



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular previo
a la obtención del título de Ingeniera
Agropecuaria.

Título:

“RESPUESTA AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE ESTRÉS SALINO, EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA”.

Autora:

Nelly Yuliana Zambrano Noriega

Director:

Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas

Mocache - Los Ríos- Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Nelly Yuliana Zambrano Noriega**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Nelly Yuliana Zambrano Noriega
C.I. 120553541-0
AUTORA



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 –05) 753 300 / 753 303 / 752 177

E.mail.info@uteq.edu.ec /fcp_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Nelly Yuliana Zambrano Noriega**, realizó el Proyecto de la Unidad de Integración Curricular titulado **“RESPUESTA AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE ESTRÉS SALINO, EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente,

Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas
DIRECTOR DEL PROYECTO DE LA UNIDAD DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Mocache, 20 de noviembre del 2019

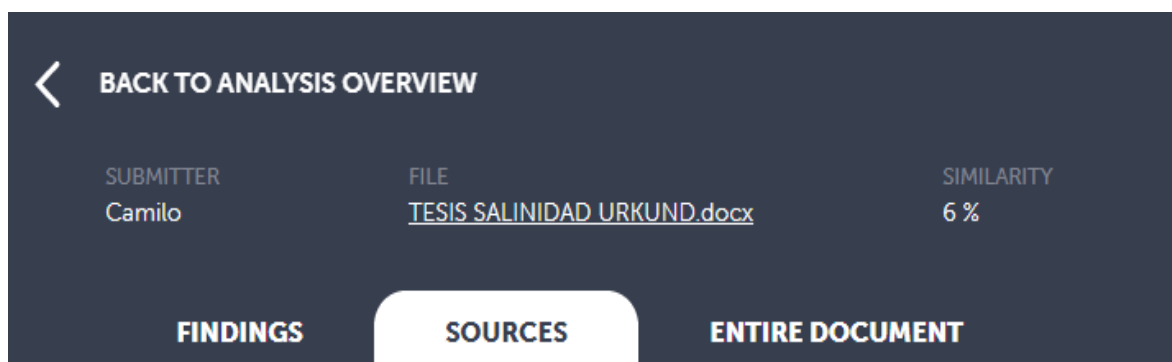
Ingeniero
Rommel Ramos Remache
COORDINADOR DE CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

De mi consideración:

Dado que el suscrito es conocedor que el proyecto de la Unidad de Integración Curricular titulado “**RESPUESTA AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE ESTRÉS SALINO, EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA**”, de autoría de la señorita **Nelly Yuliana Zambrano Noriega**, estudiante de la carrera de INGENIERÍA AGROPECUARIA, del cual fui designado Profesor Tutor de Trabajo de la Unidad de Integración Curricular. Proyecto que ha sido analizado a través de la herramienta URKUND, no incluyendo las listas de fuentes de comparación entre las cuales se encuentran las paginas preliminares de caratula, declaración de auditoria, certificación, agradecimientos, dedicatoria, índices, entre otras fuentes que no son utilizadas en el texto de la tesis.

Por lo expresado, CERTIFICO que el porcentaje validado por el URKUND es de **6% de similitud** (Figura 1), el mismo que es permitido por el mencionado Software, por lo cual solicito la continuación con los trámites pertinentes para solicitar fecha de sustentación del proyecto de investigación de la señorita **Nelly Yuliana Zambrano Noriega**.

Figura 1. Certificación del porcentaje de confiabilidad (94%) y similitud (6%) de URKUND.



Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas
DOCENTE TUTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título:

““RESPUESTA AGRONÓMICA DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE ESTRÉS SALINO, EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA”.

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Gregorio Vásquez Montufar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Diana Véliz Zamora M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gerardo Segovia Freire M.Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia para continuar a lo largo de este proceso y obtener uno de mis anhelos más deseados. Por estar conmigo en cada paso que doy, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

Al amor de mi vida, Julio Cesar Zambrano Robles, quién merece un reconocimiento especial que con su inmenso amor, esfuerzo, dedicación y sacrificio de todos los días me ayudó a culminar mi carrera universitaria. Papi tú eres ese hombre luchador, valiente y admirable que amo tanto, me siento tan honrada y afortunada de ser tu hija. Gracias por depositar tu confianza en mí, por tus sabios consejos, por ser mi ángel guardián; tú eres mi fuente de inspiración y todo lo que estoy logrando en ésta vida es gracias a ti, TE AMO PAPÁ.

A la alegría de mi vida, Patricia Noriega Macías, por su amor incondicional, comprensión y por su incansable ayuda en todo momento. Mami eres una mujer increíble, que simplemente me llenas orgullo, ésta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ti; tus esfuerzos son impresionantes y tú amor es la sustancia que me da el aliento y las ganas de salir adelante, TE AMO MAMÁ.

Agradezco infinitamente a mi pareja idónea, mi prometido José Carlos Núñez Flores, por su tiempo y apoyo ilimitado, por impulsarme para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible. La ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, te agradezco por ser mi apoyo fundamental e incondicional, por tu innegable dedicación, amor y paciencia durante estos nueve años juntos. Es un privilegio disfrutar esta victoria contigo.

A mi mejor amiga y colega Ginger Pacheco Morales, con quién forje una gran amistad desde hace siete años y termino convirtiéndose en mi hermana de corazón. Gracias por acompañarme en cada momento, por tu apoyo indispensable y por tu ayuda desinteresada. Tu amistad es un tesoro invaluable.

Mi profundo agradecimiento al Ing. Gerardo Segovia Freiré decano de la Facultad de Ciencias Pecuarias por abrirme las puertas de esta prestigiosa institución “Universidad Técnica Estatal de Quevedo” y darme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas. También, por su dirección y apoyo académico a lo largo de mi carrera.

Quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi director de tesis el Dr. Camilo Mestanza Uquillas, principal colaborador durante todo este proceso, quién con su experiencia, conocimientos, enseñanza y responsabilidad me oriento durante el desarrollo de esta investigación. Debo destacar, que gracias a su importante aporte, participación, disponibilidad, paciencia y sabiduría logró enriquecer el trabajo realizado.

A mi hermana Katty Zambrano Noriega, a mis amigas Solanyi Tigselema Zambrano y Rosita Bermeo Quiroz por su ayuda brindada durante toda mi carrera universitaria.

A mi amigo y colega José Santana Chávez, con quién compartí dentro y fuera de las aulas de clases formando una amistad a lo largo de esta trayectoria, le agradezco por extender su mano en este arduo trabajo. Asimismo, a mis compañeros William Sarabia, Luis Juárez y Oscar Mendoza porque sin ellos, no hubiera logrado ésta meta.

A la ing. Diana Véliz Zamora y el Dr. Gregorio Vasconez Montufar quienes supieron impartirme sus conocimientos con mucha paciencia y dedicación. Gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar con éxito este trabajo.

A todos los encargados de los diferentes departamentos de la UTEQ, la Ing. Lourdes Ramos, Ing. David Zapatier, Ing. Ángel Cedeño y el Ing. José Vargas, quienes me permitieron la accesibilidad para realizar los respectivos análisis inherentes a mi proyecto de investigación.

De manera especial quiero agradecer a todos los docentes, autoridades, personal administrativo y trabajadores de nuestra distinguida Facultad de ciencias pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo quienes a través de sus valores y conocimientos aportaron a mi formación tanto profesional como personal.

Nelly Yuliana Zambrano Noriega.

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, por bendecirme y darme las fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer, así como permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Ésta investigación es dedicada sobre todo a esos seres de luz que hacen que mis días sean maravillosos cada vez que llegan a casa, mis padres. Ellos son simplemente las dos mejores personas que conozco. He tenido la suerte de crecer con un padre y una madre que son mi pilar de apoyo fundamental. Está tesis y todo lo que logre será gracias a su fortaleza, virtudes y valores inculcados en mí. Gracias a su sustento, amor y confianza me permitieron culminar mi carrera profesional. Doy gracias a Dios por permitirme disfrutar cada momento de mi vida junto a ustedes. A mis hermanos Katty, Julio y Carlos por su cariño y apoyo absoluto sin importar nuestras diferencias. El amor que siento por ustedes no se puede medir.

Dedicada también al hombre que Dios me presentó en la vida para compartir mi felicidad, mi prometido José Carlos Núñez Flores quién con su valor y entrega ha demostrado ser una persona incondicional en mi vida, ha sido mi soporte, mi mejor amigo, mi consejero, mi apoyo, mi guía, mi todo para seguir adelante y no rendirme ante los momentos difíciles.

A mi mejor amiga irremplazable, hermana Ginger Pacheco Morales, porque sin el equipo que conformamos juntas no hubiera sido posible este logro. Agradezco a Dios por permitirme conocerte y construir una amistad tan pura y sincera, que estoy completamente segura que perdurará toda la vida.

A mi tía favorita Alida Noriega Macías, a quién quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo, por sus consejos y palabras de aliento. Por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. También a mi tía Génesis Cerezo Macías que no solo es mi familia, sino también mi amiga y que de una u otra forma me acompaña en todos mis sueños y metas.

RESUMEN

La investigación se realizó en el Campus “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, para lo cual se emplearon treinta genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones controladas de estrés salino. Los objetivos del trabajo fueron: determinar el efecto de la salinidad sobre la germinación, el contenido relativo de agua en las hojas, el desarrollo radicular y biomasa, evaluados a los 8 y 15 dds, a los 25 y 55 dds, a los 35 y 60 días después de la siembra, respectivamente. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, conformado por dos factores: A. Genotipos (G1-G30) y B. dosis de salinidad (D1: 0 mM NaCl y D2: 300 mM de NaCl), con tres repeticiones. Los resultados de las variables mostraron diferencia altamente significativa ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos; la aplicación de NaCl en el agua de riego no afectó la emergencia de las plantas, registrando el mayor promedio general (83%) en comparación al grupo control (64%). Sin embargo, afectó negativa y significativamente el crecimiento de las plantas, como también el porcentaje del contenido relativo de agua a medida que se acumuló el NaCl en el suelo aumento la concentración de sales en el mismo. El sistema radicular también se vio afectado por el NaCl, causando un alargamiento de la raíz principal, pero, se redujo considerablemente el volumen radicular, generando a una menor producción de biomasa en plantas bajo estrés salino. Se concluye que el riego diario con una concentración de 300 mM de NaCl perjudica el desarrollo las plantas, sin embargo, los genotipos O-1, O-2, O-3, O-5, O-10, X3, X4 y X5 fueron los menos afectados por las sales alcanzando los mayores resultados.

