque (2004), indica que las temperaturas mínimas en walipini se registraron durante el mes de septiembre y finales de octubre obteniéndose valores de 18°C, así mismo las temperaturas máximas se registran a inicio del mes de septiembre con valores de 29 °C.

Martínez (1998), menciona que las temperaturas máximas en walipinis es de 36 °C (fluctuación entre 1 a 11 °C), mientras en campo abierto – 5.16 °C (fluctuación entre 13.6 a 15 °C).

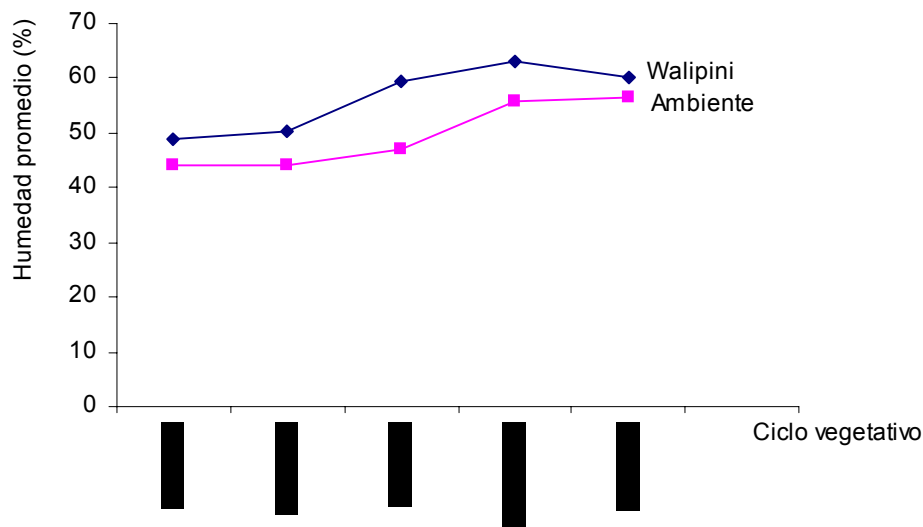


Figura 6. Humedad relativa promedio por ciclo vegetativo en los periodos 2003-2004

La humedad relativa promedio en walipini alcanzó valores elevados durante el mes de enero a causa de una mayor precipitación, registrándose una máxima media promedio de 62.96%, en cambio la humedad mínima relativa promedio se dio durante el mes de octubre con un valor de 48.9%. Así mismo las demás lecturas de humedad promedio durante su ciclo vegetativo oscilan entre 50,3 a 60%.

Ayaviri (1996), menciona que la humedad relativa máximas y mínimas dentro de los walipinis, se registró con valores de 85.40 y 26.17% respectivamente.

Luque (2004), indica que la humedad relativa máxima en walipini se registra en septiembre, octubre y noviembre, registrándose un descenso a comienzos del mes de octubre llegando a 20%.

De acuerdo al análisis de suelo (Anexo 2, 3 y 4), efectuado en el Instituto de Ecología Laboratorio de Calidad ambiental y Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), con muestras tomadas del sustrato, las mismas presentaron las siguientes propiedades físico – químicas:

- Propiedades físicas.

Las características físicas corresponden al sustrato experimental el cual presentó una textura franco arenosa, capacidad de campo 21%, punto de marchitez permanente 9,1% y una Densidad Aparente de 1.5 g/cc, coherente para el tipo de textura FA al igual que la Densidad Real.

- Propiedades químicas.

Las proporciones químicas antes del ensayo (Anexo 8), corresponden a: conductividad eléctrica 4.3, 8.3 y 12.1 dS/m, la relación de adsorción de sodio presentó 4.08, 5.08 y 9.8 meq/l, la capacidad de intercambio catiónico 7.69, 8.96 y 11.0 meq/100g y un porcentaje de sodio intercambiable 4.54, 6.7 y 8.9 meq/100g presentes en las concentraciones 0,1; 0,2 y 0,3 moles, respectivamente.

Las proporciones químicas después del ensayo (Anexo 8), corresponden a: conductividad eléctrica 1.15, 2.67 y 8.1 dS/m, la relación de adsorción de sodio presentó 1.12, 1.88 y 8.5 meq/l, la capacidad de intercambio catiónico 5.94, 7.96 y 10,2meq/100g y un porcentaje de sodio intercambiable 0,39, 1.48 y 3.89 meq/100g presentes en las concentraciones 0,1; 0,2 y 0,3 moles, respectivamente.

Los análisis de suelos antes y después del ensayo, las diferencias proporciones químicas correspondientes probablemente se deba a la absorción de cationes por los genotipos de quinua, ya que la planta presenta mecanismos de defensa y modificaciones, uno de ellos es expulsar la sal en compuesto de oxalato de calcio en forma cristalina a través de los estomas.

4.2. Análisis estadístico de las variables de respuesta

Aplicando métodos estadísticos para las variables cuantitativas se analizaron las siguientes variables de respuesta: Porcentaje de germinación, longitud de raíz, altura de planta, longitud de panoja, área foliar, índice de cosecha, diámetro de grano, rendimiento de grano, potencial osmótico, potencial hídrico foliar y suelo.

4.3. Porcentaje de germinación

El análisis de varianzas (ANVA) para el porcentaje de germinación en cuatro niveles de concentración de NaCl se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el variable porcentaje de germinación en cuatro genotipos de quinua (B)

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	158.063	52.68	1.21	3.86 Ns
Concentración (A)	3	111533.5	37177.85	855.07	3.86 *
Error (A)	9	391.31	43.47		
Genotipo (B)	3	9007.31	3002.43	94.47	2.86 *
Interacción (AB)	9	9082.56	1009.17	31.75	2.21 *
Error	36	1144.125	31.78		
Total	63	131316.9			

$$C V = 9.67\%$$

C.V. Coeficiente de variación

Ns No significativo

* Significativo

El análisis (Cuadro 10), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que el porcentaje de germinación en las repeticiones es homogéneo, mientras los factores (A) y (B) existen diferencias entre cuatro niveles de concentración de NaCl en el porcentaje de germinación y los valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio. En cambio la interacción en los cuatro niveles de concentración de NaCl tiene un efecto heterogéneo en el porcentaje de germinación de los cuatro genotipos de quinua.

El coeficiente de variación (CV) 9.67%, indica que los resultados son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), señalada que un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Jacobsen y Mujica (1999), mencionan que la germinación se retrasa a dosis creciente de Na, donde la especie ajusta sus mecanismos internos. Esto tiene una relación directa con los mecanismos vinculados a la activación de enzimas ligadas al metabolismo de los azúcares.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para comparar el porcentaje de germinación en cuatro concentraciones (A) de NaCl

Concentraciones	Promedio porcentaje de germinación (%)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	100	A
0,1M NaCl	100	A
0,2M NaCl	18.14	B
0,3M NaCl	15.63	B

La prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) al 5% de probabilidad (Cuadro 11) reporta que las concentraciones 0,0 y 0,1M de NaCl estadísticamente no afectaron el porcentaje de germinación, por lo tanto se asume que ambos niveles son similares y superiores (100%) frente a los niveles próximos, en cambio las concentraciones de NaCl 0,2 y 0,3 M afectaron y redujeron extremadamente el porcentaje germinación, lo que se deduce estadísticamente que ambos niveles son similares e inferiores (18.143 y 15.63%) frente a los niveles bajos de concentraciones de NaCl en estudio.

La diferencia se debe indudablemente al paulatino aumento o elevación de presión osmótica en el suelo, su efecto se dio como resultado en los cuatro genotipos de quinua incidiendo en la disminución significativa en la absorción de la humedad necesaria para la germinación de la semilla en estudio.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para comparar el porcentaje de germinación en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio porcentaje de germinación (%)	Tukey ($\alpha=0,05$)
Utusaya	78.81	A
G 205-95Dk	52.38	B
L - 320	52.25	B
L - 1887	50,31	B

De acuerdo a la clasificación de Tukey (Cuadro 12) reporta que el genotipo Utusaya estadísticamente es diferente y superior (78.81%) frente a los demás genotipos en estudio para la variable porcentaje de germinación, en cambio los genotipos: G 205-95Dk, L- 320 y L -1887 estadísticamente son similares entre si (52.38, 52.25 y 50,31%) e inferiores frente al genotipo de quinua Utusaya. La diferencia de genotipos radica en gran parte a las diferencias genéticas entre genotipos y que esta asociada a la procedencia del material genético puesto que Utusaya es del altiplano Sur donde las condiciones del suelo han determinado su adaptación a condiciones salinas.

4.3.1. Porcentaje de germinación para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para demostrar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), para el variable porcentaje de germinación, se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
a1 b	2,25	0	0,0	0,00	3.08 Ns
a2 b	2,25	0	0,0	0,00	3.08 Ns
a3 b	2,25	133,42	59,3	7,55	3.08 *
a4 b	2,25	149,24	66,3	8,45	3.08 *
Error	36	283	7,9		

El Cuadro 13, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias no significativas entre porcentaje de germinación (%) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0 M de NaCl) y a2 (0,1 M de NaCl). En cambio existen diferencias significativas entre porcentaje de germinación (%) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a3 (0,2 M de NaCl) y a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), en base al variable porcentaje de germinación, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 7).

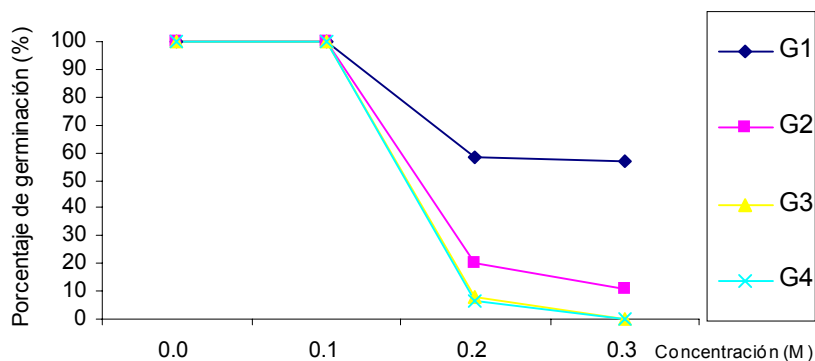


Figura 7. Porcentaje de germinación como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 7, ilustra que los genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen un comportamiento homogéneo para la variable porcentaje de germinación en las concentraciones 0,0 y 0,1 M de NaCl, sin embargo en el nivel 0,2 hasta 0,3 M de NaCl los cuatro genotipos de quinua disminuyen en forma descendiente con el acrecentamiento de NaCl. Estas diferencias se deben a los grados de sales en el sustrato, donde el exceso de iones no permitió hidratarse la semilla para poner en contacto el endosperma con el embrión y debido al efecto letal e irreversible en los genotipos susceptibles.

Al respecto Jacobsen y Mujica (1999), indica que entre 0,0; 0,1 y 0,2M la germinación se retrasa pero alcanza casi el mismo porcentual final. Desde 0,3 hasta 0,4M se reduce casi en un 50%.

4.4. Longitud de raíz

El análisis de varianza (ANVA) para la longitud de raíz en cuatro niveles de concentraciones de NaCl, se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz en cuatro genotipos de quinua (B)

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	1965.75	655.25	1.75	3.86 Ns
Concentración (A)	3	28700.7	9566.9	25.56	3.86 *
Error (A)	9	3368.60	374.28		
Genotipo (B)	3	10099.9	3366.6	12.61	2.86 *
Interacción (AB)	9	8731.16	970,13	3.63	2.21 *
Error	36	9609.75	266.93		
Total	63	62475.8			

C V = 25.47%

El análisis de varianza (Cuadro 14), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que la longitud de raíz en las repeticiones es homogénea o similar, mientras los factores concentración (A) y genotipos (B) existe una diferencia significativa entre cuatro niveles de concentración de NaCl y los valores promedios de los cuatro genotipos de quinua para la variable longitud de raíz en estudio. En cambio la interacción concentración por genotipos (A x B) de cuatro niveles de concentración de NaCl tiene un efecto heterogéneo para la longitud de raíz de cuatro genotipos de quinua.

El coeficiente de variación (CV) 25.47%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), señala que un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 15. Prueba de Tukey para comparar la longitud de raíz en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio de longitud de raíz (mm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,1 M NaCl	79.79	A
0,2 M NaCl	76.26	A
0,0 M NaCl	70.74	A B
0,3 M NaCl	55.12	B

De acuerdo a la clasificación de Tukey ($\alpha=0,05$) de probabilidad (Cuadro 15) reporta que las concentraciones 0,0; 0,1, y 0,2M de NaCl estadísticamente no afectaron la longitud de raíz para los tres niveles, por tanto son similares (70.74, 79.79 y 76.26 mm) pero superiores frente al nivel 0,3M (55.12mm), mientras que los niveles 0,0 y 0,3M a la vez estadísticamente para ambos son similar (70.74 y 55.12 .mm).

