

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“IDENTIFICACIÓN DE ACCESIONES DEL BANCO DE
GERMOPLASMA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, POR
TOLERANCIA A SALES ”

Tesis para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

RAFAEL ALVAREZ CASTRO

Lima – Perú
2009

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	OBJETIVOS	14
III.	HIPOTESIS	14
IV.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
	4.1 Suelos salinos	14
	4.2 Las plantas en los suelos salinos	17
	4.3 La salinidad y el crecimiento de la planta	21
	4.4 La salinidad y deficiencia de agua	22
	4.5 La salinidad y la anatomía de la hoja	23
	4.6 La salinidad y la fotosíntesis	23
	4.7 La salinidad y factores ambientales	25
	4.8 La salinidad y estado fenológico	25
	4.9 Resistencia de la quinua para la defensa de factores adversos	26
	4.10 Evaluación de accesiones de quinua para la tolerancia a salinidad	29
	4.11 Origen de la quinua	29
	4.12 Distribución y ecología	30
	4.13 Diversidad genética de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>)	31
	4.14 Clasificación botánica de la quinua	32
	4.15 Fisiología del cultivo	32
	4.16 Fenología	33
	4.17 Manejo del cultivo	34
	4.18 Tipo de planta	36
	4.19 La quinua y el mildiu	37
V.	MATERIALES Y METODOS	38
	5.1 Ubicación	38
	5.2 Interpretación de análisis de suelo	38
	5.3 Interpretación de análisis de agua de pozo	38
	5.4 Solución salina	39
	5.5 Clima	39
	5.6 Materiales y equipos de laboratorio	39
	5.7 Material genético	40
	5.8 Metodología	40
	5.9 Evaluaciones	41
	5.10 Diagrama de actividades	41
	5.11 Diseño estadístico	42
	5.12 Arreglos experimentales	42

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
6.1 Determinación del nivel de tolerancia a sales de accesiones de quinua en la fase de germinación	43
6.1.1 Selección de accesiones con porcentaje de germinación superior a 80% humedecidos con agua destilada	43
6.1.2 Selección de accesiones tolerantes a sales empleando dos niveles de solución salina de 25 y 30 dS/mC.E.	47
6.2 Evaluación del efecto de las sales en el desarrollo del cultivo y en el rendimiento	59
6.2.1 Altura de planta	59
6.2.2 Peso seco de la parte aérea / planta	63
6.2.3 Peso seco de raíces / planta	67
6.2.4 Peso de grano / planta	71
6.2.5 Coloración en el follaje	76
6.2.6 Evaluación de mildiu	78
6.2.7 Duración del ciclo de vida.	78
VII. CONCLUSIONES	82
7.1 Objetivo 1	82
7.2 Objetivo 2	82
VIII. RECOMENDACIONES	83
IX. RESUMEN	84
X. ANEXOS	87
XI. BIBLIOGRAFÍA	98

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Grado de sensibilidad de diversos cultivos a la salinidad.	16
Cuadro N° 2. Superficie de suelos degradados por regiones naturales, 2002 (ha).	17
Cuadro N° 3. Requerimiento de humedad y temperatura según los grupos agroecológicos de quinua.	30
Cuadro N°4. Cuadrado medio del ANVA de la prueba de germinación (%) de cinco experimentos ^(a) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con agua destilada. La Molina – 2007.	44
Cuadro N°5. Cuadrado medio del ANVA de la prueba de germinación (%) de un experimento ^(b) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con agua destilada. La Molina – 2007.	44
Cuadro N° 6. Valores promedios del Porcentaje de Germinación y Prueba de Duncan de seis experimentos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con agua destilada en condiciones controladas. La Molina – 2007.	46
Cuadro N°7. Cuadro medio del ANVA de la prueba de germinación (%) de un experimento ^(a) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con tratamiento salino de 25 y 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas. La Molina – 2007.	48
Cuadro N° 8. Valores promedios del porcentaje de germinación, Prueba de Duncan al 0.05 y % de reducción de la germinación del EXPERIMENTO-A* de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con tratamientos de 25 y 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas. La Molina - 2007.	49
Cuadro N°9. Cuadrados medios del ANVA de la prueba de germinación (%) del EXPERIMENTO-B® de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con tratamiento salino de 25 dS/m de C.E. en condiciones controladas. La Molina – 2007.	51
Cuadro N°10. Cuadrados medios del ANVA de la prueba de germinación (%) del EXPERIMENTO-B® de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con tratamiento salino de 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas. La Molina – 2007.	51
Cuadro N°11. Valores promedios del porcentaje de germinación y Prueba de Duncan del EXPERIMENTO-B* de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con un tratamiento de 25 dS/m de C.E. en condiciones controladas. La Molina – 2007.	52
Cuadro N°12. Porcentaje de reducción del poder germinativo del EXPERIMENTO B* de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) por efecto del incremento de la salinización del medio de 25 a 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas. La Molina – 2007.	53
Cuadro N°13. Valores promedios del porcentaje de germinación y Prueba de Duncan del EXPERIMENTO-B* de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con un tratamiento de 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas.	55
Cuadro N°14. Cuadrado medio del ANVA de altura de planta (cm) de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembrada en macetas en sustrato con 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	60