Palabras claves: Quinoa, Cloruro de sodio, Tolerancia, Conductividad eléctrica, Plantas halófilas facultativas.

ABSTRACT

The research was carried out in the Campus "La María", belonging to the State Technical University of Quevedo, for which thirty quinoa genotypes (*Chenopodium quinoa* Willd) were used under controlled conditions of saline stress. The objectives of the work were to: determine the effect of salinity on germination, the relative content of water in the leaves, root and biomass development, assessed at 8 and 15 dds, at 25 and 55 dds, at 35 and 60 days after planting Respectively. A completely randomized design (DCA) was applied with factorial arrangement, consisting of two factors: A. Genotypes (G1-G30) and B. salinity dose (D1: 0 mM NaCl and D2: 300 mM NaCl), with three repetitions. The results of the variables showed a highly significant difference ($p<0.05$) between the treatments; the application of NaCl in irrigation water did not affect the emergence of plants, recording the highest overall average (83%) compared to the control group (64%). However, it negatively and significantly affected the growth of plants, as well as the percentage of relative water content as NaCl accumulated in the soil increased the concentration of salts in the soil. The root system was also affected by the NaCl, causing an elongation of the main root, but, the root volume was considerably reduced, generating a lower production of biomass in plants under saline stress. It is concluded that daily irrigation with a concentration of 300 mM NaCl impairs the development of plants, however, genotypes O-1, O-2, O-3, O-5, O-10, X3, X4 and X5 were the least affected by the salts achieving the highest results.

Key words: Quinoa, Sodium Chloride, Tolerance, Electrical Conductivity, Optional Halophilic Plants.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
CÓDIGO DUBLIN	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.	6
1.3. Justificación.	7
CAPÍTULO II	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual.	9
2.2. Marco referencial.....	11
2.2.1. Origen de la quinua.....	11
2.2.2. Importancia de la quinua.....	11
2.2.3. Taxonomía de la quinua.....	12
2.2.4. Diversidad genética y variedades.....	12
2.2.5. Origen y fuente de sales.....	13
2.2.6. Conductividad eléctrica.	14
2.2.6.1. Conductividad en diferentes medios.	14

2.2.7. Suelo salino.....	15
2.2.7. Clasificación de los suelos salinos.....	15
2.2.8. Suelos salinos en el mundo.	16
2.2.9. Características generales de plantas y ecotipos tolerantes a suelos salinos.	17
2.2.10. Efectos directos de las sales en el desarrollo de la planta.....	18
2.2.11. Fisiología de la quinua a factores abióticos.....	19
2.2.11.1. Respuesta a la salinidad.....	19
2.2.12. Estado del agua en las plantas.....	20
2.2.13. Trabajos realizados sobre los efectos a diferentes concentraciones de NaCl en plantas de quinua.....	21
CAPÍTULO III.....	24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.1. Localización.....	25
3.2. Tipo de investigación.....	25
3.2.1. Experimental.....	25
3.3. Métodos de investigación.	25
3.3.1. Método de observación.....	25
3.3.2. Método inductivo.....	26
3.3.3. Método analítico.	26
3.4. Fuentes de recopilación de información.	26
3.5. Diseño de la investigación.	26
3.6. Instrumentos de investigación.....	28
3.6.1. Variables evaluadas.	28
3.6.1.1.Tasa de emergencia.	28
3.6.1.2.Contenido relativo de agua en las hojas.....	28
3.6.1.3.Altura de planta.....	29
3.6.1.4.Diámetro del tallo.....	29
3.6.1.5.Longitud de la raíz.....	29
3.6.1.6.Volumen de la raíz.	30
3.6.1.7.Peso fresco aéreo (g).	30
3.6.1.8.Peso fresco radical (g).	30
3.6.1.9.Peso fresco total (g).....	30
3.6.1.11. Peso seco radical (g).....	31
3.6.1.12. Peso seco total (g).	31
3.7. Tratamiento de los datos.	31
3.8. Recursos humanos y materiales.	34

3.8.1. Materiales y equipos.	34
3.8.1.1. Material vegetativo.....	34
3.8.1.2. Insumos.	34
3.8.1.3. Reactivos.	34
3.8.1.4. Materiales de campo.....	34
3.8.1.5. Materiales de oficina.	35
3.8.1.6. Materiales de laboratorio y equipos.	35
3.9. Manejo del experimento	35
3.9.1. Sustrato.	35
3.9.2. Siembra.	36
3.9.3. Aplicación de la solución de NaCl.....	36
3.9.4. Análisis de la conductividad eléctrica del suelo.	37
CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Resultados	39
4.2. Tasa de emergencia (%) a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua (CRA) en las hojas (%) en dos edades vegetativas (25 y 55 días).	39
4.2.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).....	39
4.2.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).	42
4.2.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).	43
4.3. Altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), longitud de raíz (cm) y volumen de raíz (cm ³) en dos edades vegetativas (35 y 60 días).	49
4.3.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).	49
4.3.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).....	51
4.3.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).	53
4.4. Peso fresco aéreo, radical y total (g) en dos edades vegetativas (35 y 60 días).	57
4.4.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).	57
4.4.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).....	59
4.4.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).	61
4.5. Peso seco aéreo, radical y total (g) en dos edades vegetativas (35 y 60 días).....	64
4.5.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).	64
4.5.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).....	66
4.5.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).	68
4.6. Análisis de la conductividad eléctrica del suelo.	71
CAPÍTULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72

5.1. Conclusiones.	73
5.2. Recomendaciones.....	74
CAPÍTULO VI.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	75
6.1. Referencias bibliográficas.	76
CAPÍTULO VII	84
ANEXOS.....	84
7.1. Anexos.....	85
7.1.1. Análisis de varianza de las variables en estudio.....	85
Anexo 1. Tasa de emergencia (%) a los 8 días después de la siembra.	85
Anexo 2. Contenido relativo de agua en las hojas (%) a los 25 días después de la siembra.....	85
Anexo 3. Contenido relativo de agua en las hojas (%) a los 55 días después de la siembra.....	85
Anexo 4. Altura de planta (cm) a los 35 días.	85
Anexo 5. Altura de planta (cm) a los 60 días.	86
Anexo 6. Diámetro del tallo (cm) a los 35 días.....	86
Anexo 7. Diámetro del tallo (cm) a los 60 días.....	86
Anexo 8. Longitud de raíz (cm) a los 35 días.	86
Anexo 9. Longitud de raíz (cm) a los 60 días.	86
Anexo 10. Volumen de raíz (cm ³) a los 35 días.....	87
Anexo 11. Volumen de raíz (cm ³) a los 60 días.....	87
Anexo 12. Peso fresco aéreo (g) a los 35 días.....	87
Anexo 13. Peso fresco aéreo (g) a los 60 días.....	87
Anexo 14. Peso fresco radical (g) a los 35 días.....	87
Anexo 15. Peso fresco radical (g) a los 60 días.....	88
Anexo 16. Peso fresco total (g) a los 35 días.	88
Anexo 17. Peso fresco total (g) a los 60 días.	88
Anexo 18. Peso seco aéreo (g) a los 35 días.	88
Anexo 19. Peso seco aéreo (g) a los 60 días.	88
Anexo 20. Peso seco radical (g) a los 35 días.	89
Anexo 21. Peso seco radical (g) a los 60 días.	89
Anexo 22. Peso seco total (g) a los 35 días.....	89
Anexo 23. Peso seco total (g) a los 60 días.....	89
Anexo 24. Origen de los genotipos en estudio.....	90
Anexo 25. Construcción del cobertizo.	91
Anexo 26. Preparación del sustrato y siembra.	92
Anexo 27. Colecta de datos de la variable tasa de emergencia.	93

Anexo 28. Desarrollo de las plántulas de quinua durante los primeros 15 días.	93
Anexo 29. Desarrollo de las plantas de quinua a los 25 días después de la siembra.....	94
Anexo 30. Desarrollo de las plantas de quinua a los 35 días después de la siembra.....	94
Anexo 31. Desarrollo de las plantas de quinua a los 60 días después de la siembra.....	95
Anexo 32. Plantas de quinua afectas por el NaCl durante los 60 días de estudio.	96
Anexo 33. Colecta de datos de la variable Contenido relativo de agua en las hojas (CRA).....	97
Anexo 34. Colecta de datos de las variables agronómicas.....	100
Anexo 35. Preparación de las muestras para determinar la conductividad eléctrica del suelo.	100

ÍNDICE DE TABLA

Tabla		Página.
1	Taxonomía de la quinua.....	12
2	Requerimientos de humedad y temperaturas, de los tipos de quinuas según las zonas agroecológicas.....	13
3	Clasificación del suelo según la intensidad de la salinidad.....	15
4	Características agrometereológicas del Campus "La María"	25
5	Esquema del experimento.....	27
6	Esquema del análisis de la varianza (ANDEVA) para un Diseño Completamente al Azar con arreglo bifactorial A x B.....	27
7	Descripción de los tratamientos.....	32
8	Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la tasa de emergencia a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua en las hojas en dos edades vegetativas (25 y 55 días) evaluados en el campus universitario "La María"	41
9	Efecto de las dosis de NaCl en la tasa de emergencia a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua en las hojas en dos edades vegetativas (25 y 55 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María"	42
10	Tasa de emergencia a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua en las hojas de los genotipos de quinua en dos edades vegetativas (25 y 55 días) más la adición de NaCl evaluados en el campus universitario "La María"	47
11	Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María"	50
12	Efecto de las dosis de NaCl en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz en dos edades vegetativas (35 y 60 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María"	52
13	Altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz de los genotipos de quinua más la adición de NaCl en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María"	55
14	Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en el peso fresco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María"	58