En este caso, el promedio mayor de longitud de raíz se atribuye a la capacidad de enraizarse profundamente aun en condiciones de salinidad y estrés incidiendo la permanencia de la turgencia celular y manteniendo el potencial hídrico alto – 2.9 MPa. En caso de de aquellos plantas sensibles baja el potencial hídrico de tal manera que los competidores no puedan ya más extraer agua del suelo.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para comparar la variable longitud de raíz en cuatro genotipos

Genotipo	Promedio de longitud de raíz (mm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
Utusaya	83.687	A
G 205-95Dk	64.375	AB
L - 1887	54.930	AB
L – 320	51.680	B

Las comparaciones de Tukey (Cuadro 16) reporta que el genotipo Utusaya estadísticamente es diferente y superior (83.68 mm) pero similar frente a los genotipos de quinua L-320, y 1887. De la misma forma la L-320 estadísticamente es diferente e inferior (51.68 mm) pero a la vez relativamente es similar frente a los genotipos de quinua G205 y L-1887 (64.37 y 54.93 mm) entre sí.

Al respecto Pizarro (1987), indica que la absorción de agua del suelo por las raíces de las plantas exige a estas un esfuerzo mayor, en efecto las raíces se comportan como membrana semipermeable que separan dos soluciones de distinta concentración, y por lo tanto de distinto potencial osmótico en el exterior el agua del suelo y en el interior la del xilema.

4.4.1. Longitud de raíz para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B), para la variable longitud de raíz, se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	29,6142922	13,2	1,74	3.08 Ns
a2 b	2,25	13,3979422	6,0	0,79	3.08 Ns
a3 b	2,25	27,78	12,3	1,63	3.08 Ns
a4 b	2,25	201,53	89,6	11,84	3.08 *
Error	36	272	7,6		

El Cuadro 17, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias no significativas entre longitud de raíz (mm) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0 M de NaCl), a2 (0,1 M de NaCl) y a3 (0,2 M de NaCl). En cambio

existe una diferencia significativa entre longitud de raíz (mm) de los genotipos de quinua en el nivel de concentración a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), en base a la variable longitud de raíz, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 8).

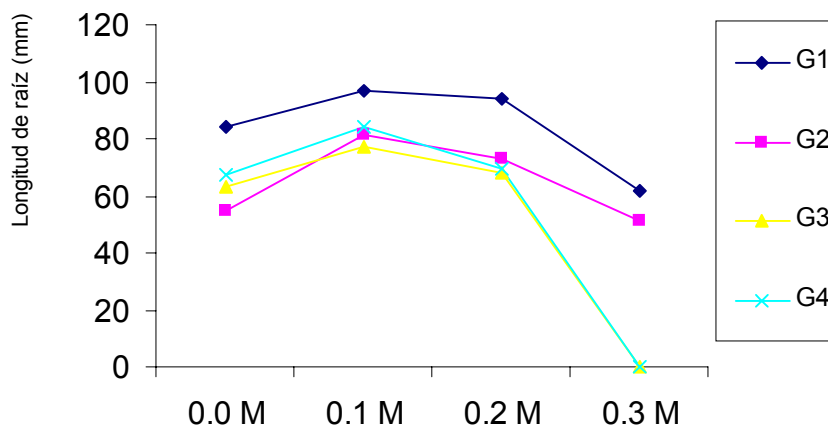


Figura 8. Longitud de raíz como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 8, ilustra que los genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 que tienen una tendencia ascendente desde el nivel de concentración 0,0 hasta 0,1 M de NaCl, sin embargo a partir del nivel de concentración 0,1M de NaCl, el comportamiento de los cuatro genotipos de quinua en estudio disminuye linealmente en dirección descendiente hasta llegar al nivel máximo 0,3 M de NaCl en estudio.

La diferencia se atribuye principalmente a la concentración de sodio que inhibe la absorción de agua por las raíces, desencadenando un déficit hídrico importante en la planta. Según Azcon (1993), menciona al respecto que existen situaciones en las que la concentración de sales en el suelo llega a ser tan elevada que impide o disminuye la absorción de agua, provocando una condición denominada sequía osmótica.

4.5. Altura de planta

El análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de planta en cuatro niveles de concentraciones de NaCl, muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable altura de planta en cuatro genotipos de quinua (B)

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	35037.56	11679.1	2.8026	3.86 Ns
Concentración (A)	3	25084.31	308361.4	73.9958	3.86 *
Error (A)	9	37505.56	4167.285		
Genotipo (B)	3	81402.31	27134.104	3.4148	2.86 *
Interacción (AB)	9	26741.81	58526.868	7.3655	2.21 *
Error	36	86058.87	7946.080		
Total	63	1891830.4			

$$CV = 28.33\%$$

El análisis de varianza (Cuadro 18), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que la altura de planta en las repeticiones es homogénea, mientras los factores (A) y (B) existen diferencias entre cuatro niveles de concentración de NaCl en la altura de planta y los valores promedios de cuatro genotipos de quinua en estudio. En cambio la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tienen un efecto heterogéneo en la altura de planta de cuatro genotipos de quinua.

Al respecto Durand (1999), menciona que las diferencias en altura probablemente se deban a la diversidad genética, coadyuvando por los factores externos en la fase vegetativa y de producción.

El coeficiente de variación (CV) 28.33%, el mismo indica que, los datos son confiables, puesto que su valor es menor a 30%, valor límite en trabajos de campo.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para comparar la variable altura de planta en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio altura de planta (cm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	46.81	A
0,1 M NaCl	38.37	A B
0,2 M NaCl	31.93	B
0,3 M NaCl	11.93	C

La comparación de Tukey (Cuadro 19) reporta que las concentraciones 0,0 y 0,1M de NaCl estadísticamente no afectaron la altura de planta para ambos niveles, por tanto son similares (46.81 y 38.37 cm) pero superiores frente al nivel máximo 0,3M (11.93cm), a la vez los niveles 0,1 y 0,2M que estadísticamente son similar (38.37 y 31.93 cm).

Esta reducción de crecimiento vegetal está relacionada a una disminución de la disponibilidad de agua aprovechable en los sustratos salinos y a una carencia de nutrientes. López y López (1990), indican que uno de los efectos del sodio altera las propiedades físicas del suelo como también causa el incremento de la succulencia en la planta.

Cuadro 20. Prueba de Tukey para comparar altura de planta en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio altura de planta (cm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
L - 1887	39.87	A
G 205-95Dk	30.75	B
Utusaya	30.62	B
L - 320	27.81	B

La prueba de Tukey (Cuadro 20) reporta que el genotipo de quinua L-1887 estadísticamente es diferente y superior (39.87 cm) frente a los genotipos de quinua G

205-95Dk, Utusaya y L – 320. Sin embargo los genotipos G 205-95Dk, Utusaya y L – 320 que estadísticamente son similares e inferiores a L-1887 (30.75, 30.62 y 27.81 cm).

El valor mayor promedio obtenido se deduce a la diferencia de genes y al medio en que los rodea, quienes estos dos factores son los que se encargan de gobernar el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta.

4.5.1. Altura de planta para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), para la variable altura de planta, se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Análisis de efectos simples para la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	33,5211328	14,9	5,67	3.08 *
a2 b	2,25	16,2347656	7,2	2,74	3.08Ns
a3 b	2,25	7,39	3,3	1,25	3.08Ns
a4 b	2,25	37,50	16,7	6,34	3.08 *
Error	36	95	2,6		

El Cuadro 21, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias significativas entre altura de planta (cm) de los genotipos de quinua en niveles de concentración a1 (0,0M de NaCl) y a4 (0,3M de NaCl). En cambio no existen diferencias significativas entre altura de planta (cm) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a2 (0,1M de NaCl) y a3 (0,2M de NaCl)

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), en base a la variable altura de planta, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 9).

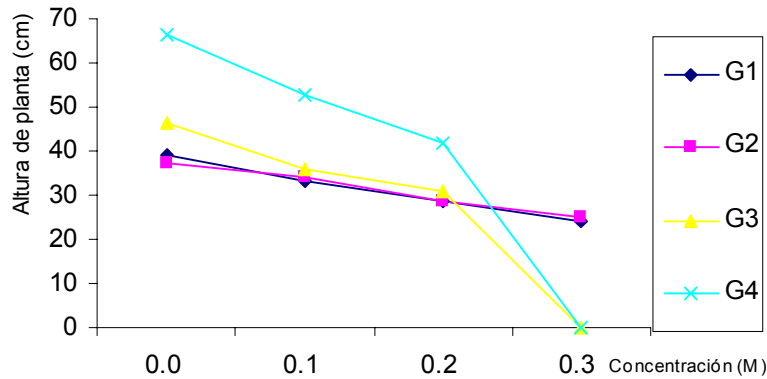


Figura 9. Altura de planta como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 9, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen un comportamiento más o menos lineal en una dirección descendente desde la concentración 0,0 M NaCl hasta el nivel máximo 0,3 M NaCl para la variable altura de planta. Esto representa que a medida que aumenta la concentración salina la altura de planta disminuye paulatinamente.

En el ensayo la diferencia se debe a los niveles de NaCl que principalmente al exceso de Na tiene la propiedad de ejercer efectos colaterales sobre el crecimiento vegetal a través de modificaciones estructurales adversas en el suelo salino que ocasiona un estrés hídrico a la planta.

Azcon y Bieto (1993), menciona que el ácido abscísico es un inhibidor del crecimiento en todas las plantas, incluso en los mutantes deficientes en ABA son severamente afectados, nos permite inferir que el ABA es de vital importancia para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de las plantas.

4.5. Longitud de panoja

El análisis de varianzas (ANVA) para la variable longitud de panoja en cuatro concentraciones de NaCl, se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable longitud de panoja en cuatro genotipos de quinua (B)

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	80.90722	26.9690	6.0567	3.86 *
Concentración (A)	3	1869.993	623.331	139.98	3.86 *
Error (A)	9	40,07519	4.45279		
Genotipo (B)	3	1053.32	351.108	60,022	2.86 *
Interacción (AB)	9	117.3525	13.0388	2.232	2.21 *
Error	36	210.5849	5.84958		
Total	63	3372.238			

$$C V = 21.24\%$$

El análisis de varianza (Cuadro 22), muestra una diferencia significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que la longitud de panoja en las repeticiones es heterogénea, mientras los factores (A) y (B) existen diferencias entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en la longitud de panoja y valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio. En cambio la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tienen un efecto heterogéneo en la longitud de panoja de los cuatro genotipos de quinua.

El coeficiente de variación (CV) 21.24 %, el mismo indica que los datos son confiables, puesto que su valor es menor a 30%, valor límite en trabajos de campo.

Cuadro 23. Prueba de Tukey para comparar la variable longitud de panoja en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio longitud de panoja (cm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	18.63	A
0,1 M NaCl	14.00	B
0,2 M NaCl	8.55	C
0,3 M NaCl	4.35	C

La comparación de medias de Tukey (Cuadro 23) reporta tres grupos de medias en las cuales el primer grupo integrado por la concentración 0,0M con promedio de longitud de panoja 18.63 cm, el segundo grupo integrado por la concentración 0,1M con promedio de longitud de panoja 14 cm y el último grupo conformado por las concentraciones 0,2 y 0,3M de NaCl con promedio de longitud de panoja 8.55 y 4.35 cm.

Cuadro 24. Prueba de Tukey para comparar longitud de panoja en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio longitud de panoja (cm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
Utusaya	14.91	A
L - 320	13.45	A
G 205-95Dk	12.68	A
L – 1887	4.50	B

La comparación de Tukey (Cuadro 24) reporta que los genotipos Utusaya, L – 320 y G 205-95Dk que estadísticamente los tres genotipos de quinua son similares y superiores (14.9, 13.4 y 12.6 cm) frente al genotipo de quinua L-1887, sin embargo este genotipo es diferente e inferior (4.5 cm) a los demás genotipos en estudio para la variable longitud de panoja.

El valores mayores promedios obtenidos se deduce a la diversidad genética y al medio externo que los rodea, quienes estos dos factores son los que se encargan de gobernar el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta.