Cuadro N°15. Valores promedio de altura de planta (cm), Prueba de Duncan (0.05%) y porcentaje de reducción de alturas de planta de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en macetas en un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	61
Cuadro N°16. Cuadrado medio del ANVA de los pesos secos de la parte aérea (g), de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembrada en macetas en sustrato con 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E. La Molina 2007-2008.	64
Cuadro N°17. Valores promedio del peso seco de la parte aérea (g), Prueba de Duncan (0.05%) y porcentaje de reducción del peso seco de la parte aérea de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en macetas en un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	65
Cuadro N°18. Cuadrado medio del ANVA de los pesos secos de las raíces (g), de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembrada en macetas en sustrato con 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E. La Molina 2007-2008.	69
Cuadro N°19. Valores promedio del peso seco de raíces (g), Prueba de Duncan (0.05%) y porcentaje de reducción del peso seco de raíces de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en macetas en un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	70
Cuadro N°20. Cuadrado medio del ANVA de peso de grano (g), de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembrada en macetas en sustrato con 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	73
Cuadro N°21. Valores promedio del peso de grano (g), Prueba de Duncan (0.05%) y porcentaje de reducción del peso de grano de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en macetas en un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	74
Cuadro N° 22. Porcentaje de hojas del follaje con coloración rojiza en las accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) cultivadas en macetas en un sustrato de 3.4 dS/m y 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	77
Cuadro N° 23. Porcentaje de severidad del ataque de mildiu (<i>Peronospora Farinosa</i>) en el follaje de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en, macetas con un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	79
Cuadro N° 24. Duración del ciclo de vida de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en, macetas con un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	80

INDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico N° 1. Valores promedios máximos y mínimos del porcentaje de germinación de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos niveles de salinización 25 y 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas en el EXPERIMENTO-A. La Molina 2007. 56
- Gráfico N° 2. Valores promedio de la reducción del porcentaje de la germinación de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en accesiones de menor y mayor tolerancia a niveles de salinización de 25 y 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas en el EXPERIMENTO-A. La Molina 2007. 57
- Gráfico N° 3. Valores promedio máximos y mínimo del porcentaje de germinación de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos niveles de salinización 25 y 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas en el EXPERIMENTO-B. La Molina 2007. 57
- Gráfico N° 4. Valores promedio de la reducción del porcentaje de la germinación de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en accesiones de menor y mayor tolerancia a niveles de salinización de 25 y 30 dS/m de C.E. en condiciones controladas en el EXPERIMENTO-B. La Molina 2007. 58
- Gráfico N°5. Porcentaje de incremento y reducción de altura de planta por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con menor y mayor tolerancia a sales cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 62
- Gráfico N°6. Valores mínimos y máximos de altura de planta (cm) por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en 30 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 62
- Gráfico N°7. Porcentaje de incremento y reducción en el peso seco de la parte aérea por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con menor y mayor tolerancia a sales cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 66
- Gráfico N°8. Valores mínimos y máximos de peso seco de la parte aérea (g) por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en 30 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 67
- Gráfico N°9. Porcentaje de incremento y reducción en el peso seco de raíces por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con menor y mayor tolerancia a sales cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 68
- Gráfico N°10. Valores mínimos y máximos de peso seco de las raíces (g) por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en 30 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 71
- Gráfico N°11. Porcentaje de incremento y reducción en el peso de grano por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con menor y mayor tolerancia a sales cultivados en macetas. La Molina 2007-2008. 72

Gráfico N°12. Valores promedio mínimos y máximos de peso de grano /planta (g) por efecto de la salinización de 3.4 dS/m a 30 dS/m de C.E. en 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) cultivados en macetas. La Molina 2007-2008.	75
Gráfico N°13. Porcentaje de hojas con coloración rojiza observadas en accesiones de quinua <i>Chenopodium quinoa</i> Willd) cultivadas en macetas en un sustrato con 3.4 dS/m (T) y 30 dS/m de C.E. La Molina 2007-2008.	76
Gráfico N°14. Numero de accesiones susceptibles y resistentes de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) al ataque de mildiu (<i>Peronospora farinosa</i>) en el tratamiento con 30 dS/m de C.E. en condiciones de maceta. La Molina 2007-2008.	78
Gráfico N°15. Duración del ciclo de vida (días) de 30 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) sembradas en macetas con un sustrato de 3.4 dS/m de C.E. (T) y un sustrato salino de 30 dS/m de C.E.. La Molina 2007-2008.	81
Gráfico N°16. Heliofania (horas de sol).	92
Gráfico N°17. Temperatura promedio, máxima y mínima (°C).	92
Gráfico N°18. Humedad relativa (%).	93

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estado de crecimiento de quinua - código decimal desarrollado por Darwinkel A. y Stolen O. En understanding the quinoa crop eu-project. (airproject931426).	87
Anexo 2. 182 accesiones utilizados en la prueba de germinación.	88
Anexo 3. 30 accesiones sembradas en las macetas.	89
Anexo 4. Grado de tolerancia a sales en la fase de germinación de las accesiones utilizadas en la tesis, con 25 ds/m de C.E.	90
Anexo 5. Análisis de suelo caracterización. Sustrato empleado en el llenado de macetas.	91
Anexo 6. Análisis de agua de caño empleada en el riego de las plantas.	91
Anexo 7. Datos promedio, del observatorio meteorológico A. Von Humboldt.	92
Anexo 8. Medición satelital del Perú - 2006 .	93
Anexo 9. Producción agropecuaria de quinua, según producto 2000-2006 (miles de toneladas /ha).	93
Anexo 10. Superficie cosechada de quinua, 1996 / 2006 (ha).	94
Anexo 11. Exportación de quinua, 2005-2006.	94
Anexo 12. Principales variedades de quinua sembradas en Perú.	94
Anexo 13. Producción de quinua por departamento -2006 (tn métricas).	95
Anexo 14. Laboratorio del programa de cereales - prueba de germinación.	96
Anexo 15. Comparación de la quinua con 0, 25 y 30 ds /cm de C.E.	96
Anexo 16. Riego con atomizador y vista panorámica en invernadero.	96
Anexo 17. Ataque de mildiu en una accesión en el invernadero.	97
Anexo 18. Comparación de altura .	97