15	Efecto de las dosis de NaCl en el peso fresco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María".....	60
16	Peso fresco aéreo, radical y total de los genotipos de quinua más la adición de NaCl en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".....	62
17	Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en el peso seco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".....	65
18	Efecto de las dosis de NaCl en el peso seco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María".....	67
19	Peso seco aéreo, radical y total de los genotipos de quinua más la adición de NaCl en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".....	60
20	Conductividad eléctrica del suelo.....	71

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación	Página.
1 Fórmula del modelo matemático del Diseño Completamente al azar-bi factorial ($A \times B$)	27
2 Fórmula para determinar el porcentaje de plantas emergidas	28
3 Fórmula para determinar el CRA	29

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Siglas	Significado
μS	MicroSiemens.
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados.
Ca	Calcio.
cm	Centímetro.
Cl	Cloro.
Cl_2Mg	Cloruro de magnesio.
Cl_2Ca	Cloruro de Calcio.
CE	Conductividad eléctrica.
CRA	Contenido relativo de agua.
dds	Días después de la siembra.
dS	DeciSiemens.
g	Gramos.
l	Litro.
Mg	Magnesio
m	Metro.
ml	Mililitro.
mm	Milímetro.
mmhos	Milimhos.
mM	Milimolar.
mS	MiliSiemens.
NaCl	Cloruro de sodio.
pH	Potencial de hidrogeno.
S	Siemens.
SO_4Mg	Sulfato de magnesio.
SO_4Na_2 .	Sulfato de sodio.

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Respuesta agronómica de genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) bajo condiciones controladas de estrés salino, en el campus universitario la María”.				
Autora:	Nelly Yuliana Zambrano Noriega				
Palabras clave:	Quinoa	Cloruro de sodio	Tolerancia	Conductividad eléctrica	Plantas halófilas facultativas.
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen:	La investigación se realizó en el Campus “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, para lo cual se emplearon treinta genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) bajo condiciones controladas de estrés salino. Los objetivos del trabajo fueron: determinar el efecto de la salinidad sobre la germinación, el contenido relativo de agua en las hojas, el desarrollo radicular y biomasa, evaluados a los 8 y 15 dds, a los 25 y 55 dds, a los 35 y 60 días después de la siembra, respectivamente. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, conformado por dos factores: A. Genotipos (G1-G30) y B. dosis de salinidad (D1: 0 mM NaCl y D2: 300 mM de NaCl), con tres repeticiones. Los resultados de las variables mostraron diferencia altamente significativa ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos; la aplicación de NaCl en el agua de riego no afectó la emergencia de las plantas, registrando el mayor promedio general (83%) en comparación al grupo control (64%). Sin embargo, afectó negativamente y significativamente el crecimiento de las plantas, como también el porcentaje del contenido relativo de agua a medida que aumentó la concentración del NaCl en el suelo. El sistema radicular también se vio afectado por el NaCl, causando un alargamiento de la raíz principal, pero, se redujo considerablemente el volumen radicular, generando a una menor producción de biomasa en plantas bajo estrés salino. Se concluye que el riego diario con una				

	concentración de 300 mM de NaCl perjudica el desarrollo las plantas, sin embargo, los genotipos O-1, O-2, O-3, O-5, O-10, X3, X4 y X5 fueron los menos afectados por las sales alcanzando los mayores resultados.
Abstract:	The research was carried out in the Campus "La María", belonging to the State Technical University of Quevedo, for which thirty quinoa genotypes (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) were used under controlled conditions of saline stress. The objectives of the work were to: determine the effect of salinity on germination, the relative content of water in the leaves, root and biomass development, assessed at 8 and 15 dds, at 25 and 55 dds, at 35 and 60 days after planting Respectively. A completely randomized design (DCA) was applied with factorial arrangement, consisting of two factors: A. Genotypes (G1-G30) and B. salinity dose (D1: 0 mM NaCl and D2: 300 mM NaCl), with three repetitions. The results of the variables showed a highly significant difference (p-0.05) between the treatments; the application of NaCl in irrigation water did not affect the emergence of plants, recording the highest overall average (83%) compared to the control group (64%). However, negative and significantly affected plant growth, as well as the percentage of relative water content as NaCl concentration in soil increases. The root system was also affected by the NaCl, causing an elongation of the main root, but, the root volume was considerably reduced, generating a lower production of biomass in plants under saline stress. It is concluded that daily irrigation with a concentration of 300 mM NaCl impairs the development of plants, however, genotypes O-1, O-2, O-3, O-5, O-10, X3, X4 and X5 were the least affected by the salts achieving the highest results.
Descripción:	121 hojas : dimensiones, 29 x 21cm + CD-ROM
Uri:	

INTRODUCCIÓN

El cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es nativo y fue domesticado en la región de los Andes, principalmente en Perú y Bolivia, desde hace más de 7.000 años por culturas preincas e incas. Históricamente la quinua se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4.000 m, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500-3.800 m con una precipitación pluvial anual entre 250-500 mm y una temperatura media de 5-14 °C (1).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2) de Perú indican que, en América Latina, Perú es el país con mayor exportación de quinua, argumentando que en el 2014 alcanzaron un volumen de exportación de 36,3 mil toneladas, con un 98% de incremento y en términos de valor de US\$ 196,5 millones. En general, sus exportaciones en el lapso de los últimos cinco años han mostrado un crecimiento promedio anual de 66%. En cuanto a los principales destinos, Estados Unidos es el principal mercado en demandar quinua peruana, alcanzando una tasa de participación de un 65%, pero su nivel empieza a bajar a un 50% en el 2014, por la aparición de importantes mercados alternativos como son los países miembros de la Unión Europea, Canadá, Australia, Brasil, entre otros.

Por otra parte, Rojas *et al* (3) menciona que, las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional (14% - 22%), además de ser considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. Al respecto IICA (4) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, convirtiéndola en un sublime suplente de la carne, huevo, queso y leche.

La semilla de la quinua se ha disparado notoriamente como un alimento durante los últimos 30 años, sobre todo en Europa, América del Norte y en la región andina. Esto se ha debido en parte a factores tales como el aumento de la popularidad de las dietas vegetarianas, un aumento en el diagnóstico de la intolerancia al gluten en la dieta o la enfermedad celiaca. Su semilla al ser debidamente manejada para eliminar las saponinas amargas en el pericarpio, tiene un sabor suave y se puede consumir en muchas de las mismas maneras que los granos de los cereales, de ahí la clasificación de la quinua como un pseudocereal o pseudograno (5).

Además de tener características nutricionales favorables, el acervo génico del germoplasma de *C. quinoa* incluye ecotipos halófitos y xerófitos, sobre todo las quinuas “Reales” de alta calidad de la región de los Salares del Altiplano sur. Esta zona tiene un promedio de 150 mm de precipitación anual y se encuentra en o por encima de 3.700 metros de elevación (5).

La diversidad de la quinua andina se ha asociado con cinco ecotipos principales: Altiplano (Perú y Bolivia), Valles inter-andinos (Colombia, Ecuador y Perú), Salares (Bolivia, Chile y Argentina), Yungas (Bolivia), y Zonas Costera/ Tierras bajas (Chile); los germoplasmas en cada una de estos sub-centros de diversidad asociados se asumen comúnmente como descendientes de un acervo génico central de las variedades locales domesticadas en la cuenca del Lago Titicaca (6).

Por esta razón, la quinua representa una alternativa frente a los cambios globales, debido a la alteración de climas y por la intensificación de técnicas ineficientes de producción por la agricultura convencional desde los años 60, que han provocado un aumento de la tasa de salinización de las tierras agrícolas, lo cual, conduce a un decrecimiento de la producción agraria, trayendo resultados adversos como el abandono de tierras degradadas. Visto desde esta perspectiva, la tolerancia de la quinua a suelos salinos ofrece una alternativa no solo para recuperar esas tierras, sino para producir al mismo tiempo alimentos de alto valor nutricional, considerando el empeoro del clima dentro de los cambios globales (5).

Por ello, el propósito principal de esta investigación es identificar y seleccionar los genotipos de quinua que presenten el mejor comportamiento tanto agronómico como fisiológico a la inducción de estrés salino, además pretende conocer los cambios morfológicos que se producirán en las plantas ante el efecto de la salinidad del suelo, con el fin de obtener genotipos capaces de desarrollarse y alcanzar un alto rendimiento en dicho ambiente, que posteriormente servirán de base para trabajos de mejoramiento genético, además de aumentar el conocimiento y generar expectativas para aquellas regiones del mundo que están muy afectadas por este factor.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Uno de los grandes factores abióticos que limitan la producción agrícola a escala mundial, es la salinidad de los suelos. Ésta muestra una tendencia a aumentar en los próximos años a nivel mundial, así como en el territorio ecuatoriano, donde este fenómeno ambiental ha generado la degradación de grandes extensiones de tierra convirtiéndolas en zonas áridas, que junto a la sequía y a las temperaturas extremas obstaculizan un lavado de las sales, por lo tanto, las sales se acumulan en las capas superiores del suelo, perjudicando el rendimiento de los cultivos, provocando abandono de tierras agrícolas y, por ende, un fuerte impacto económico para la población agrícola, debido a que el estrés salino provoca en las plantas, toxicidad, oxidación y finalmente muerte celular, que determina su subsistencia, así como su productividad en estas condiciones.

Las actividades antrópicas realizadas también han incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas agrícolas que se enfocan en un sistema productivo de la agricultura convencional.