4.4.1. Longitud de panoja para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B), para la variable longitud de panoja, se muestra en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Análisis simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	10,1453516	4,5	7,57	3.08 *
a2 b	2,25	4,09229492	1,8	3,05	3.08 Ns
a3 b	2,25	2,42	1,1	1,80	3.08 Ns
a4 b	2,25	4,78	2,1	3,57	3.08 *
Error	36	21	0,6		

El Cuadro 25, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias significativas entre longitud de panoja (cm) de genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0 M de NaCl) y a4 (0,3 M de NaCl). En cambio no existen diferencias significativas entre longitud de panoja (cm) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a2 (0,1M de NaCl) y a3 (0,2M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), en base a la variable longitud de panoja, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 10).

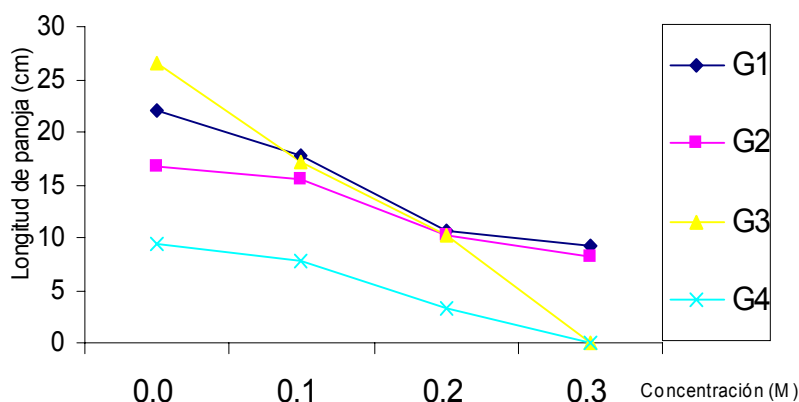


Figura 10. Longitud de panoja como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 10, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen una tendencia que disminuye paulatinamente en dirección descendiente desde la concentración 0,0 M hasta el nivel máximo de 0,3 M NaCl, siendo el de mayor valor el genotipo L-320 con 26.45 cm en (0,0M) y el menor valor el genotipo G 205-95Dk con 8.175 cm en (0,3M) para la variable longitud de panoja en estudio.

Es decir a medida que se va incrementado los niveles de concentración de NaCl induce a una disminución en forma paulatina la variable longitud de panoja en los cuatro genotipos.

La heterogeneidad de longitud de panoja se debe a las condiciones medio ambientales en el cual se desarrolla el cultivo, ya que la longitud de panoja está directamente relacionada con la altura de planta (Riquelme, 1998).

4.7. Índice de cosecha

El análisis de varianzas (ANVA) para la índice de cosecha en cuatro concentraciones de NaCl se muestra en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable índice de cosecha en cuatro de genotipos de quinua

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	30708.3	10236.1	1.1543	3.86 Ns
Concentración (A)	3	1536109.0	512036.3	57.743	3.86 *
Error (A)	9	79807.563	8867.507		
Genotipo (B)	3	1102418.5	367472.8	40.432	2.86 *
Interacción (AB)	9	242326.3	26925.14	2.9626	2.21 *
Error	36	327185.6	9088.490		
Total	63	3318555.4			

C V =25.90%

El análisis (Cuadro 26), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que el índice de cosecha en las repeticiones es homogénea, mientras los factores (A) y (B) existen diferencias entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en el índice de cosecha y valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en

estudio. En cambio la interacción de cuatro niveles de concentración de NaCl tiene un efecto heterogéneo en el índice de cosecha de los cuatro genotipos de quinua.

El coeficiente de variación (CV) 25.9%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), señala que un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 27. Prueba de Tukey para comparar el índice de cosecha en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio índice de cosecha (%)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	54.68	A
0,1 M NaCl	44.75	AB
0,2 M NaCl	33.25	BC
0,3 M NaCl	13.18	C

La comparación de Tukey (Cuadro 27) reporta tres grupos de similitud de medias, el primer grupo integrado por las concentraciones 0,0 y 0,1M con promedios de índice de cosecha 54.68 y 44.75%, el segundo grupo integrado por las concentraciones 0,1 y 0,2M con promedios de índice de cosecha 44.75 y 33.25% y el tercer grupo integrado por las concentraciones 0,2 y 0,3M con promedios de índice de cosecha 33.25 y 13.18%.

Cuadro 28. Prueba de Tukey para comparar la variable índice de cosecha en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio índice de cosecha (%)	Tukey ($\alpha=0,05$)
Utusaya	46.9	A
G 205-95Dk	45.03	A
L – 320	37.37	A
L – 1887	15.15	B

La comparación de Tukey (Cuadro 28), reporta que los genotipos de quinua Utusaya, G 205-95Dk, y L – 320 estadísticamente son similares y superiores con (46.9, 45.03 y 37.37%) frente al genotipo de quinua L-1887, sin embargo el genotipo L -1887 estadísticamente es diferente e inferior (14.68%) frente a los demás genotipos de quinua para la variable índice de cosecha.

4.7.1. Índice de cosecha para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), para la variable índice de cosecha, se muestra en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Análisis simple para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	17,0616188	7,6	1,40	3.08 Ns
a2 b	2,25	53,5369672	23,8	4,40	3.08 *
a3 b	2,25	79,32	35,3	6,51	3.08 *
a4 b	2,25	44,98	20,0	3,69	3.08 *
Error	36	195	5,4		

El Cuadro 29, reporta que el análisis de efectos simples describe una diferencia no significativas entre el índice de cosecha (%) de los genotipos de quinua en el nivel de concentración a1 (0,0M de NaCl). En cambio existen diferencias significativas entre índice de cosecha (%) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a2 (0,1M de NaCl), a3 (0,2M de NaCl) y a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), en base al índice de cosecha, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 11).

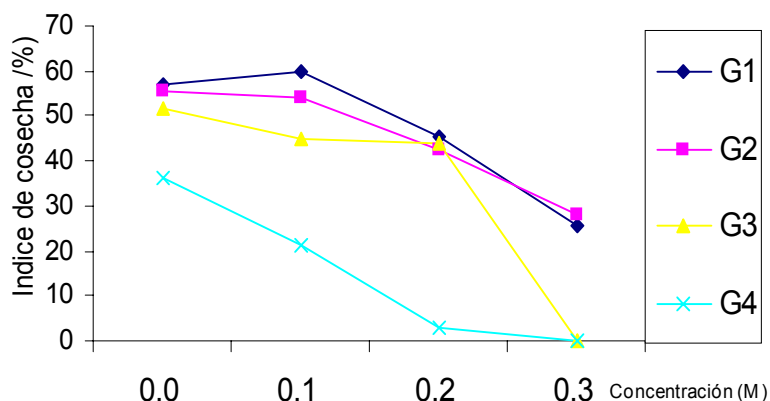


Figura 11. Índice de cosecha como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 11, ilustra que el genotipo Utusaya tiene una tendencia ascendente desde la concentración 0,0 a 0,1M. Al mismo tiempo los genotipos G 205-Dk, L-320 y L-1887 disminuyen linealmente a medida que sube la concentración de NaCl, siendo el de mayor valor el genotipo Utusaya con 59.76% en el nivel (0,1M) y siendo el de menor valor los genotipos L-320 y L -1887 con cero unidades en el nivel (0,3M) para la variable índice de cosecha en estudio.

Las diferencias de estos valores registrados se deben al grado de salinidad de cloruro de sodio que provocó sequía osmótica a nivel del suelo, a razón de este factor el cultivo no llega a formar grano ya que requiere agua en la fase de floración y grano lechoso. Los déficit hídrico no solo pueden reducir el índice cosecha (IC), si no que en algunos especies pueden incluso aumentarlo la biomasa como el índice de cosecha (Lira, 1994).

4.8. Diámetro de grano

El análisis de varianzas (ANVA) para el variable diámetro de grano en cuatro concentraciones de NaCl, se muestra en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Análisis de varianza para el variable diámetro de grano en quinua

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	0.62500	0,208333	3.7500	3.86 Ns
Concentración (A)	3	14.6250	4.875000	87.7500	3.86 *
Error (A)	9	0.50000	0,055556		
Genotipo (B)	3	3.62500	1.208333	11.2258	2.86 *
Interacción (AB)	9	2.00000	0,2222	2.644	2.21 *
Error	36	3.87500	0,107639		
Total	63				

$$C V = 27.63\%$$

El análisis (Cuadro 30), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que el diámetro de grano en las repeticiones es homogénea, mientras los factores (A) y (B) existen diferencias significativas entre los cuatro niveles de concentración de NaCl para el diámetro de grano y valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio. En cambio la interacción de cuatro niveles de concentración de NaCl tiene un efecto heterogéneo en el diámetro de grano de los cuatro genotipos de quinua.

El coeficiente de variación (CV) 27.63%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), señala que un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 31. Prueba de Tukey para comparar el diámetro de grano en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio diámetro de grano (mm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	1.81	A
0,1 M NaCl	1.37	AB
0,2 M NaCl	1.06	B
0,3 M NaCl	0.50	C

La comparación de medias de Tukey (Cuadro 31) reporta estadísticamente tres grupos de medias en las cuales el primer grupo integrado por las concentraciones 0,0 y 0,1M con promedio de diámetro de grano de quinua 1.81 y 1.37 mm, el segundo grupo integrado por las concentraciones 0,1 y 0,2M con promedio de diámetro de grano de quinua 1.37 y 1.06 mm y el último grupo conformado por la concentración 0,3M de NaCl con promedio de diámetro de grano de quinua 0.50 mm.

Cuadro 32. Prueba de Tukey para comparar diámetro de grano en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio diámetro de grano (mm)	Tukey ($\alpha=0,05$)
Utusaya	1.50	A
G 205-95Dk	1.31	AB
L-1887	1.06	AB
L – 320	0.87	B

La comparación de medias de Tukey (Cuadro 32) reporta estadísticamente dos grupos de medias en las cuales el primer grupo integrado por los genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk y L-1887 con promedio de diámetro de grano de quinua 1.50, 1.31 y 1.06 mm, el segundo grupo integrado por los genotipos de quinua G 205-Dk , L-1887 y L-320 con promedio de diámetro de grano de quinua 1.31, 1.03 y 0.87 mm.

4.8.1. Diámetro de grano para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), para el variable diámetro de grano, se muestra en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Análisis simple para la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	0,00247969	0,0	0,18	3.08Ns
a2 b	2,25	0,00305469	0,0	0,22	3.08Ns
a3 b	2,25	0,00	0,0	0,34	3.08Ns
a4 b	2,25	0,21	0,1	15,26	3.08 *
Error	36	0	0,0		

El Cuadro 33, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias no significativas entre diámetro de grano (mm) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0M de NaCl), a2 (0,1M de NaCl) y a3 (0,2M de NaCl). En cambio existe una diferencia significativa entre diámetro de grano (mm) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), en base al diámetro de grano, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 12).

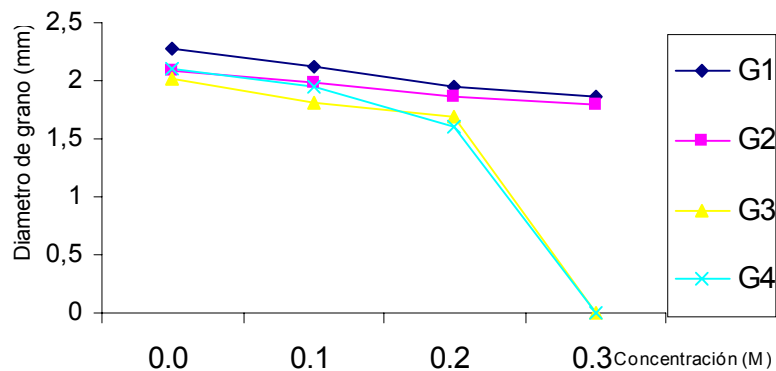


Figura 12. Diámetro de grano como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 12, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen un comportamiento lineal en dirección descendente desde la concentración 0,0M NaCl hasta el nivel máximo 0,3M NaCl, siendo el de mayor valor el genotipo Utusaya con 2.28 mm en (0,0M) y el menor valor el genotipo G 205-Dk con 1.79 mm en (0,3M) para la variable diámetro de grano en estudio.

Espíndola y García citado por Huiza (1993), mencionan que el tamaño de grano y el peso del grano de la quinua dependen del área foliar y por ende de la tasa de asimilación neta a mediados del llenado de grano. Esta aseveración en cuanto el tamaño de grano y es dependiente de la área foliar en nuestro estudio no concuerda por que influye en gran parte la procedencia, morfología de la planta.