Por otro lado, el desconocimiento de los productores sobre el origen de los cultivos que siembran en dichos terrenos salinos influye sobre la baja producción, debido a la mala selección de cultivos que son susceptibles al estrés salino. Asimismo, siendo neófitos sobre los cultivos tolerantes a este factor, como es la quinua. Sin embargo, en Ecuador tradicionalmente ha sido considerado un cultivo secundario, no solo por la escasa superficie cultivada sino por su bajo consumo per cápita.

Diagnóstico.

El diagnóstico de las concentraciones salinas en el suelo se basa por causas ambientales naturales como las adversas condiciones climáticas, además de añadir el resultado de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el mal manejo del agua para el riego, lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios; dado también, que la disponibilidad de agua dulce es muy reducida para las actividades agrícolas.

Ecuador es un país potencialmente agrícola, que actualmente viene atravesando descensos en su producción relacionado con factores de estrés abióticos, entre ellos la salinidad, que puede reducir el rendimiento hasta en un 50%, como consecuencia de la elección de un cultivo no tolerante a las altas concentraciones de sales que dispone el suelo. Hoy en día, el productor ha buscado corregir este factor gastando recursos financieros, ya sea por el poco conocimiento o falta de información el productor no ha considerado el elemento clave en la producción, como es la procedencia del material vegetativo que va a cultivar, motivos por los cuales se desarrolla esta investigación.

Pronóstico.

La salinidad del suelo tiene un efecto desfavorable sobre los cultivos agrícolas. El desarrollo y crecimiento de las plantas de quinua pueden verse afectadas, debido a que, el incremento de sales dificulta la capacidad de las raíces para absorber agua, lo que conduce a un progresivo decrecimiento.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo incide la disponibilidad de información acerca de los genotipos de quinua para ser cultivados en suelos salinos?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál será el porcentaje de emergencia que tendrán las plantas de los genotipos de quinua sometidos a estrés salino?

¿Cuál será el estado hídrico de las plantas de quinua establecidas en un medio salino?

¿Qué efecto tendrá la salinidad del suelo sobre los órganos de la parte aérea y el sistema radical de las plantas de quinua?

¿Cuál será la producción de biomasa de los genotipos de quinua sobre la inducción al estrés salino?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Analizar la respuesta agronómica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones controladas de estrés salino en el campus universitario “La María”.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto de la salinidad sobre la emergencia de las plantas de quinua.
- Determinar el efecto de la salinidad sobre el contenido relativo de agua en las hojas de la planta de quinua.
- Determinar el efecto de la salinidad sobre el desarrollo radicular de las plantas de quinua.
- Establecer el efecto de la salinidad sobre la biomasa de las plantas de quinua.

1.3. Justificación.

La agricultura sostenible adaptada a un clima cambiante y a un aumento de la población mundial debe confiar en el uso de semillas o genotipos procedentes de las especies tolerantes al estrés abiótico, como en este caso, la salinidad. La quinua es la única especie de cultivo halófilo que produce semillas comestibles con propiedades altamente nutritivas.

La quinua demuestra una gran capacidad de adaptación a condiciones climáticas extremas, al denominarse cosmopolita, presenta un número alto de especies tolerantes gracias a un proceso largo de adaptación y diversificación para sobrevivir en ambientes con fuertes limitantes biofísicas. Debido a eso, la mayoría de sus especies son componentes principales de ambientes áridos y salinos.

En la actualidad, no existe referencia alguna sobre los niveles de áreas afectadas por este factor, pero, si está claro, que esta situación se agudiza cada día más en los suelos cultivables a nivel mundial, esto impone a los investigadores y fitomejoradores de los cultivos, nuevos estudios de desarrollo para emplear germoplasma tolerantes a niveles estresantes de este factor para aumentar así, la seguridad alimentaria, reducir la desnutrición y pobreza en los países con regiones áridas y semiáridas.

Por ello, esta investigación se propuso para abrir nuevas áreas a cultivos alternativos en la producción agrícola, que sean capaces de desarrollarse y alcanzar un alto rendimiento en condiciones de estrés salino, entre ellos, la quinua que es una de las plantas mejor adaptadas, sin embargo la escasez de estudios e información no permiten establecer los mecanismos de tolerancia de esta especie, además con la ejecución de esta propuesta se espera identificar los indicadores viables para la selección de genotipos con un comportamiento adecuado en estas condiciones desfavorables. Asimismo, se pretende llamar la atención de los agricultores que buscan aumentar la producción en zonas salinas, beneficiando así, a la población agrícola.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Estrés.

Se define al estrés como cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivos (7).

Genotipo.

Es la constitución genética de un individuo o el conjunto de los genes existentes en cada uno de los núcleos celulares (8).

Halófilo.

El termino halófilo significa amante de la sal. Sin embargo, no todos los organismos halófilos tienen requerimientos de sal, por lo que tienden a agruparse en función del rango de sales que necesitan para tener un crecimiento óptimo. También se utiliza este término para designar a aquellos organismos que viven en ambientes con una salinidad próxima a la del agua del mar (9).

NaCl.

Es la fórmula de una sal inorgánica responsable de la salinidad del agua de mar y la más abundante en la naturaleza (10).

Quinoa.

Grano originario de los Andes sudamericanos, forma parte de la vida del mundo andino desde antes de la formación del Tahuantinsuyo, siendo parte de la alimentación a través de diversas formas (11).

Resistencia.

La resistencia la definen como aquellas características intrínsecas de las plantas que les permiten minimizar o limitar el daño causado bajo un estado particular de estrés en un momento determinado y sin que su fenotipo se vea modificado de manera significativa (12), (13). Así mismo, Richmond (14) aclara que, el término “resistencia” se ha acuñado a las respuestas de defensa contra patógenos en donde las plantas resistentes responden mediante mecanismos que evitan el desarrollo de la enfermedad (inmunes).

Tolerancia.

Hace referencia a la habilidad que tienen las plantas de soportar cierto nivel de daño sin reducir su rendimiento a causa de un entorno ambiental estresante, lo que en términos de producción agrícola significa que, pese a las condiciones de estrés, los niveles de rendimiento en un cultivo tolerante se mantendrán por encima del umbral económico (15), (12), (16), (13), (17). Además, Bray *et al.*, (18), Indica que, tolerancia es el término más adecuado para referirse al estrés abiótico.

Contenido relativo de agua (CRA).

El CRA, es la expresión más usada para medir el nivel de agua de un tejido; se expresa como porcentaje y permite conocer el estado hídrico de las plantas, es decir, el grado de marchitez o turgencia de un tejido vegetal (19).

Conductividad eléctrica.

Se define como la capacidad de que una sustancia pueda conducir la corriente eléctrica, los conductores eléctricos pueden ser de dos tipos: conductores metálicos o electrónicos y conductores iónicos o electrolíticos. Actualmente se utiliza la unidad siemens (S), equivalente a mmhos; y para trabajar con números más manejables se emplea: $1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ dS/m}$ (20).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Origen de la quinua.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo nativo de la región Andina. Estas zonas son consideradas como uno de los ocho centros de origen de las especies cultivadas de quinua. La mayoría de los investigadores coinciden en indicar que la quinua es originaria del altiplano que comparten Perú y Bolivia, ya que en dichas áreas se encuentra la mayor diversidad de plantas cultivadas y parientes silvestres (21).

A su vez, Cirnma (22), destaca áreas específicas conocidas como subcentros de origen, los cuales se generan a partir del intercambio de especies entre zonas, donde se adapta diversidad de variedades del cultivo de quinua. Cada uno de estos centros de origen tiene características diferentes en cuanto a latitud, altitud, suelo, vegetación y clima. Al respecto, Borja y Soraide (23), destacan a la Quinua Real como la variedad originaria del Altiplano Sur de Bolivia.

2.2.2. Importancia de la quinua.

La importancia de la quinua reside en la alta calidad como alimento, la utilización completa de la planta y su amplia adaptación a condiciones agroecológicas. Su utilización racional está orientada a rescatar el sistema tradicional del cultivo de quinua, que es el manejo ecológico de suelos, plagas y enfermedades con la perseverancia en el sistema tradicional de los agricultores de este cultivo. La quinua está considerada como el alimento más completo para la nutrición humana basada en proteínas de la mejor calidad en el reino vegetal por el balance ideal de sus aminoácidos esenciales, ácidos grasos como omega 3, 6 y 9, en forma equilibrada, vitaminas, y minerales como el calcio y el hierro (1).

En el campo de la agricultura, su importancia radica en sus características agronómicas, por ser un cultivo tolerante a las adversidades climáticas y edafológicas extremas como la sequía y bajas temperaturas, salinidad de suelos y suelos pobres en nutrientes (24). En el ámbito de salud, sus beneficios radican en la prevención de algunas enfermedades tales como la osteoporosis, cáncer de mama, enfermedades del corazón, diabetes, artritis, entre otros (23).

El grano de la quinua se utiliza en la alimentación humana, como en sopas, lawas, guisos, pesque, quispiña, api, chicha blanca, chaulafan de quinua en Ecuador, humita dulce de quinua en Bolivia, galletas, panes, tortillas, licores y postres. En la medicina, se le atribuyen propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas y desinfectantes. Por la importancia nutricional atribuida a la quinua es demandada últimamente por Alemania, Dinamarca, Francia, Japón, Gran Bretaña y USA. Como potencial económico de la quinua se utiliza todo hasta el polvillo desaponificado en la alimentación animal y las hojas frescas en la alimentación humana, que comparativamente es superior a las hojas de la espinaca en contenido de proteínas (1).

2.2.3. Taxonomía de la quinua.

Respecto a su clasificación taxonómica, la quinua es una especie clasificada por Judd *et al.*, (25) de la siguiente manera:

Tabla 1. *Taxonomía de la quinua.*

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnolipsida
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	Amaranthaceae
SUBFAMILIA	Chenopodioideae
GENERO	<i>Chenopodium</i>
ESPECIE	<i>quinoa</i>

Fuente: (25).