4.9. Potencial hídrico foliar

El análisis de varianza (ANVA) para el potencial hídrico foliar de la quinua se muestra en el Cuadro 34.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable potencial hídrico foliar en cuatro genotipos de quinua

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	0,127594	0,042531	0.7229	3.86 Ns
Concentración (A)	3	28.168396	9.389465	159.5911	3.86 *
Error (A)	9	0.529510	0,058835		
Genotipo (B)	3	0,276520	0,092173	1.6227	2.86 Ns
Interacción (AB)	9	0,382782	0,042531	0.7487	2.21 Ns
Error	36	2.044922	0,056803		
Total	63	31.529724			

$$CV = 11.60\%$$

El análisis (Cuadro 34), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones y genotipos (B) por tanto, se asume que el potencial hídrico foliar es homogénea, mientras el factor (A) existe diferencia significativa entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en el potencial hídrico foliar. En cambio la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tienen un efecto homogéneo en el potencial hídrico foliar de los cuatro genotipos de quinua.

Al respecto Bosque (1998), mostró que el potencial hídrico foliar a estrés salino al nivel 8051.2 mg/l de NaCl mostraron I bajos valores -1.592 MPa y el nivel 3852.8 mg/l de NaCl cuya tendencia fue más alto valor -1.348 MPa.

El coeficiente de variación (C V) para la presente variable de respuesta fue de 7.25%, indica que los resultados son confiables puesto que su valor es menor a 30%.

Cuadro 35. Prueba de Tukey para comparar el potencial hídrico foliar en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio potencial hídrico (MPa)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	-1.31	A
0,1 M NaCl	-1.50	A
0,2 M NaCl	-2.47	B
0,3 M NaCl	-2.91	B

La prueba de Tukey, (Cuadro 35) reporta que las concentraciones 0,0 y 0,1M de NaCl estadísticamente son similares y superiores (-1.31 y -1.50 MPa) para la variable potencial hídrico. En cambio los niveles de concentración 0,2 y 0,3M. estadísticamente ambos niveles son homogéneos e inferiores (-2.47 y -2.91 MPa), frente a los niveles bajos o inferiores para la variable en estudio.

Las diferencias marcadas entre genotipos de quinua se deben a la particularidad fisiológica y genética de cada uno de ellos a medida que se incrementa el nivel de NaCl, sus potenciales también se incrementan como una respuesta funcional a nivel celular a las deficiencias hídricas provocado por la sal, originando otro aspecto negativo es el aumento del potencial osmótico de la solución del suelo en estudio.

Espíndola citado por Bosque (1998), determinó que los valores más bajos del potencial hídrico foliar en quinua -4.2 MPa en el cual el potencial hídrico del suelo fue -11.1 MPa.

Al respecto Chilón (1996), menciona que para fines agrícolas, la curva de retención tiene dos puntos de gran importancia: la parte mojada (rango de succión 0 – 0,03 MPa), indicador de la aireación del suelo y la parte correspondiente a succiones entre 1.5 – 2.5 MPa, indicador del límite de supervivencia de las plantas: punto de marchitez.

4.10. Área foliar

El análisis de varianza (ANVA) para área foliar de la quinua en cuatro niveles de concentración de NaCl se muestra en el Cuadro 36.

Cuadro 36. Análisis de varianza para la variable área foliar para cuatro genotipos de quinua

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	3680,14	1226.715	1.53	3.86 Ns
Concentración (A)	3	73431.9	24477.33	30.62	3.86 *
Error (A)	9	7193.64	799.294		
Genotipo (B)	3	73687.9	24562.638	29.98	2.86 *
Interacción (AB)	9	33507.76	3723.085	4.54	2.21 *
Error	36	29486.761	819.077		
Total	63	220988.2			

$$C V = 16.04\%$$

El análisis (Cuadro 36), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que la área foliar en las repeticiones es homogénea, mientras los factores (A) y (B) existen diferencias significativas entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en la área foliar y valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio. En cambio la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tienen un efecto heterogéneo en la área foliar en los cuatro genotipos de quinua.

Ledent (1998), menciona que la disminución de la expansión foliar depende sobre todo de la expansión celular, debido a una pérdida de extensibilidad de la pared, en respuesta a señales químicas que vienen de las raíces en contacto con el suelo que se deseca.

El coeficiente de variación (CV) 16.04%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menos al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1972), señala un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 37. Prueba de Tukey para comparar la variable área foliar en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio de área foliar (cm ²)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,1 M NaCl	217.62	A
0,0 M NaCl	197.18	A
0,2 M NaCl	169.50	AB
0,3 M NaCl	127.25	B

La prueba de Tukey, (Cuadro 37) reporta que las concentraciones 0,0; 0,1 y 0,2M de NaCl estadísticamente son similar (217.63, 197.18 y 169.5 cm²) en los tres niveles para el área foliar. En cambio las concentraciones 0,2 y 0,3M de NaCl estadísticamente afectaron y redujeron la variable en estudio, lo que quiere decir que ambos niveles son homogéneos e inferiores (169.5 y 127.25 cm²) frente a los niveles bajos para la variable en estudio.

La diferencia se atribuye a los niveles propuestos en estudio, que causa la presencia de solutos en la solución del suelo, que biosintetiza el ácido abscísico en la planta que induce esta hormona a la inhibición de la síntesis de proteína por ello que las hojas reducen el área foliar y por ende reduce su potencial hídrico para mantener un gradiente de agua.

Cuadro 38. Prueba de Tukey para comparar el área foliar en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio de el área foliar (cm ²)	Tukey ($\alpha=0,05$)
L -1887	227.56	A
L - 320	188.75	A B
G 205-95Dk	157.50	B
Utusaya	137.75	B

La comparación de medias de Tukey, (Cuadro 39) reporta que los genotipos de quinua L-1887 y L-320 estadísticamente no muestra diferencia entre ambos genotipos, pero son superiores (227.56 y 188.75 cm²) frente a los genotipos G 205 – 95Dk y Utusaya, mientras a la vez el genotipo de quinua L-320, G 205 – 95Dk y Utusaya estadísticamente los tres genotipos son homogéneos y inferiores (188.75, 157.5 y 135.75 cm²), frente al genotipo L-1887 para la variable área foliar.

El promedio mayor obtenido se indica la diferencia de su composición genética entre genotipos y al medio extrínseco que los rodea, puesto que estos dos factores son los que se encargan de inducir el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta.

4.10.1. Área foliar para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), para la variable área foliar, se muestra en el Cuadro 39.

Cuadro 39. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	651,306219	289,5	3,86	3.08 *
a2 b	2,25	617,46578	274,4	3,66	3.08 *
a3 b	2,25	395,47	175,8	2,35	3.08Ns
a4 b	2,25	1032,02	458,7	6,12	3.08 *
Error	36	2.696	74,9		

El Cuadro 39, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias significativas entre la área foliar (cm²) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0M de NaCl), a2 (0,1M de NaCl) y a4 (0,3M de NaCl). En cambio se muestra una diferencia no significativa entre área foliar (cm²) de los genotipos de quinua en el nivel de concentración a3 (0,2M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), en base a la área foliar, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 13).

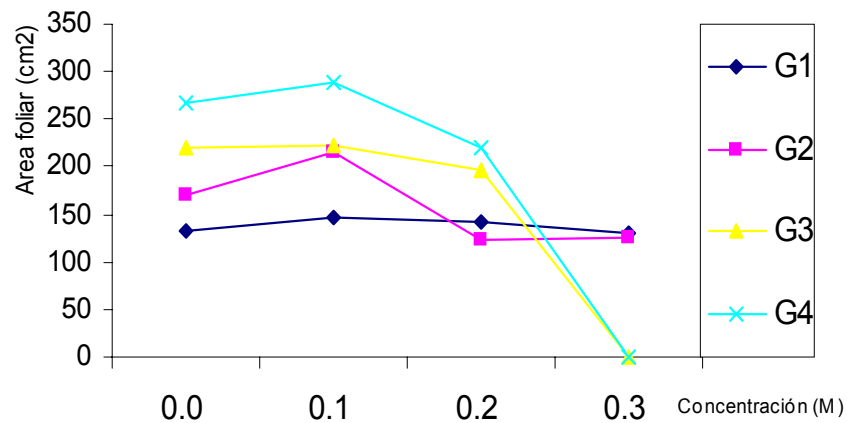


Figura 13. Área foliar como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 13, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen una tendencia ascendente desde la concentración 0,0 hasta 0,1M de NaCl, siendo el de mayor valor el genotipo de quinua L-1887 con 267.93 cm^2 , sin embargo a partir del nivel de concentración 0,2M de NaCl, el comportamiento de dos genotipos L-320 y L-1887 en estudio tiene una tendencia letal, al mismo tiempo los genotipos Utusaya y G 205-Dk tiene una tendencia casi una dirección lineal hasta llegar al nivel máximo 0,3M de NaCl, registrándose el genotipo de quinua G 205-Dk con un valor 125.76 cm^2 para la variable área foliar en estudio.

Las diferencias se deben a una abscisión y defoliación extrema de la planta de quinua como una reacción al efecto del déficit de agua disponible, perdiendo la mayoría de sus hojas y así evitar mayor pérdida de agua por transpiración. La quinua puede tolerar la sequía por una reducción del área foliar, papilas higroscópicas con cristales de oxalato de calcio y su comportamiento estomacal (Jacobsen y Mujica, 1999).

4.11. Rendimiento de grano

El análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento de grano de la quinua en cuatro niveles de concentraciones de NaCl se muestra en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Análisis de varianza para el variable rendimiento de grano en cuatro genotipos de quinua

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	3	1.490875	0.49695	1.7864	3.86 Ns
Concentración (A)	3	197.338	65.7796	236.45	3.86 *
Error (A)	9	2.5037	0,2781		
Genotipo (B)	3	26.9678	8.9892	35.551	2.86 *
Interacción (AB)	9	7.4139	0.823	3.25	2.21 *
Error	36	9.10272	0,2528		
Total	63	244.818			

$$C V = 19.27\%$$

El análisis (Cuadro 40), muestra una diferencia no significativa entre repeticiones, por tanto, se asume que el rendimiento de grano en las repeticiones es homogénea, mientras los factores concentración (A) y genotipos de quinua (B) existen diferencias significativas entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en el rendimiento de grano y valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio. En cambio la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tienen un efecto heterogéneo en el rendimiento de grano de los cuatro genotipos de quinua.

Al respecto Durand (1999), menciona que la diferencia se deba indudablemente a la diversidad genética, poder y energía germinativa de las semillas, coadyuvando factores externos como ser nutrientes, pH y a la gran capacidad hídrica de dicho suelo.

El coeficiente de variación (CV) para la presente variable de respuesta muestra 19.27%, indica que los resultados son confiables puesto que su valor es menor a 30%.

Cuadro 41. Prueba de Tukey para comparar el rendimiento de grano en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio del rendimiento de grano (g)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	4.94	A
0,1 M NaCl	3.65	B
0,2 M NaCl	1.67	C
0,3 M NaCl	0.89	C

La comparación de medias de Tukey, (Cuadro 41) reporta que la concentración 0,0M de NaCl estadísticamente es diferente y superior frente a los demás niveles de sal, por lo que se asume que no afectaron el rendimiento de grano, en cambio el nivel 0,1M de NaCl fue ligeramente afectado y es inferior (3.65 g) frente al nivel 0,0M. Al contrario los niveles 0,2 y 0,3M NaCl estadísticamente son similares entre sí (1.67 y 0.89 g) y se vieron los resultados afectados por las sales, reduciendo extremadamente la variable rendimiento de grano.

Esto se atribuye que el sodio influye sobre todo en la estructura del suelo, además tiene un efecto indirecto sobre las plantas ocasionando grandes pérdidas incidiendo sobre todo estos contenidos suben paulatinamente a medida que existe un desarrollo vegetativo y una actividad metabólica y fisiológica de la planta.

Cuadro 42. Prueba de Tukey para comparar la variable rendimiento de grano en cuatro genotipos de quinua (B)

Genotipos	Promedio rendimiento de grano (g)	Tukey ($\alpha=0,05$)
Utusaya	3.36	A
G 205-95Dk	3.19	A
L - 320	2.43	A B
L - 1887	1.42	B

La comparación de medias de Tukey (Cuadro 42) reporta estadísticamente dos grupos de medias en las cuales el primer grupo integrado por los genotipos de quinua Utusaya, G 205-95Dk y L-320 con promedio de rendimiento de grano de quinua 3.36, 3.19 y 2.43 g/planta, el segundo grupo integrado por los genotipos de quinua L-320 y L-1887 con promedio de rendimiento de grano de quinua 2.43 y 1.42 g/planta.