2.2.4. Diversidad genética y variedades.

La región Andina es considerada como uno de los ocho centros de origen y de diversidad de los cultivos. Entre los cultivos andinos, la quinua recibió la mayor dedicación y apoyo principalmente en Ecuador, Perú y Bolivia (3).

A continuación, se describen los cinco grupos de quinua de acuerdo a Lescano (26) y a Tapia (27): quinuas de nivel de mar se encuentran en Chile (plantas de 1 m a 1,4 m de altura, producen granos oscuros), quinuas de valles interandinos en Colombia, Ecuador y Perú (se desarrollan hasta 2,5 m o más de altura), quinuas de altiplano en Perú y Bolivia (plantas con alturas entre 0,5 a 1,5 m), quinuas de salares se hallan en Bolivia, Chile y Argentina (se las conoce como “Quinoa real”) y las quinuas de las Yungas se localizan en Bolivia (alcanzan alturas de hasta 2,20 m).

Tabla 2. *Requerimientos de humedad y temperaturas, de los tipos de quinuas según las zonas agroecológicas.*

Grupo agroecológico	Precipitación mm.	Temperatura mínima
De valle	700-1500	3 °C.
De altiplano	400- 800	0 °C.
De los Salares	250- 400	-1 °C
De nivel del mar	800-1500	5 °C.
Yungas	000-2000	11 °C

Fuente: (28).

2.2.5. 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 (29). La salinidad de los suelos también puede ser inducida por el hombre que transforma los ecosistemas. Esta última se produce, fundamentalmente, por el mal uso de las prácticas de manejo del suelo y del agua de riego (30).

Asociadas al proceso de salinización antrópica, inciden también las condiciones climáticas desfavorables (escasas precipitaciones y alta evaporación), además del mal drenaje. Esto hace que sean más intensos los procesos de acumulación de sales en el suelo (31).

Para aumentar los terrenos destinados a la ganadería y a la agricultura, la deforestación provocó, en muchos casos, la salinización de los suelos potencialmente salinos y el ascenso de las sales por capilaridad. Esto produjo afectaciones en los cultivos y en la uniformidad de los pastos, además de un cambio radical en los componentes herbáceos, facilitando así la aparición de especies indicadoras o tolerantes a la salinidad (31).

Las causas principales de la salinización de los suelos agrícolas en los distritos de riego son: filtración en la red de canales de tierra, manejo deficiente del riego, conservación deficiente de la red de drenaje, uso de aguas de mala calidad para riego y fluctuación de los mantos freáticos someros(32) (33).

2.2.6. Conductividad eléctrica.

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras (34).

La conductividad eléctrica se utiliza para determinar la salinidad (contenido de sales) de suelos y substratos de cultivos, ya que éstos se disuelven en agua y se mide la conductividad del medio líquido resultante. Suele estar referenciada a 25°C y el valor obtenido debe corregirse en función de la temperatura. Existen muchas unidades de expresión de la conductividad para este fin, aunque las más utilizadas son dS/m (deciSiemens por metro), mmhos/cm (milimhos por centímetro) y según los organismos de normalización europeos mS/m (miliSiemens por metro) (35).

2.2.6.1. Conductividad en diferentes medios.

Los mecanismos de conductividad difieren entre los tres estados de la materia. Por ejemplo, en los sólidos los átomos como tal no son libres de moverse y la conductividad se debe a los electrones. En los metales existen electrones cuasi-libres que se pueden mover muy libremente por todo el volumen, en cambio en los aislantes, muchos de ellos son sólidos iónicos (35).

- **Conductividad en medios líquidos.**

La conductividad en medios líquidos (disolución) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos (35).

- **Conductividad en medios sólidos.**

Según la teoría de bandas de energía en sólidos cristalinos, son materiales conductores aquellos en los que las bandas de valencia y conducción se superponen, formándose una nube de electrones libres causante de la corriente al someter al material a un campo eléctrico. Estos medios conductores se denominan conductores eléctricos (35).

2.2.7. 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 (32).

2.2.7.1. Clasificación de los suelos salinos.

Pizarro (32), 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.

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_2Ca y SO_4Ca .

Según la intensidad de la salinidad se clasifican en:

Tabla 3. *Clasificación del suelo según la intensidad de la salinidad.*

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

Fuente: (32).

2.2.8. Suelos salinos en el mundo.

La salinidad y la sodicidad del suelo son los procesos que han disminuido, principalmente, la producción de los cultivos, aproximadamente en 9000 ha de tierras arables en el mundo (36). En Australia, se estima un incremento de hasta 7.5 millones de ha salinas, causado fundamentalmente por la calidad del agua utilizada en la agricultura (37). Esta fue también la causa principal del aumento de la salinidad en Irán, además de la topografía, la irrigación con agua salina, la erosión por el viento y el tipo de vegetación del lugar estudiado (38).

En Pakistán, de 35 000 000 de hectáreas en riego, se han perdido 5.3 millones por la salinidad, factor fundamental que influye en la baja eficiencia económica (39). La salinización en la India se considera uno de los factores más importantes en la degradación de la tierra (30). Se encuentran afectadas, al menos, 10 000 000 de ha. por la continua adición de sales subterráneas al medio ambiente (36).

En Suiza, la salinización está determinada por valores de conductividad eléctrica promedio de 3.6 dS/m, lo que excede los límites de salinización para el suelo y limita la producción de alimentos sostenibles en esta área (40).

Borroto *et al.*, (41) plantearon que en Cuba no hay antecedentes del cultivo de plantas tolerantes a la salinidad, como alternativa para suelos afectados. Por esto, realizaron un estudio para conocer la variabilidad genética disponible en un grupo de leguminosas y gramíneas.

En Ecuador, un estudio realizado sobre la gestión del riego y la salinidad en los cultivos de la Península de Santa Elena y Cuenca Baja del Río Guayas, indica que, en la Península de Santa Elena se genera un incremento de salinidad, que puede deberse algún tipo de entrada de agua de mar, pero muy diluida. La zona Calentura es considerada la más salina, encontrándose sales de origen marino como Cloruro de Sodio, Sulfatos de Sodio, Cloruro de Magnesio, Bicarbonato de Sodio en cantidades muy elevadas. En este caso el Cloruro de Magnesio encontrado, es considerado una de las sales más perjudiciales debido a su alta solubilidad de 353 g/l se encuentra en suelos que tienen grandes cantidades de Cloruro de Sodio y asciende por capilaridad, existiendo evidencias de problemas de sodificación que empieza avanzar a las partes más superficiales (42).

En el mismo lugar, también se halló agua freática a unos 55 cm con cantidades de conductividad eléctrica de 75 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y con pH de 7. Para hacer referencia el agua de mar tiene una conductividad eléctrica de 42 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esto nos da una clara ilustración de la salinización de origen marino que está teniendo ese sitio. Además, esta zona está cerca de un río muy ancho llamado Babahoyo, cuyas conductividades en marea alta llegan a valores de 4 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en marea baja a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (42).

Debido a los malos drenajes de los suelos arcillosos, retienen diferentes tipos de sales, predominando el Sodio, siendo el principal contaminante por su efecto nocivo y tóxico tanto para el suelo y para los cultivos. Llegando a la conclusión que este tipo de agua es de mala calidad para el uso de la agricultura en esta zona. En los meses de septiembre y octubre, las conductividades de los ríos de Tarifa, Samborondón y Vinces comienzan a incrementar la salinidad, volviéndose muy salinos, llegando a valores que podrían perjudicar a los cultivos (42).

Estos ejemplos demuestran el incremento de los suelos salinos en todo el mundo, lo que limita la producción de cultivos para la alimentación humana y animal. Muchas de estas áreas se consideran marginales, en un mundo donde el espacio y la alimentación constituyen grandes limitaciones. Por esto, es urgente encontrar soluciones que contrarresten esta situación alarmante (43).

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

Para determinar si una planta es tolerante a la sal, se han establecido una serie de criterios útiles, por ejemplo: debe resistir un máximo permisible de salinidad, sin que se reduzca la producción con respecto al tratamiento control (44). Por otro lado, Lutts *et al.*, (45) consideraron el estrés salino, la concentración de clorofila y la estabilidad de la membrana celular del tejido estresado como criterios para la selección de plantas tolerantes.

Xlang Ming *et al.*, (46) informaron algunos mecanismos de adaptación de las plantas al estrés salino. Entre ellos, la osmoregulación y la compartimentación de los iones inorgánicos desempeñan un papel importante en la adaptación de las plantas a dicho estrés.

La tolerancia implica el desarrollo de mecanismos fisiológicos especiales, que permiten que el organismo sobreviva en condiciones que serían inhibitorias o letales para especies o individuos no tolerantes (47). Esta depende, además, entre otros aspectos, del tipo de cultivo, la variedad, el estado de crecimiento, el aprovechamiento del agua en el suelo, así como de la estructura de éste y la evaporación del agua, almacenamiento en las vacuolas, por la inhibición de su entrada o la estimulación de su salida a la célula (48).

Estas plantas pueden agruparse en plantas exclusivas e inclusivas. En las primeras, diversos mecanismos de adaptación, como el de la selectividad en la absorción de ciertos iones por parte de las raíces, hacen que la sal sólo llegue a sus partes aéreas en cantidades muy pequeñas. Las inclusivas absorben la sal en grandes cantidades y la almacenan en tallos y hojas. Posteriormente la eliminan por excreción a la superficie foliar, mediante glándulas secretoras o la almacenan en estructuras secretoras (49).

Las plantas son capaces de emplear estrategias de resistencia como: la expulsión de exceso de sales, acumulación del exceso de sodio en las vacuolas y asociación de raíces con Rizo bacterias promotoras crecimiento vegetal (50). A diferencia de las plantas tolerantes que ante el factor de estrés abiótico salino realizan la homeostasis y compartimentación de iones, transporte y absorción de iones, ajuste osmótico, síntesis de poliaminas, activación de enzimas y compuestos antioxidantes (51).

2.2.10. 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 ion). 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 (52).

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 (53).

Las sales son más dañinas 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 (54).

Medina (55), 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.

La influencia de la salinidad en los cultivos, expresada en conductividad eléctrica. A partir de 2-4 dS/m, comienzan las afectaciones entre 20 y 50% del rendimiento. Por encima de estos valores de conductividad eléctrica, los daños son mayores. El estrés salino tiene dos componentes que afectan el crecimiento vegetal: el componente osmótico y el iónico. La elevada concentración salina provoca un descenso del potencial hídrico del suelo e induce al estrés hídrico en las plantas. Esto es lo que se conoce como componente osmótico de la salinidad (43).

En cuanto al componente iónico, determinados iones son tóxicos para las glicofitas (la inmensa mayoría de las plantas cultivadas). Dentro de ellos, los más abundantes en el suelo son el Cl^- y el Na^+ . Los iones Cl^- y Na^+ interfieren en la captación de otros iones por parte de la planta y provocan el déficit crítico de nutrientes, dando lugar a suelos estériles con cantidades de nitrógeno no óptimas. Por esto, necesitan suplementarse con fertilizantes químicos (48).

2.2.11. Fisiología de la quinua a factores abióticos.

2.2.11.1. Respuesta a la salinidad.

La salinidad es otro factor limitante de la producción de cultivos en la zona andina, debido a que causa una disminución del rendimiento de los cultivos. Mújica y Jacobsen (56) refieren que se tiene una reducción del área foliar como consecuencia de la inhibición de la división y crecimiento celular, disminución del crecimiento de los tejidos, raíces, tallos, hojas y muerte de la planta por imposibilidad de absorción del agua, perjudicando la nutrición y metabolismo de la misma.

Quispe y Jacobsen (57) indican que las plantas halófitas, como la quinua, para su supervivencia en medios salinos, requieren disminuir el potencial hídrico en su sistema, comúnmente, incrementando solutos con el uso de iones presentes en el medioambiente (Na^+ , K^- y Cr) y sintetizando solutos orgánicos; además, agrega, que otra respuesta fisiológica a la salinidad es disminuir la conductancia estomática, de este modo reducen la transpiración, evitando la sequía fisiológica, para mantener la turgencia de las células, indispensable para el crecimiento.

Aguilar (58) manifiesta que no se tienen los suficientes conocimientos sobre los mecanismos de tolerancia y adaptación de esta especie.; agrega que el contenido de prolina está correlacionado inversamente con los ambientes más favorables de humedad, temperatura y salinidad, y que como la quinua es una planta tolerante al estrés que producen estos factores, debe tener una amplia variabilidad del contenido de prolina.

2.2.12. Estado del agua en las plantas.

La mayoría de las plantas herbáceas poseen en su composición entre el 80 y el 90% de agua en peso fresco, la cual es responsable del mantenimiento de la turgencia en la planta permitiendo que las partes verdes permanezcan sin marchitar, también es el vehículo del que se valen los solutos celulares para moverse de una parte a otra de la planta, ya que es un excelente disolvente. Además, interviene en reacciones como la fotosíntesis (19).

Otra de las funciones, es que actúa como regulador térmico, interviene en la transpiración frenando el calentamiento excesivo de los órganos vegetales cuando están expuestos a la radiación solar. Para saber el estado hídrico de las plantas, es decir el grado de marchitez, o bien de turgencia de un tejido vegetal, se recurre al parámetro “C.R.A.” contenido relativo del agua expresado en porcentaje referido a la máxima turgencia. Para su cálculo se corta una hoja y se pesa inmediatamente, ese valor sería su peso fresco. Después se rehidrata sumergiéndola en agua hasta que alcance su máxima turgencia, se pesa y después se introduce en una estufa para desecarla hasta peso constante a 60 o 70 °C (19).

Un bajo porcentaje o una caída en el contenido de agua refleja una demanda evaporativa alta, donde toda la planta al transpirar experimenta un cierto nivel de déficit hídrico. Estos déficits diarios (horas de duración) que se producen por el proceso de transpiración, provocan alteraciones en el crecimiento de la planta y reducen también su producción. Esto puede ocurrir incluso con la humedad del suelo alta (19).

2.2.13. Trabajos realizados sobre los efectos a diferentes concentraciones de NaCl en plantas de quinua.

Pacsi (59) realizó una investigación en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno; en la cual evaluó el efecto de diferentes concentraciones de NaCl en el índice de germinación (IG) y crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la variedad INIA salcedo. Las concentraciones de NaCl utilizadas fueron: 0 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM y 400 mM. El Índice de Germinación encontrado para cada tratamiento fue 42.34%; 25.58%; 11.76%; 3.01% respectivamente, evidenciándose una clara disminución de este parámetro conforme la concentración de NaCl incremento. Así mismo, también se encontró una importante disminución del crecimiento de las plántulas en los tratamientos con altas concentraciones de NaCl en comparación con el grupo de testigo.

Chilo *et al.*, (60) estudiaron el efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa* (Cica y Real), con cinco niveles de salinidad, (0 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM y 400 mM de cloruro de sodio). Las variables de respuesta fueron: en el poder germinativo la alta salinidad (400 mM) no se obtuvieron plantas en ambas variedades estudiadas; en el crecimiento de plántulas con baja salinidad (0 mM, 100 mM, 200 mM) en la variedad Cica se presentaron plántulas de mayor desarrollo en longitud de hasta 18 cm, mientras que en la variedad Real el máximo encontrado fue de 11 cm. Además, las bajas concentraciones salinas favorecieron el peso seco de las plántulas. La variedad Cica presentó mejor respuesta a la germinación y crecimiento de plántulas en comparación con la variedad Real.

García (61) realizó una investigación en la Universidad del Cauca en Colombia con el objetivo de estudiar la respuesta de las fases vegetativas de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a concentraciones ascendentes de cloruro de sodio (NaCl). Utilizó semillas de quinua de la variedad Soracá, fueron sembradas en bolsas con suelo salinizado gradualmente con NaCl mediante la adición de 0 mM, 100 mM, 200 mM y 300 M. se midió días de ramificación y aparición de panoja; además de medir longitud de tallo, número de hojas, número de ramificaciones, materia fresca y seca de raíz, hojas y tallos; observando que las plantas presentaron diferencias estadísticas significativas en el desarrollo fenológico, concluyendo que dosis cercanas o superiores a 300 mM generan la muerte de las plantas.

Ruffino *et al.*, (62) realizaron un experimento de cámara de crecimiento para evaluar el efecto de la salinidad sobre la emergencia, el crecimiento, el estado hídrico, los pigmentos fotosintéticos, la acumulación de osmolitos y el contenido iónico de las plántulas de quinua (*Chenopodium quinoa*) de variedad Sajama. El objetivo fue probar la hipótesis de que las plántulas de quinua están bien adaptadas para crecer bajo salinidad debido a su capacidad para ajustar la funcionalidad metabólica de sus cotiledones. Las plántulas se cultivaron durante 21 días a 250 mM de NaCl desde el inicio de la germinación. El porcentaje de germinación y el área de cotiledón no se vieron afectados por la sal, mientras que la altura de las plántulas disminuyó en un 15%. El peso fresco aumentó tanto en el control como en los cotiledones tratados con sal, pero el aumento fue mayor en la salinidad. El peso seco solo aumentó en cotiledones tratados con sal.

El contenido relativo de agua, clorofila, carotenoides, lípidos y proteínas fueron significativamente más bajos en la salinidad. Las concentraciones totales de azúcares solubles, sacarosa y glucosa fueron mayores en los cotiledones tratados con sal que en los controles. sin embargo, se alteraron los parámetros fisiológicos y metabólicos de los cotiledones en plántulas jóvenes, la altura de las plántulas se redujo por la salinidad. Posteriormente, se observó una disminución pronunciada del contenido de clorofila al final del experimento; sin embargo, la disminución fue más pronunciada en los tratamientos con sal que en los cotiledones de control. Una reducción rápida en la clorofila bajo salinidad se ha relacionado con una senescencia prematura inducida por sal (62).

Hirich (63) sometió a la quinua a un ensayo de adaptación que probó el efecto riego con agua salina en comparación con leguminosas en Agronomic and Veterinary Medicine Hassan II Institute. La irrigación de garbanzos y quinua con agua salina llevó a una reducción en términos de plántulas, crecimiento, productividad y captación de agua. El garbanzo mostró una reducción del 97% en el rendimiento de grano bajo salinidad con un valor de CE de hasta 10 dS m^{-1} , mientras que la quinua irrigada con agua salina con un valor de CE de hasta 30 dS m^{-1} registró una reducción en el rendimiento del 34% en comparación con el control de riego con agua dulce. Las salinidades más altas redujeron considerablemente el crecimiento de las plantas, con una reducción máxima del 82% observada a 500 mM de NaCl. El rendimiento promedio de varios genotipos probados de quinua bajo irrigación salina con 400 mM de NaCl se ha reducido en un 50% en comparación con el rendimiento promedio recolectado en condiciones de control. La longitud del disparo se redujo en más del 60% a 300 mM. La longitud de la raíz apenas se vio afectada o incluso mejorada a 150 mM.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó en el campus “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el kilómetro 7 ^{1/2} de la Vía Quevedo – El Empalme, reciento San Felipe, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográfica de 01°6′28″ de latitud Sur y 70°27′13″ de longitud Oeste, a una altura de 72 metros sobre el nivel del mar; cuyas características agrometereológicas se muestran en la tabla 6. El estudio tuvo una duración de nueve semanas.

Tabla 4. Características agrometereológicas del Campus "La María".