La diferencia de los rendimientos de grano en los tratamientos se debe a la peculiaridad de la diversidad genética en interacción con el ambiente que influye en los procesos fisiológicos en la planta.

4.11.1. Rendimiento para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), para el variable rendimiento de grano, se muestra en el Cuadro 43.

Cuadro 43. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	0,23418125	0,1	6,97	3.08 *
a2 b	2,25	0,13575206	0,1	4,04	3.08 *
a3 b	2,25	0,11	0,0	3,26	3.08 *
a4 b	2,25	0,06	0,0	1,72	3.08Ns
Error	36	1	0,0		

El Cuadro 43, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias significativas entre rendimiento de grano (g/planta) de los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0M de NaCl), a2 (0,1M de NaCl) y a3 (0,2M de NaCl). En cambio se describe una diferencia no significativa entre rendimiento de grano (g/planta) de los genotipos de quinua en el nivel de concentración a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B), en base al rendimiento de grano, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 14).

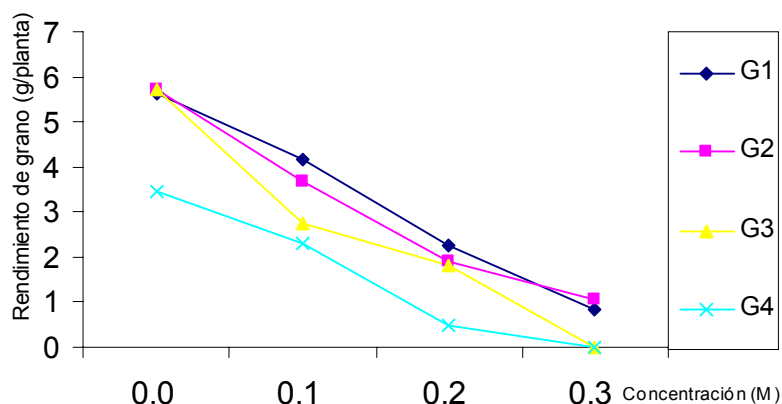


Figura 14. Rendimiento de grano como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 14, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 disminuyen paulatinamente con una dirección descendente desde la concentración 0,0M NaCl hasta el nivel máximo 0,3M NaCl, siendo el mayor valor el genotipo G 205-Dk con 5.73 g/planta en el nivel (0,0M) y el menor valor el genotipo Utusaya con 0.82 g/planta en el nivel (0,3M) para la variable rendimiento de grano en estudio.

Las diferencias entre tratamientos son justificables, pues se aplicó una dosis alta de NaCl como elemento salinizante en los niveles de concentración lo que ocasionó pérdidas y reducción en los rendimientos de grano para los cuatro genotipos de quinua.

Al respecto Ayers citado por Reynaldo (1995), indica que el desarrollo de las plantas es afectado con el aumento de la salinidad, por encima de una salinidad umbral.

4.12. Potencial osmótico del suelo

El análisis de varianza (ANVA) para el potencial osmótico del suelo en cuatro niveles de concentración de NaCl se muestra en el Cuadro 44.

Cuadro 44. Análisis de varianza para el potencial osmótico del suelo

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Repetición	1	0,057802	0,057802	1.3529	10,13Ns
Concentración (A)	3	8.057663	2.685888	62.8642	9.28 *
Error (A)	3	0,128176	0,042725		
Genotipo (B)	3	0,133738	0,044579	1.1350	3.49 Ns
Interacción (AB)	9	1.350187	0,150021	3.8196	2.8 *
Error	12	0.471325	0,039277		
Total	31	10,198891			

$$C V = 21.59\%$$

El análisis (Cuadro 44), reporta diferencias no significativas entre repeticiones y genotipos (A), por tanto, se asume que el potencial osmótico en las repeticiones y los valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio es homogénea, mientras el factor concentración (A) existe diferencia significativa entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en el potencial osmótico, a si mismo en la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tienen un efecto heterogéneo en el potencial osmótico de los cuatro genotipos de quinua.

Al respecto Reynaldo (1995), indica que el potencial osmótico calculado muestra una tendencia más negativa, a medida que sube el contenido de sales en el agua de riego en los tratamientos 3.48, 5.50 y 6.40 N NaCl, obteniéndose -0.25 a -0.32, 0.182 a -0.351 y -0.201 a -0.268 bares.

El coeficiente de variación (CV) 21.59%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), señala que un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 45. Prueba de Tukey para comparar el variable potencial osmótico en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio potencial osmótico del suelo (b)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	-0,28	A
0,1 M NaCl	-0.62	A
0,2 M NaCl	-1.37	B
0,3 M NaCl	-2.2	C

La comparación de medias de Tukey (Cuadro 45) reporta que las concentraciones de NaCl 0,0 y 0,1M estadísticamente no afectaron al potencial osmótico del suelo, por tanto ambos niveles son similares y superiores (-0,28 y -0.62 b) frente a los niveles próceres. Sin embargo los niveles 0,2 y 0,3M de NaCl estadísticamente a ambos niveles afectaron y redujeron moderadamente la variable en estudio, por lo tanto se asume una diferencia (-1.37 y -2.2 b), respectivamente.

En este caso se debe la diferencia a los solutos presentes en la solución del suelo que incide directamente un efecto negativo en las actividades fisiológicas normales de la planta, simplemente por una deficiencia hídrica, provocado por un incremento de NaCl en la solución del suelo.

4.12.1. Potencial osmótico para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración por genotipo (A x B), para el variable potencial osmótico, se muestra en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Análisis de efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
a1 b	2,25	0	0,0	0,00	3.08 Ns
a2 b	2,25	0,00	0,0	0,06	3.08 Ns
a3 b	2,25	0,00	0,0	0,17	3.08 Ns
a4 b	2,25	0,38	0,2	15,76	3.08 *
Error	36	0	0,0		

El Cuadro 46, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias no significativas entre potencial osmótico (b) para los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0M de NaCl), a2 (0,1M de NaCl) y a3 (0,2M de NaCl). En cambio existe diferencia significativa entre potencial osmótico (b) para los genotipos de quinua en el nivel de concentración a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), en base al potencial osmótico, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 15).

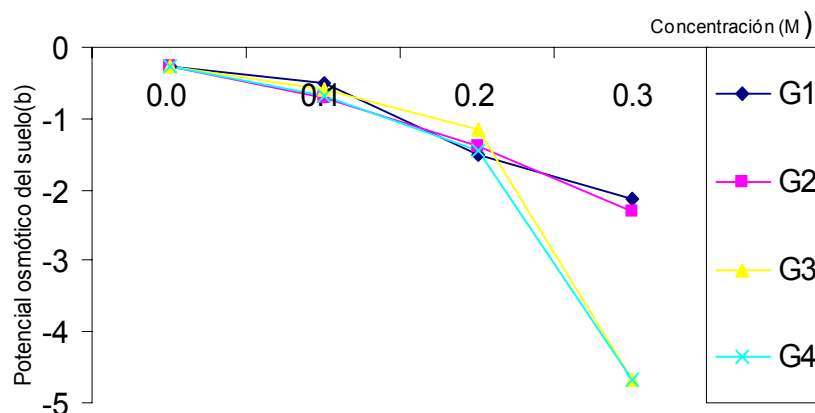


Figura 15. Potencial osmótico del suelo como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 15, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen un comportamiento homogéneo con dirección descendiente desde la concentración 0,0M NaCl hasta el nivel 0,2M NaCl, siendo el de mayor valor registrado el -0,28 bares en (0,0M) y el menor valor registrado el -1.5 bares en (0,2M), sin embargo en el nivel máximo (0,3M) los genotipos tiene un comportamiento heterogéneo.

El potencial osmótico es uno de los efectos negativos, provocado por las sales, que incide directamente en el aumento de la presión en la solución del suelo provocando en las actividades fisiológicas normales a la planta por una deficiencia hídrica, esto ha generado a los genotipos de quinua una presión negativa en la absorción de agua.

Al respecto Bernstein citado por Reynaldo (1995), indica que los valores del potencial osmótico, entre -0,4 a -4,5 bares en la solución del suelo valores mayores al mencionado serán considerados como perjudiciales en la disponibilidad del agua en la solución del suelo.

4.13. Potencial hídrico del suelo

El análisis de varianza (ANVA) para el potencial hídrico del suelo en los cuatro niveles de concentración de NaCl, se muestra en el Cuadro 47.

Cuadro 47. Análisis de varianza para el potencial hídrico del suelo

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Repetición	1	0.00002813	0.00002813	3.86	10,13Ns
Concentración (A)	3	0.40440938	0.13480313	18487.29	9.28 *
Error (A)	3	0.00003438	0.00001146		
Genotipo (B)	3	0.02773437	0.00924479	1.57	3.49 Ns
Interacción (AB)	9	0.09215313	0.01023924	1267.86	2.8 *
Error	12	0.00008750	0.00000729		
Total	31	1110.595947			

$$CV = 1.4\%$$

El análisis (Cuadro 47), muestra diferencias no significativas entre repeticiones y genotipos (A), por tanto, se asume que el potencial hídrico del suelo en las repeticiones y valores promedios de los cuatro genotipos de quinua en estudio tienen un comportamiento homogéneo, en cambio el factor concentración (A) existe una diferencia significativa entre los cuatro niveles de concentración de NaCl en el potencial hídrico del suelo, así mismo en la interacción los cuatro niveles de concentración de NaCl tiene un efecto heterogéneo en el potencial hídrico del suelo de los cuatro genotipos de quinua.

Al respecto Espíndola citado por Reynaldo (1995), menciona que los valores más bajos de potencial hídrico de suelo fue -11.1 MPa en la cual el potencial hídrico foliar es -4.2 MPa.

El coeficiente de variación (CV) 1.4%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), señala que un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

Cuadro 48. Prueba de Tukey para comparar el potencial hídrico de suelo en cuatro concentraciones de NaCl (A)

Concentraciones	Promedio potencial hídrico del suelo (MPa)	Tukey ($\alpha=0,05$)
0,0 M NaCl	-0.09	A
0,1M NaCl	-0.12	B
0,2M NaCl	-0.18	C
0,3M NaCl	-0.37	D

La comparación de medias de Tukey (Cuadro 48), reporta que las concentraciones 0,0; 0,1; 0,2 y 0,3M de NaCl estadísticamente afectaron y redujeron el potencial hídrico del suelo, por tanto se asume una diferencia entre sí para la variable en estudio.

La diferencia en los niveles de NaCl en estudio se deba posiblemente al sometimiento y la acción de una serie de factores que tienden a retenerla o a expulsarla el agua, lo que induce a una baja conductividad hidráulica en la solución de suelo.

4.13.1 Potencial hídrico del suelo para la interacción concentración de NaCl por genotipo de quinua (A x B)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticas significativas de la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B), para el variable potencial hídrico del suelo, se muestra en el Cuadro 49.

Cuadro 49. Análisis de efectos simples para la interacción concentración por genotipo de quinua (A x B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
A(b1)	2,25	0,0000	0,00000	0,00	3.08Ns
A(b2)	2,25	0,0000	0,00001	0,06	3.08Ns
A(b3)	2,25	0,0000	0,00002	0,18	3.08Ns
A(b4)	2,25	0,0037	0,00164	15,76	3.08 *
Error	36	0,0037	0,00010		

El Cuadro 49, reporta que el análisis de efectos simples describe diferencias no significativas entre potencial hídrico del suelo (MPa) para los genotipos de quinua en los niveles de concentración a1 (0,0M de NaCl), a2 (0,1M de NaCl) y a3 (0,2M de NaCl). En cambio existe una diferencia significativa entre potencial hídrico del suelo (MPa) para los genotipos de quinua en el nivel de concentración a4 (0,3M de NaCl).

Los efectos simples para la interacción concentración de NaCl por genotipo (A x B), en base al potencial hídrico del suelo, se ha representado gráficamente para una observación más objetiva (Figura 16).

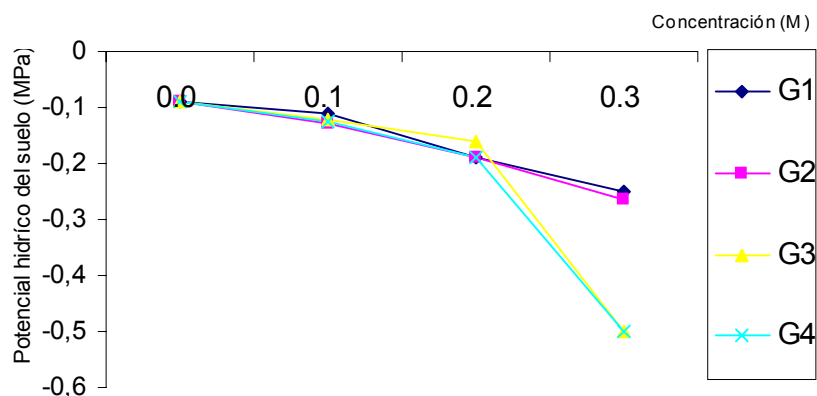


Figura 16. Potencial hídrico del suelo como efecto de la interacción concentración de NaCl en cuatro genotipos de quinua (A x B)

La Figura 16, ilustra que los cuatro genotipos de quinua Utusaya, G 205-Dk, L-320 y L-1887 tienen un comportamiento homogéneo con dirección descendente desde la concentración 0,0M NaCl hasta el nivel 0,2M NaCl, siendo el de mayor valor registrado 0.09 MPa en (0,0) y el menor valor registrado el -0.18 MPa en (0,2M), en cambio en el nivel máximo (0,3M) los cuatro genotipos de quinua tienen un comportamiento heterogéneo para la variable potencial hídrico foliar en estudio.

La diferencia se deba probablemente a la acumulación de iones y un elevado de potencial osmótico y matricial en la solución del suelo, quienes estos dos factores están íntimamente relacionados entre si.

Al respecto Pizarro (1986) indica que desde el punto de vista de la extracción por las plantas del agua del terreno, más el contenido humedad interesa conocer la energía con que el agua es retenida, de nada sirve que un suelo contenga agua abundante si las raíces no tienen la fuerza de succión necesaria para extraerla.

5. CONCLUSIONES

A consecuencia de los resultados obtenidos, bajo las condiciones en las que se efectuó el estudio, se establecen las siguientes conclusiones:

- Los niveles 0,0; 0,1; 0,2 y 0,3 Moles de NaCl propuestas en condiciones de ambiente protegido, afectaron significativamente al porcentaje de germinación, longitud de raíz, altura de planta, longitud de panoja, área foliar, diámetro de grano, rendimiento de grano, índice de cosecha, potencial osmótico, potencial hídrico foliar, y suelo.
- Los resultados indican que los genotipos de quinua, tolerantes a un nivel máximo de concentraciones de NaCl 0,3M fueron la Utusaya (G1) y G 205 95Dk (G2) con un valor promedio general de 56.75 y 10.8% para la variable de porcentaje germinación, además en el (Cuadro 10) ilustra el análisis de varianza de los cuatro genotipos indicando que existe diferencia significativa entre genotipos. Se estimulo un porcentaje de germinación en los cuatro genotipos de quinua con bajas concentraciones de NaCl (0,0 y 0,1) M a si mismo cuando se incrementó el nivel de NaCl a 0,2M el porcentaje de germinación disminuyo notablemente y hasta que en 0,3M fueron tan bajos que esta concentración podría considerarse el límite de la tolerancia.
- La causa de los incrementos de cloruro de sodio tiene un efecto heterogéneo en los genotipos donde sufren una disminución paulatina en el crecimiento a medida que sube el nivel de NaCl, hasta que en la concentración de NaCl 0,3M los genotipos de quinua G1 y G2 mostraron promedios de altura de planta de 24.1 y 24.9 cm, respectivamente, cabe destacar a las características y las particularidades de tener una habilidad de absorber mayor cantidad de agua o poseer una mayor fuerza de extracción de agua que le ubican como uno de los genotipos tolerantes a la salinidad de suelo.
- La respuesta a causa del incremento molar de NaCl, el efecto en la variable área foliar en los genotipos tolerantes G1 (Utusaya) y G2 (G 205-95DK) registrándose sus valores promedios de 131,22 y 125,66 cm² en un nivel de concentración de NaCl 0,3M. Sin embargo, los genotipos susceptibles son las líneas que no tienen esa capacidad de acomodarse a ese medio

- La respuesta de las plantas a las sales a un determinado valor de conductividad eléctrica (CE), un aumento de la misma en el nivel 0,3M da lugar a una reducción gradual en la variable índice de cosecha, siendo los genotipos tolerantes (Utusaya y G 205-95Dk), registrándose valores de 25.31 y 24.58 % respectivamente, en cambio las plantas susceptibles a esa concentración fueron las líneas en estudio.
- El diámetro de grano en estudio fue afectado gradualmente a medida que se incrementa la concentración de NaCl, a sí mismo en el nivel máximo 0,3M los genotipos tolerantes capaces de sobrevivir a ese medio fueron: Utusaya y G 205-95Dk, registrándose sus valores promedios de 1.87 y 1.79 mm respectivamente, de las cuales mostraron estadísticamente diferencias significativas (Cuadro 30) en el análisis de varianza.
- La reducción del rendimiento de grano en el nivel máximo 0,3M de NaCl, esta relacionada a una disminución de disponibilidad de agua aprovechable en los sustrato salinos, en las cuales los genotipos presentan una variabilidad considerable en su rendimiento de grano, sobresaliendo los genotipos tolerantes la (Utusaya y G 205-95Dk), registrándose valores de 0.96 y 0,82 g/panoja.
- El potencial hídrico foliar para los genotipos en estudio presentaron variabilidad poco significativos, pero con una diferencia marcada para cada tratamiento, teniéndose así los promedios de -2.48 y -2.91 MPa para los genotipos tolerantes Utusaya y G 205-Dk , esta diferencia se debe principalmente al estado fisiológico de la planta y al potencial osmótico del suelo.
- El potencial hídrico del suelo evaluado en los cuatro concentraciones de NaCl muestra una tendencia más negativo a medida que se incrementa el contenido de NaCl en la solución del sustrato, existe una tendencia menos notorias entre niveles de NaCl (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) M, registrándose valores de (-0.9 -0.12, -0.18 y -0.37) MPa respectivamente, sin embargo estadísticamente en el análisis de varianza (Cuadro 49) se aprecia que existe diferencia significativa entre concentraciones de NaCl.

- El potencial osmótico del suelo a causa del grado de concentración de NaCl tuvo su efecto en la limitación de absorción de agua donde los solutos se acumularon en los espacios libres en la periferia de la endodermis radical, dando lugar a una tendencia más negativa a medida que se incrementa el NaCl, registrándose valores de -0,28, -0.62, -1.37 y -2.2 b respectivamente.

RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos y las conclusiones de la investigación se realiza las siguientes sugerencias:

- Realizar los mismos estudios con otros genotipos de la misma especie para comprobar si estas tendencias son iguales o distintas, o si bien en base a estos estudios superpuestos a datos climáticos locales sería posible zonificar los lugares aptos para cada variedad.
- Evaluar la variabilidad genética del germoplasma e identificar las accesiones de quinua para la tolerancia a salinidad y también establecer el nivel máximo de sal en cual la quinua pueda germinar.
- Se sugiere realizar trabajos de investigación acerca de la cuantificación y comparación de los contenidos de sodio, cloro, magnesio, potasio principalmente en las plantas de los genotipos de quinua.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G. 1985. Fitopatología. Editorial Limusa. Quinta reimpresión. México pp: 359.
- AZCON, J. Y M. BIETO. 1993. Fisiología y Bioquímica vegetal. Primera Edición. Madrid España. pp: 49 y 50.
- ARAGON, C.M. 1985. Estudio de tolerancia y susceptibilidad del trigo a la salinidad y algunos mecanismos de adaptación. Chapingo – México.
- ALLISON, L. E. et al. 1994. Diagnostico y rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Trad. Por: Nicolás Sánchez Duran, Enrique Ortega Torres, Rodolfo Vera y Zapata, y Rodolfo Chena González. 7 Ed. México, D. F., 172 p.
- AYAVIRI, O. 1996. Estudio de cuatro profundidades de walipini en producción hortícola en Invierno, Contorno Letanías – Viacha. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés.
- BIDWELL, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal. AGT Editorial S.A. Primera edición en Español. México.
- BUCKMAN, H. Y N. BRADY. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Tercera Reimpresión. Editorial UTHEA. México.
- BOSQUE, H. 1998. Ecophysiological Análisis of drought and salinity stress on Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Thesis submitted in partial fulfillment of Master in soil Science and Eremology.
- CARI, A. (2004). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo Andino, alimento del presente y futuro. Editores: Ángel Mujica, Sven-Erick Jacobsen, Juan Izquierdo y Jean Marathee. Santiago, Chile. pp 207
- CALZADA, J. B. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 4ta Edición, Editorial Jurídica. Lima, Perú.
- CHAVEZ, T. 1987. Biología. Ediciones Cobra 2000 Sociedad Anónima. Lima – Perú.
- CHILON, E. 1996. Manual de Edafología. Practicas de campo y laboratorio. Edición CIDAT. La Paz Bolivia. pp 73 – 78.

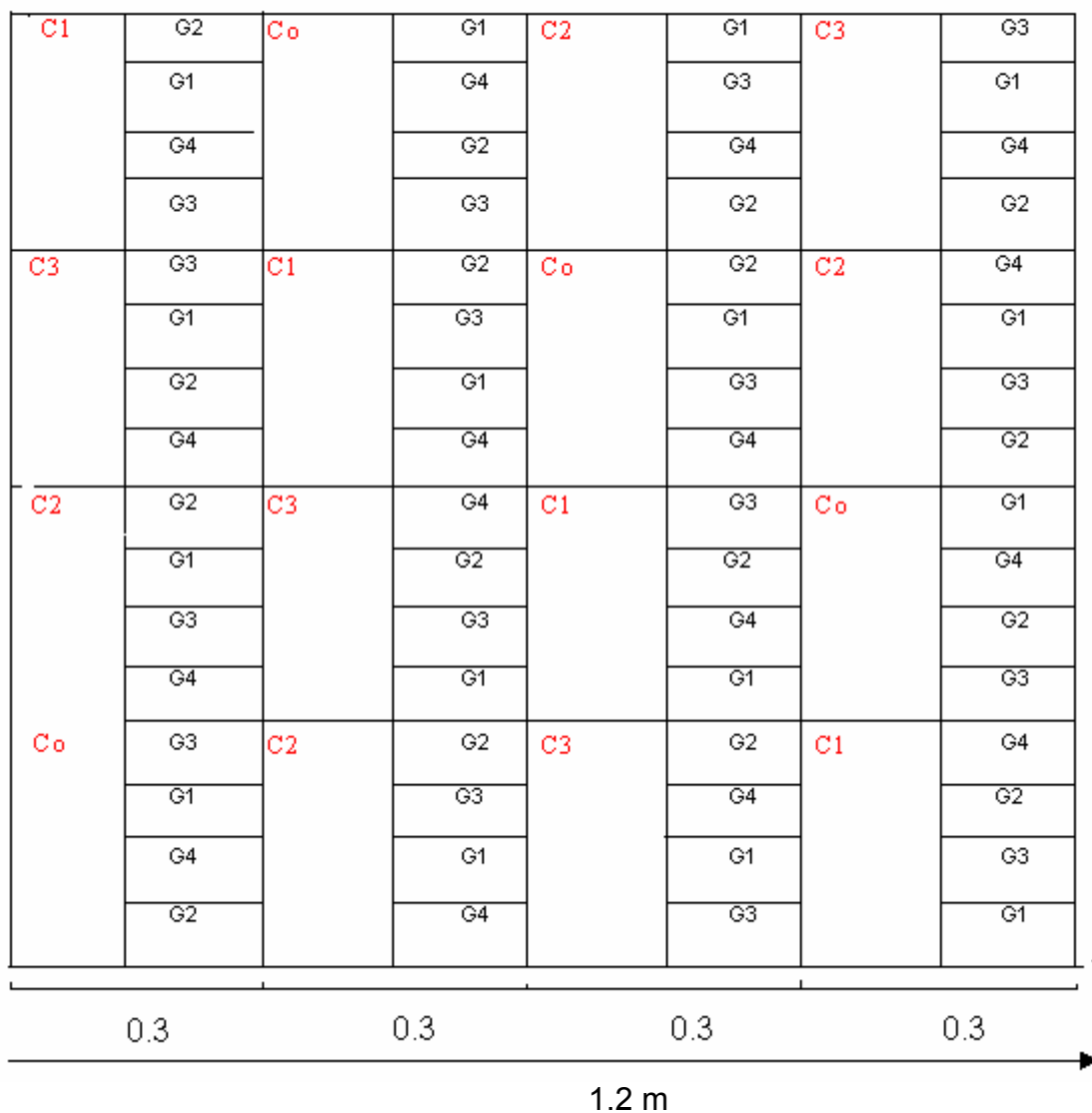
- CHIPANA, R. 1993. Manejo de aguas y suelos salinos en ambientes atemperados. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- DURAND, C.L. 1999. Respuesta de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a suelos salino sódicos. Tesis de grado. Facultad de agronomía, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- DURAND, C.L. 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo Andino, alimento del presente y futuro. Editores: Ángel Mujica, Sven-Erick Jacobsen, Juan Izquierdo y Jean Marathee. Santiago, Chile. pp 207.
- DONAHUE, MILLAR Y SCHICKLUNA (1981), Primera Edición. Editorial Prentice / Hall, Internacional. Madrid – España.
- FUENTES, J. 1998. Técnica de riego. 3^a Edición, Ediciones Mundi – Prensa Libros, S. A. España – Madrid. pp: 74
- FONT, Q.P. 1985. Diccionario Botánico. Novena Edición. Editorial Labor S.A. Barcelona – España.
- GONZALEZ, J. A. and F. E. PRADO. 1992. Germination in relation to salinity and temperature in (*Chenopodium quinoa* Willd.) Agrochimica XXXVI:101-108.
- JACOBSEN, S. (2004). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo Andino, alimento del presente y futuro. Editores: Ángel Mujica, Sven-Erick Jacobsen, Juan Izquierdo y Jean Marathee. Santiago, Chile. pp 208.
- KOZIOL, M.J. 1990. Composición química en: Quinua hacia su cultivo comercial. Christian Wahli. Latinreco. S.A. Quito, Ecuador pp: 135 - 158
- LEDENT J.F. 1998. Déficit Hídrico y crecimiento de las plantas: Respuestas al déficit hídrico, comportamiento morfo-fisiológico. pp: 27 y 28.