Temperatura promedio °C	26
Humedad relativa (%)	87.71
Heliofanía horas luz/año	915.56
Precipitación anual mm	2274.29
Zona ecológica	Bosque Húmedo Tropical (bh – T)
Topografía	Irregular

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (2018) (89).

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Experimental.

La investigación es de Tipo Experimental, que contribuye a la determinación de los efectos que presentaron los diferentes genotipos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) a una concentración de cloruro de sodio durante sus fases de crecimiento. Tributa a la Línea de Investigación a: Agricultura, Silvicultura y Producción animal; sub-línea 2: Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral Ecuatoriano.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método de observación.

A través de este método se describieron los comportamientos y cambios morfológicos que presentaron las plantas durante sus etapas de desarrollo.

3.3.2. Método inductivo.

Mediante el método inductivo se planteó cada una de las variables de estudio, además de la recolección de datos, que proporcionaron respuestas eficaces permitiéndonos llegar a una conclusión con validez lógica.

3.3.3. Método analítico.

Con la ayuda del método analítico se lograron establecer analogías y nuevas teorías que permitieron comprender las conductas que generaron las plantas durante el estudio.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Las fuentes de recopilación de información que incluyo el presente proyecto de investigación son fuentes primarias y secundarias, a continuación, se especifican:

La información primaria se obtuvo directamente de la medición del efecto de los tratamientos posterior a la aplicación de la solución cloruro de sodio, donde se comprobó la tolerancia de los diferentes genotipos de *Chenopodium quinoa* a la sal durante el crecimiento de las plantas.

Las fuentes secundarias se obtuvieron de libros, artículos científicos, tesis de investigación, revistas, documentos y de buscadores académicos confiables.

3.5. Diseño de la investigación.

Para el análisis de las características morfológicas, se aplicó un Diseño Completamente al Azar dentro de un arreglo bifactorial (A x B), conformado por dos factores: Genotipos (factor A) y dosis de salinidad (factor B). Se evaluaron 30 genotipos de quinua (G1-G30), con dos dosis de cloruro de sodio (D1: 0 mM NaCl y D2: 300 mM NaCl), con tres repeticiones, dando un total de 180 unidades experimentales, como se detalla a continuación en la tabla 5 y tabla 6.

Tabla 5. Esquema del experimento.

Genotipos	Dosis	Repeticiones	N° Unidades Experimentales
30	2	3	180
Total			180

TUE: Tamaño de la Unidad Experimental
Elaborado por la autora

Tabla 6. Esquema del análisis de la varianza (ANDEVA) para un Diseño Completamente al Azar con arreglo bifactorial A x B.

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	A x B-1	59
Factor A	a-1	29
Factor B	b-1	1
Interacción A x B	(a – 1) (b – 1)	29
Error experimental	ab (r – 1)	120
Total	abn-1	179

Elaborado por la autora

Modelo matemático:

(Ecuación 1)

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ijk} =Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B.

μ = Efecto constante denominado media global.

τ_i = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A, ($i \tau_i = 0$).

β_j = Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B, $j \beta_j = 0$.

$(\tau \beta)_{ij}$ = Efecto producido por la interacción entre AxB, $i (\tau \beta)_{ij} = j (\tau \beta)_{ij} = 0$.

E_{ij} = Efecto del error aleatorio experimental (64).

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Variables evaluadas.

La recolección de los datos de las variables evaluadas consistió en un proceso destructivo realizado en dos edades diferentes de las plantas, a los 8 días luego de su emergencia. Se tomaron los respectivos datos a las tres repeticiones de cada genotipo (30), de ambas dosis.

3.6.1.1. Tasa de emergencia.

Para determinar el porcentaje de emergencia de las plantas de quinua, se contó el número de plantas emergidas por tratamiento a los 8 días, posteriores a la siembra. Se utilizó la siguiente fórmula (65):

(Ecuación 2)

$$\%E = \frac{\text{Nº de plantas emergidas}}{\text{Nº total de semillas sembradas}} \times 100$$

3.6.1.2. Contenido relativo de agua en las hojas.

El siguiente procedimiento describe la técnica para una hoja (modificado de Stocker, 1929). Una vez etiquetados los tubos de muestras, se pesaron vacíos. Se seleccionó una hoja entera totalmente expandida al azar de la parte superior de las plantas de cada repetición por tratamiento. Se desprendieron las hojas elegidas de las plantas, se secaron con un paño y se cortó la parte superior e inferior de todas las hojas, dejando una sección intermedia de 5 cm. Se colocaron inmediatamente en los tubos pesados y se taparon de modo que no haya pérdida o ganancia de humedad del sistema. Se ubicaron rápidamente en una hielera a 15°C. Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio lo antes posible, donde inmediatamente se pesaron todos los tubos con las muestras en una balanza analítica, el cual fue considerado como peso fresco (PF) (menos el peso del tubo vacío), luego se agregó 1 cm de agua destilada a cada tubo y se colocaron las muestras en un refrigerador a 4°C durante 24 horas, para que las hojas alcancen la turgencia completa.

Una vez transcurrido ese tiempo, se retiraron las muestras de hojas del tubo y se secaron cuidadosamente con una toalla de papel, para ser pesadas (PT: Peso turgente). Luego, se colocaron las hojas muestreadas en fundas de papel etiquetadas para ser secadas en una estufa a 70°C durante 24 horas, finalmente se volvieron a pesar las hojas (PS: Peso seco). Los tratamientos se evaluaron en dos diferentes edades vegetativas a los 25 y 55 días después de la siembra. Para determinar el contenido relativo de agua en las hojas se utilizó la siguiente fórmula (66):

(Ecuación 3)

$$CRA (\%) = \frac{PF - PS}{PT - PS} \times 100$$

3.6.1.3. Altura de planta.

La altura de las tres plantas de cada tratamiento (una por cada repetición) destinadas para el estudio, se midió en centímetro desde la base del tallo hasta la copa de la planta, utilizando una cinta métrica. Se evaluaron en dos diferentes edades vegetativas a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.4. Diámetro del tallo.

Para medir el diámetro de las tres plantas de cada tratamiento (una por cada repetición) destinadas para el estudio, se midió en centímetros, utilizando un calibrador en la base del tallo. Se evaluaron en dos diferentes edades vegetativas a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.5. Longitud de la raíz.

Para esta variable se extrajo cuidadosamente la planta entera de su recipiente. Las raíces se enjuagaron con abundante agua para eliminar las partículas de suelo y a continuación se secaron con toallas absorbentes. Posterior a esto, se midió en centímetros la raíz principal (pivotante) de las tres plantas de cada tratamiento (una por cada repetición) destinadas para el estudio, considerándose desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la misma. Se evaluaron en dos diferentes edades vegetativas a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.6. Volumen del sistema radicular.

El volumen de la raíz se determinó mediante un Software libre (Safira), para esto, el sistema radicular de las tres plantas de cada tratamiento (una por cada repetición) destinadas para el estudio, se colocó sobre un fondo blanco y en su parte inferior se dibujó una escala (5 cm o 10 cm). Se tomó una foto de alta calidad, la cual se escaneo en dicho programa, dónde se analizaron las raíces, especificando el espacio que ocupa la raíz en el suelo. Se evaluaron en dos diferentes edades vegetativas a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.7. Peso fresco aéreo (g).

El peso fresco aéreo se obtuvo de las tres plantas evaluadas de cada tratamiento (una por cada repetición). Para ello, se extrajo la planta entera separando las estructuras vegetales (aérea y radical), para esta variable se tomó las partes de las hojas, ramas y tallos, con la ayuda de una balanza analítica se procedió a pesar las muestras. Esta variable se realizó a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.8. Peso fresco radical (g).

El peso fresco radical se obtuvo de las tres plantas evaluadas de cada tratamiento (una por repetición). Para esta variable se tomó el sistema radicular, se retiraron los excesos de tierra y por ende se enjuagaron con abundante agua, finalmente se realizó el secado de las raíces con toallas absorbentes y el pesaje de las muestras. Esta variable se realizó a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.9. Peso fresco total (g).

Para determinar el peso fresco total de las tres plantas evaluadas de cada tratamiento (una por repetición), se realizó la sumatoria de todos los pesos registrados de los distintos órganos de la planta, lo cual determinó la biomasa fresca que había alcanzado cada genotipo a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.10. Peso seco aéreo (g).

Se recolectaron las muestras anteriores de las tres plantas evaluadas en fresco de cada tratamiento (una por repetición), se tomó las partes de las hojas, ramas y tallos, depositándolas en bolsas de papel que fueron llevadas al laboratorio. Las muestras se colocaron en la estufa a 65° C durante 48 horas. Luego se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso seco en gramos. Esta variable se realizó a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.11. Peso seco radical (g).

Se recolectaron las muestras anteriores de las tres plantas evaluadas en fresco de cada tratamiento (una por repetición), se tomó el sistema radicular, depositándolas en bolsas de papel que fueron llevadas al laboratorio. Las muestras se colocaron en la estufa a 65° C durante 48 horas. Luego se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso seco de las raíces en gramos. Esta variable se realizó a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.6.1.12. Peso seco total (g).

Para determinar el peso seco total de las tres plantas evaluadas de cada tratamiento (una por repetición), se realizó la sumatoria de todos los pesos registrados de los distintos órganos de la planta, lo cual determinó la biomasa seca que había alcanzado cada genotipo a los 35 y 60 días después de la siembra.

3.7. Tratamiento de los datos.

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANDEVA y las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), con la utilización de un programa estadístico versión libre para determinar la significancia estadística. Los cuadros y el proceso de los datos se realizaron en hojas de cálculo de EXCEL. A continuación, se describen los tratamientos en estudio en la tabla 7.