- LEDEZMA, R. 1995 Influencia del Riego en los Procesos de Salinización y sodificación en suelos de la Provincia G. Villarroel Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- LESCANO, J.R., 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. Programa Internacional de Waru Waru Convenio: INADE/PELT – COTESU. Primera Edición. Impreso en Bolivia. Puno-Perú pp: 58 – 60.
- LIRA, S.R. 1994, Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Primera Edición. Editorial Trillas. México. pp: 27
- LÓPEZ, J.R. Y J.M. LÓPEZ. 1990. Diagnostico de suelos y plantas. Métodos de campo y Laboratorio. Madrid, España, pp 222 – 225.
- MARCIAL. G.M. Y S.C. VASCONEZ. 1988. Cuantificación de aminoácidos de la quinua para determinar químicamente su calidad nutritiva. VI Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos INIAP. Quito – Ecuador.
- MARTINES, C. 1998. Eficiencia Térmica y Uso de Agua en cuatro tipos de ambientes atemperados en Patacamaya Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz Bolivia.
- MEDINA, J. 1988. Riego por goteo. Teoría y practica, tercera Edición. Ediciones Mundi – Prensa. Impreso en España – Madrid. pp: 151 a 157.
- MONTES DE OCA, I. 1989. Geográfica y recursos Naturales de Bolivia. Editorial Educacional del Ministerio de Educación y Cultura. La Paz – Bolivia 574 pp.
- MUJICA, A. 2004. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo Andino, alimento del presente y futuro. Editores: Ángel Mujica, Sven-Erick Jacobsen, Juan Izquierdo y Jean Marathee. Santiago, Chile. pp: 43 a 47.
- PEREZ, D. 1991. Fisiología Vegetal UNSAAC. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Cuzco – Perú.

- PIZARRO, C.F. 1986. Riegos localizados de alta frecuencia. Editorial Mundi – Prensa. España, pp 110 – 113.
- PROINPA Y MACIA, 2003. Propiedades nutricionales de cultivos olvidados en la región andina. Documento publicado por el proyecto “Incremento de la contribución de especies olvidados y subutilizadas a la seguridad alimentaria a los ingresos de la población rural de escasos recursos”.
- QUISPE, H. 2004. Tolerancia a la salinidad de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y una de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos. “Patrimonio Andino para la Alimentación Del Mundo”. Librería e Imprenta Barcelona. Cochabamba Bolivia. pp: 5.
- REA, J. 2004. Soberanía Alimentaria y Sistemas Bolivianos Andinos. XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 1ra. Edición. Cochabamba – Bolivia. pp: 23 - 24.
- REYNALDO, M. 1995. Efecto de las sales en el agua de riego sobre el desarrollo vegetativo de tres variedades de papa en condiciones semi controladas. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp:38 – 40
- RODRIGUEZ, M. 1991. Fisiología Vegetal. Editorial “Los amigos del Libro”. Cochabamba La Paz. pp: 96
- SVEN, E. Y A. MUJICA. 1999. I Curso Internacional sobre Fisiología de la Resistencia a Sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima – Perú. pp: 14 - 17
- THORNE, D.W. 1985. Técnica de riego, fertilidad y explotación de los suelos. CIA Editorial Continental S.A. México pp. 85 - 111
- _____. 2003. Catalogo Quinoa Real. Impresión Poligraf. Producción Patricia Meneces. La Paz – Bolivia. pp: 48 y 49.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis del experimento



Donde:

Co = Concentración de NaCl 0,0M
 C1 = Concentración de NaCl 0,1M
 C2 = Concentración de NaCl 0,2M
 C3 = Concentración de NaCl 0,3M

G1 = Genotipo Utusaya
 G2 = Genotipo G 205-95Dk
 G3 = Genotipo L -320
 G4 = Genotipo L -1887

Anexo 2. INFORME DE ENSAYO DE SUELOS

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S A012/03

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO DE SUELOS

Cliente:	FUNDACION PROINPA
Solicitante:	VIRGINIA MENDEZ
Procedencia de la muestra:	Letania - Viacha Provincia Ingavi Departamento de La Paz
Responsable del muestreo:	Virgina Mendez
Fecha de muestreo:	27 de abril de 2003
Fecha de recepción de la muestra:	28 de abril de 2003
Fecha de ejecución del ensayo:	28 de abril al 20 de mayo de 2003
Caracterización de la muestra:	Suelo: M-1; M-2
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Cilindro metálico
Código LCA:	12-1; 12-2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-1 12-1	M-2 12-2
Densidad aparente	ASPT 37	g/cm ³	0,010	1,2	1,2
Capacidad de campo	ASPT 47	%	0,40	(*)	25
Punto de marchitez	ASPT 42	%	0,40	(*)	9,1
Humedad a capacidad de campo	Calculo	%	-	(*)	21
Humedad a punto de marchitez	Calculo	%	-	(*)	8,5

(*) Parámetro no solicitado por el cliente

Nota: Este informe anula al informe S 012/03 entregado en fecha 2003-05-02, debido a que este informe (S A012/03) incluye los parámetros de capacidad de campo y punto de marchitez

El resultado se refiere solamente al objeto ensayado.

El informe no debe reproducirse, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su integridad.

La Paz, 20 de mayo de 2003


Ing. Jaime Chiriboga
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



Anexo 3. Análisis químico de suelos (antes del ensayo)

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

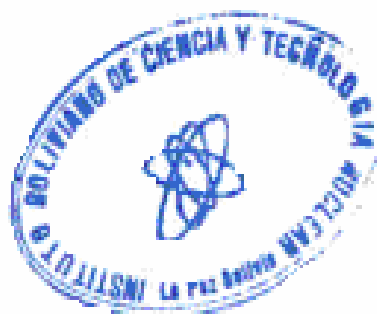
INTERESADO : RIGOBERTO VALERO

N° SOLICITUD: 013 / 2003

PROCEDENCIA : Dpto. LA PAZ, Pveza. INGAMI, Leñitas - Macha

N° Lab	CODIGO	Cationes de cambio (meq / 100g)		
		Na	Ca	Mg
063/2003	Tratamiento C - 1	2.15	4.33	1.21
064/2003	Tratamiento C - 2	3.13	4.41	1.42
065/2003	Tratamiento C - 3	5.69	5.05	1.61

OBSERVACIONES Cationes de cambio extraídos con Acetato de amonio 1N



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA

Anexo 3. Análisis físico químico de suelos (después del ensayo)

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : RIGOBERTO VALERO
PROCEDENCIA : Dpto. LA PAZ Pwla. INGAVI

Nº SOLICITUD: 023/2006
FECHA DE RECEPCION: 07/MARZO/2004
FECHA DE ENTREGA : 20/MARZO/2004

Nº Lab	CODIGO	pH en agua 1:5	Calcio meq/100g	Magnesio meq/100g	Sodio meq/100g	Potasio meq/100g
077/2004	Tratamiento C - 1	6.05	3.07	1.06	1.62	0.22
078/2004	Tratamiento C - 2	6.28	3.63	1.24	2.94	0.15
079/2004	Tratamiento C - 3	6.52	3.78	1.20	4.35	0.24

OBSERVACIONES :


Tito, Roberto Christian M.
ANALISTA




RESPONSABLE DEL LABORATORIO
JORGE ORIBASCA

ANEXO 4. Variable cuantitativa de porcentaje de germinación

Repetición	Genotipo	0,0 Moles de NaCl	0,1 Moles de NaCl	0,2 Moles de NaCl	0,3 Moles de NaCl
1	1	100	100	64	72
2	1	100	100	63	46
3	1	100	100	75	53
4	1	100	100	32	56
\bar{X}		100	100	58,5	56,75
S		0,0	0,0	18,5	11,0
1	2	100	100	1	1
2	2	100	100	1	1
3	2	100	100	1	1
4	2	100	100	4	1
\bar{X}		100	100	1,75	1
S		0	0	1,5	0
1	3	100	100	15	0
2	3	100	100	14	0
3	3	100	100	1	0
4	3	100	100	2	0
\bar{X}		100	100	8	0
S		0,0	0,0	7,5	0,0
1	4	100	100	14	0
2	4	100	100	10	0
3	4	100	100	1	0
4	4	100	100	1	0
\bar{X}		100	100	6,5	0
S		0,00	0,00	6,56	0,00

ANEXO 5. Variable cuantitativa altura de planta

Repetición	Genotipo	0,0 Moles de NaCl	0,1 Moles de NaCl	0,2 Moles de NaCl	0,3 Moles de NaCl
1	1	42,5	37,2	31,8	21,9
2	1	38,5	31,4	27,9	25,4
3	1	32,9	29,9	29,4	24,1
4	1	39,3	33,5	25,4	24,9
\bar{X}		38,3	33	28,625	24,075
S		4,0	3,2	2,7	1,5
1	2	38,2	36,7	29,9	24,9
2	2	38	33,5	28,6	25,9
3	2	35,9	30,2	26,1	22,4
4	2	37,2	35,3	30,2	26,4
\bar{X}		37,325	33,925	28,7	24,9
S		1,04	2,81	1,87	1,78
1	3	47,9	35,6	31,3	0
2	3	49,6	38,8	31,2	0
3	3	41,5	38,8	29,5	0
4	3	46,6	29,9	31,4	0
\bar{X}		46,4	35,775	30,85	0
S		3,5	4,2	0,9	0,0
1	4	70,5	60,3	49,8	0
2	4	83,7	51	37,9	0
3	4	56,3	45,4	39,6	0
4	4	55,3	54,1	39,8	0
\bar{X}		66,45	52,7	41,775	0
S		13,43	6,22	5,42	0,00

ANEXO 6. Variable cuantitativa de potencial hídrico foliar

Repetición	Genotipo	0,0 Moles de NaCl	0,1 Moles de NaCl	0,2 Moles de NaCl	0,3 Moles de NaCl
1	1	-1,11	-1,56	-2,5	-2,85
2	1	-1	-1,48	-2,4	-2,8
3	1	-1,22	-1,5	-2,5	-2,9
4	1	-1,135	-1,3	-2,8	-2,5
\bar{X}		-1,12	-1,46	-2,55	-2,76
S		0,09	0,11	0,17	0,18
1	2	-1,13	-1,4	-2,4	-3,1
2	2	-1,12	-1,59	-2,3	-3,05
3	2	-1,56	-1,33	-2,25	-3
4	2	-1,72	-1,55	-2,5	-3,1
\bar{X}		-1,38	-1,5	-2,36	-3,06
S		0,30	0,12	0,11	0,05
1	3	-1,9	-1,55	-2,25	0
2	3	-1,4	-1,6	-2,3	0
3	3	-1,3	-1,49	-2,7	0
4	3	-1,1	-1,45	-2,3	0
\bar{X}		-1,43	-1,52	-2,39	0
S		0,34	0,07	0,21	0,00
1	4	-1,45	-1,59	-2,7	0
2	4	-1,4	-1,46	-2,6	0
3	4	-1,6	-1,18	-2,3	0
4	4	-1,35	-2,1	-3	0
\bar{X}		-1,45	-1,58	-2,65	
S		0,11	0,39	0,29	0,00

ANEXO 7. Datos registrados de CE, Ψ_o , Ψ_m y Ψ_s

Concentración	Genotipo	Repetición	CE dS/m	Ψ_o (b)	Ψ_m (b)	Ψ_s (b)	Ψ_s (MPa)
1	1	1	0,7648	-0,28	-0,595	-0,870	-0,060
1	1	2	0,7648	-0,28	-0,594	-0,869	-0,059
			0,76	-0,28	-0,590	-0,870	-0,059
1	2	1	0,7648	-0,28	-0,598	-0,873	-0,060
1	2	2	0,7648	-0,28	-0,600	-0,875	-0,060
			0,76	-0,28	-0,600	-0,874	-0,060
1	3	1	0,7648	-0,28	-0,594	-0,869	-0,059
1	3	2	0,7648	-0,28	-0,590	-0,865	-0,059
			0,76	-0,28	-0,590	-0,867	-0,059
1	4	1	0,7648	-0,28	-0,590	-0,865	-0,059
1	4	2	0,7648	-0,28	-0,593	-0,868	-0,059
			0,76	-0,28	-0,590	-0,867	-0,059
2	1	1	1,26	-0,45	-0,558	-1,012	-0,056
2	1	2	1,616	-0,58	-0,560	-1,142	-0,056
			1,4	-0,5	-0,600	-1,077	-0,060
2	2	1	2,08	-0,75	-0,555	-1,304	-0,056
2	2	2	2,08	-0,75	-0,558	-1,307	-0,056
			2,1	-0,7	-0,600	-1,305	-0,060
2	3	1	1,65	-0,59	-0,560	-1,154	-0,056
2	3	2	1,76	-0,63	-0,558	-1,192	-0,056
			1,7	-0,6	-0,600	-1,173	-0,060
2	4	1	1,76	-0,63	-0,554	-1,188	-0,055
2	4	2	2,032	-0,73	-0,563	-1,295	-0,056
			1,9	-0,68	-0,560	-1,241	-0,056
3	1	1	4,048	-1,46	-0,452	-1,909	-0,045
3	1	2	4,048	-1,46	-0,459	-1,916	-0,046
			4	-1,5	-0,500	-1,913	-0,050
3	2	1	3,984	-1,43	-0,462	-1,896	-0,046
3	2	2	3,984	-1,43	-0,460	-1,894	-0,046
			4	-1,4	-0,500	-1,895	-0,050
3	3	1	3,216	-1,16	-0,458	-1,616	-0,046
3	3	2	3,216	-1,16	-0,457	-1,615	-0,046
			3,22	-1,16	-0,460	-1,615	-0,046
3	4	1	4	-1,44	-0,460	-1,900	-0,046
3	4	2	4	-1,44	-0,462	-1,902	-0,046
			4	-1,44	-0,460	-1,901	-0,046
4	1	1	5,92	-2,13	-0,400	-2,531	-0,040
4	1	2	5,92	-2,13	-0,355	-2,486	-0,036
			5,92	-2,13	-0,380	-2,509	-0,038
4	2	1	6,448	-2,32	-0,323	-2,644	-0,032
4	2	2	6,448	-2,32	-0,360	-2,681	-0,036
			6,4	-2,3	-0,300	-2,663	-0,030
4	3	1	12,96	-4,67	-0,339	-5,005	-0,034
4	3	2	12,96	-4,67	-0,346	-5,012	-0,035
			12,96	-4,67	-0,340	-5,008	-0,034
4	4	1	12,96	-4,67	-0,371	-5,037	-0,037
4	4	2	12,96	-4,67	-0,352	-5,018	-0,035
			12,96	-4,67	-0,360	-5,027	-0,036

Anexo 8. Cálculo de capacidad de intercambio catiónico (CIC), relación de adsorción de sodio y porcentaje de sodio.

	Tratamientos					
	0,1 M		0,2 M		0,3 M	
	antes	después	antes	después	antes	después
RAS (meq/l)	4.08	1.125	5.08	1.88	9.8	8.5
PSI (%)	4.54	0,39	6.7	1.48	8.9	3.89
CIC (meq/100g)	7.69	5.94	8.96	7.96	11.0	10,2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Clasificación de los diferentes tratamientos utilizando fundamentalmente dos parámetros para identificar el tipo de suelo con la CE y PSI.

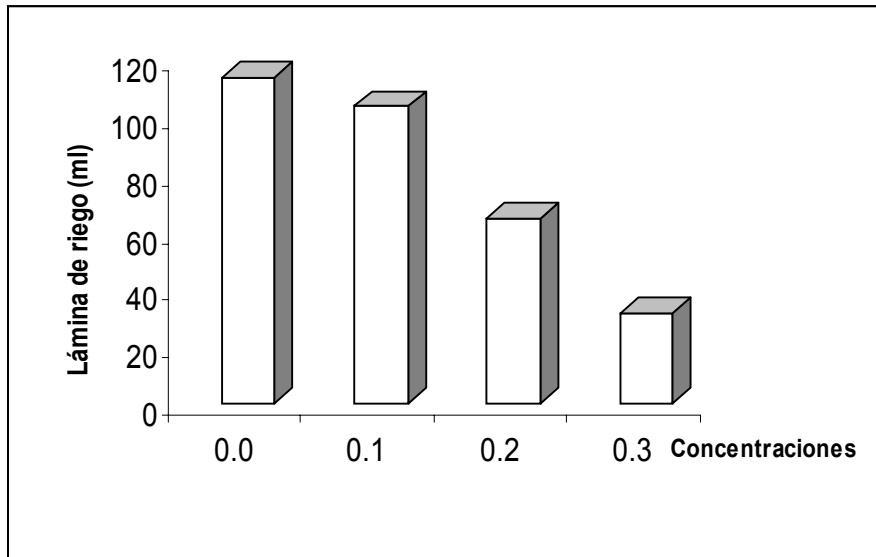
Tratamiento	CE (dS/m)	PSI (%)	Tipo de suelo
0,1 Molar	1,092	4,54	Suelo normal
0,2 Molar	2,011	6,7	Suelo salino
0,3 Molar	2,71	8,9	Suelo salino-Sódico

Fuente: Elaboración propia

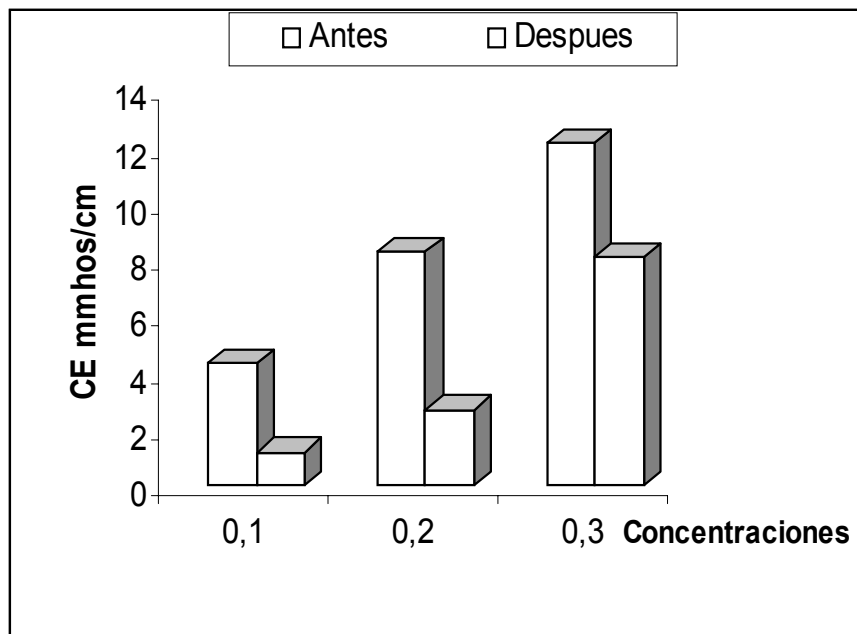
Anexo 10. Lámina de riego por maceta (cc).

repetición	Concentración	genotipo	La/Nov/cc	La/Dic/cc	La/ene/cc	LaTotal/cc	La/con/cc
1	0	1	46,766	94,904	148,239	96,637	113,326
2	0	1	31,281	80,304	92,069	67,884	
3	0	1	103,443	102,669	135,358	113,823	
4	0	1	31,281	41,369	78,399	50,349	
1	0	2	70,304	93,135	133,176	98,872	
2	0	2	84,861	80,967	141,622	102,484	
3	0	2	100,656	96,895	162,457	120,003	
4	0	2	44,908	127,424	127,404	99,912	
1	0	3	133,795	88,046	167,666	129,836	
2	0	3	96,32	139,37	187,797	141,163	
3	0	3	146,803	119,018	187,234	151,018	
4	0	3	147,732	109,726	125,996	127,818	
1	0	4	74,64	136,494	144,72	118,618	
2	0	4	122,026	148,883	159,783	143,564	
3	0	4	127,291	81,41	137,399	115,367	
4	0	4	109,018	147,555	151,055	135,876	
1	1	1	91,055	58,181	126,137	91,791	103,589
2	1	1	52,961	38,271	116,846	69,359	
3	1	1	48,005	79,419	64,758	64,061	
4	1	1	92,604	101,32	129,516	107,813	
1	1	2	134,724	69,021	149,224	117,657	
2	1	2	136,892	91,365	150,632	126,296	
3	1	2	71,543	83,401	66,306	73,75	
4	1	2	152,688	88,71	112,763	118,054	
1	1	3	151,139	139,37	126,137	138,882	
2	1	3	108,089	116,363	166,822	130,425	
3	1	3	152,997	92,913	128,53	124,814	
4	1	3	0	16,813	48,85	21,888	
1	1	4	118	101,32	160,909	126,743	
2	1	4	126,052	111,717	147,394	128,388	
3	1	4	78,047	61,5	95,307	78,284	
4	1	4	141,538	120,566	155,559	139,221	
1	2	1	33,758	42,917	69,826	48,834	64,401
2	2	1	23,848	56,19	113,045	64,361	
3	2	1	37,165	105,302	170,763	104,41	
4	2	1	45,837	22,122	40,952	36,304	
1	2	2	86,719	57,518	55,748	66,662	
2	2	2	61,942	79,198	71,656	70,932	
3	2	2	43,979	70,127	94,04	69,382	
4	2	2	84,241	50,66	31,534	55,478	
1	2	3	119,858	51,987	112,2	94,682	
2	2	3	35,617	48,005	61,238	48,287	
3	2	3	33,449	7,964	70,53	37,314	
4	2	3	55,129	68,579	94,04	72,582	
1	2	4	31,591	66,588	94,743	64,307	
2	2	4	32,829	59,73	94,18	62,247	
3	2	4	44,289	82,737	111,496	79,507	

4	2	4	36,546	28,759	100,093	55,133	31,713
1	3	1	35,307	23,45	39,418	32,725	
2	3	1	0	51,766	34,491	28,752	
3	3	1	56,987	20,795	41,529	39,77	
4	3	1	0	9,291	17,034	8,775	
1	3	2	25,396	13,495	68,84	35,91	
2	3	2	52,961	18,361	40,403	37,242	
3	3	2	34,997	13,052	84,185	44,078	
4	3	2	36,546	0	42,796	26,447	
1	3	3	0	0	0	0	
2	3	3	0	0	0	0	
3	3	3	0	0	0	0	
4	3	3	0	0	0	0	
1	3	4	0	0	0	0	
2	3	4	0	0	0	0	
3	3	4	0	0	0	0	
4	3	4	0	0	0	0	



Anexo 11. Lámina de riego en cuatro concentraciones de NaCl.



Anexo 12. Conductividad eléctrica anteriormente y posteriormente en la evaluación por concentración de NaCl.



Anexo 13. G1 (Utusaya) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3)M de NaCl.



Anexo 14. G2 (G 205 - 95DK) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3) M de NaCl.



Anexo 15. G3 (L-320) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3)M de NaCl.



Anexo 16. G4 (L-1887) en cuatro concentraciones (0,0; 0,1; 0,2 y 0,3)M NaCl.