Tabla 7. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Código	Detalle
1	G1D1	Genotipo 26 con 0 mM de NaCl
2	G2D1	Genotipo 36 con 0 mM de NaCl
3	G3D1	Genotipo 41 con 0 mM de NaCl
4	G4D1	Genotipo 42 con 0 mM de NaCl
5	G5D1	Genotipo 48 con 0 mM de NaCl
6	G6D1	Genotipo 49 con 0 mM de NaCl
7	G7D1	Genotipo 52 con 0 mM de NaCl
8	G8D1	Genotipo 54 con 0 mM de NaCl
9	G9D1	Genotipo O-1 con 0 mM de NaCl
10	G10D1	Genotipo O-2 con 0 mM de NaCl
11	G11D1	Genotipo O-3 con 0 mM de NaCl
12	G12D1	Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl
13	G13D1	Genotipo O-5 con 0 mM de NaCl
14	G14D1	Genotipo O-6 con 0 mM de NaCl
15	G15D1	Genotipo O-7 con 0 mM de NaCl
16	G16D1	Genotipo O-8 con 0 mM de NaCl
17	G17D1	Genotipo O-9 con 0 mM de NaCl
18	G18D1	Genotipo O-10 con 0 mM de NaCl
19	G19D1	Genotipo J4 con 0 mM de NaCl
20	G20D1	Genotipo Faro con 0 mM de NaCl
21	G21D1	Genotipo Regalona con 0 mM de NaCl
22	G22D1	Genotipo Pata de venado con 0 mM de NaCl
23	G23D1	Genotipo dulce con 0 mM de NaCl
24	G24D1	Genotipo O-10 M con 0 mM de NaCl
25	G25D1	Genotipo J4-O10 con 0 mM de NaCl
26	G26D1	Genotipo Tunkahuan con 0 mM de NaCl
27	G27D1	Genotipo X2 con 0 mM de NaCl
28	G28D1	Genotipo X3 con 0 mM de NaCl
29	G29D1	Genotipo X4 con 0 mM de NaCl
30	G30D1	Genotipo X5 con 0 mM de NaCl

Continúa la Tabla 7....

Continuación de la Tabla 7....

31	G1D2	Genotipo 26 con 300 mM de NaCl
32	G2D2	Genotipo 36 con 300 mM de NaCl
33	G3D2	Genotipo 41 con 300 mM de NaCl
34	G4D2	Genotipo 42 con 300 mM de NaCl
35	G5D2	Genotipo 48 con 300 mM de NaCl
36	G6D2	Genotipo 49 con 300 mM de NaCl
37	G7D2	Genotipo 52 con 300 mM de NaCl
38	G8D2	Genotipo 54 con 300 mM de NaCl
39	G9D2	Genotipo O-1 con 300 mM de NaCl
40	G10D2	Genotipo O-2 con 300 mM de NaCl
41	G11D2	Genotipo O-3 con 300 mM de NaCl
42	G12D2	Genotipo O-4 con 300 mM de NaCl
43	G13D2	Genotipo O-5 con 300 mM de NaCl
44	G14D2	Genotipo O-6 con 300 mM de NaCl
45	G15D2	Genotipo O-7 con 300 mM de NaCl
46	G16D2	Genotipo O-8 con 300 mM de NaCl
47	G17D2	Genotipo O-9 con 300 mM de NaCl
48	G18D2	Genotipo O-10 con 300 mM de NaCl
49	G19D2	Genotipo J4 con 300 mM de NaCl
50	G20D2	Genotipo Faro con 300 mM de NaCl
51	G21D2	Genotipo Regalona con 300 mM de NaCl
52	G22D2	Genotipo Pata de venado con 300 mM de NaCl
53	G23D2	Genotipo Dulce con 300 mM de NaCl
54	G24D2	Genotipo O-10 M con 300 mM de NaCl
55	G25D2	Genotipo J4-O10 con 300 mM de NaCl
56	G26D2	Genotipo Tunkahuan con 300 mM de NaCl
57	G27D2	Genotipo X2 con 300 mM de NaCl
58	G28D2	Genotipo X3 con 300 mM de NaCl
59	G29D2	Genotipo X4 con 300 mM de NaCl
60	G30D2	Genotipo X5 con 300 mM de NaCl

3.8. Recursos humanos y materiales.

A continuación, se detalla el talento humano que contribuyo en la realización del presente proyecto de investigación:

- Director del proyecto Dr. Camilo Mestanza Uquilla.
- Estudiante y Autora del proyecto de investigación Nelly Zambrano Noriega.

3.8.1. Materiales y equipos.

3.8.1.1. Material vegetativo.

Como material vegetativo se utilizaron semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), de treinta genotipos diferentes.

3.8.1.2. Insumos.

- Turba
- Fertilizante

3.8.1.3. Reactivos.

- Solución de NaCl
- Agua destilada

3.8.1.4. Materiales de campo.

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| • Macetas | • Mesas |
| • Pala | • Cañas |
| • Jarras | • Alambre |
| • Vasos desechables | • Excavadora |
| • Canecas | • Fundas de papel |
| • Plástico transparente | • Fundas de plástico |
| • Alfombra sintética | • Toallas de papel absorbente. |

3.8.1.5. Materiales de oficina.

- Lapicero
- Tijeras
- Libreta
- Computadora
- Impresora
- Hojas A4
- Marcador permanente
- Hojas adhesivas
- Calculadora
- Cámara digital

3.8.1.6. Materiales de laboratorio y equipos.

- Tubos de muestra
- Varillas de agitación de vidrio
- Balanza analítica
- Estufa
- Hielera
- Recipientes de plástico
- Probeta
- Espátula
- Tenazas finas
- Conductivímetro

3.9. Manejo del experimento

3.9.1. Sustrato.

Para este estudio se utilizó turba. Se llenaron las macetas usando dos kilogramos de turba por maceta, a continuación, se agregó 12 gramos de fertilizante 10-30-10 a cada maceta para favorecer el crecimiento de las plantas y posteriormente, se humedeció cada maceta hasta capacidad de campo.

3.9.2. Siembra.

La labor de siembra se realizó en macetas de 4 litros sobre mesas metálicas. Cada maceta correspondió a un genotipo diferente, por ello, se ubicó una etiqueta con el respectivo nombre de cada tratamiento. Para la siembra se colocaron tres semillas a menos de 0,5 cm de profundidad por agujero (cinco) posicionados diferentemente, cubiertas por una delgada capa del sustrato utilizado, finalmente se humedecieron de acuerdo a los tratamientos (agua/NaCl). Una vez transcurridos los quince días desde la siembra, se procedió a realizar la labor cultural de releo para evitar la sobrepoblación de plántulas de quinua por hoyo, dejando dos plantas por posición.

3.9.3. Aplicación de la solución de NaCl.

En la aplicación de la solución NaCl se empleó en una concentración de 300 mM a los treinta tratamientos destinados para el estudio mientras que la otra mitad se mantuvo como control, se regó con agua de buena calidad; cabe señalar, que la solución se preparó utilizando 351 g de NaCl en 20 L de agua de calidad, la cual se mezcló y se sometió a fuego lento hasta conseguir que se disuelva totalmente transformándose en una mezcla homogénea. Este proceso se realizó semanalmente.

Para este estudio se utilizó 4 kg de NaCl y 12 botellas de agua de 20 litros para los tratamientos con la dosis 2 (300 mM) y 12 botellas de agua de 20 litros para los tratamientos de la dosis 1 (0 mM).

El riego de los tratamientos con ambas dosis se efectuó con la ayuda de un vaso desechable de 16 onzas (NaCl/Agua), con una frecuencia diaria de una vez al día durante los primeros 30 días después de la siembra, en los días posteriores, el riego se realizó con la misma frecuencia pero dos veces al día, en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde, debido a la evapotranspiración de las planta producida por las altas temperaturas del ambiente durante ese periodo de tiempo. Es importante mencionar el uso estratégico de las alfombras sintéticas sobre las mesas donde posaban las macetas, esto ayudó a proteger a las plantas contra las condiciones climáticas adversas. Los riegos se realizaron durante 8 semanas.

3.9.4. Análisis de la conductividad eléctrica del suelo.

Para determinar la conductividad eléctrica de las diferentes muestras de suelo (tres con NaCl y tres con agua), como primer paso se procedió a lavar los 6 recipientes de plástico con jabón o detergente, posterior a esto, se etiquetaron. A continuación, se pesó 20 gramos de suelo de todas las muestras en la balanza analítica y se colocó en cada recipiente, además se añadió 50 ml de agua destilada a cada uno, luego se agito con una varilla de vidrio durante 5 minutos cada muestra y se dejó reposar por 15 minutos, se vuelve a repetir este paso de agitar y reposar. Finalmente, las muestras se dejaron en reposo durante 24 horas. Una vez transcurridas las 24 horas de reposo se introduce el conductivímetro (Marca Hach- Modelo HQ440d multiparametrico) en cada muestra. Se procede a leer la conductividad eléctrica una vez estabilizada la lectura (67). Este procedimiento se lo realizó a los 35 y 60 días después de la siembra.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

La investigación se realizó con el fin de conocer cuál de los genotipos evaluados presentan características de tolerancia al estrés salino, en la que se analizaron variables de comportamiento agronómico, a través de datos recolectados en el transcurso de 60 días. Para este estudio se evaluó un total de 180 unidades experimentales, evaluadas en dos lecturas con un total de 360 lecturas por cada variable en estudio, excepto la tasa de emergencia, realizado en el campus universitario “La María”.

4.2. Tasa de emergencia (%) a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua (CRA) en las hojas (%) en dos edades vegetativas (25 y 55 días).

4.2.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).

En la tabla 8, se observa el efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la tasa de emergencia a los 8 días. De acuerdo al análisis de la varianza mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los genotipos evaluados, obteniendo los mayores resultados el genotipo 36 y 42 con un promedio de 93,33%.

Estos datos son inferiores a los obtenidos por Chilo *et al.*, (60) al evaluar el efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*, con respecto a la variedad Cica que alcanzó una alta emergencia de 96% . Caso contrario ocurrió con la variedad Real que obtuvo un porcentaje más bajo en su investigación realizada en Argentina con un valor de 68,50%.

En la tabla 8, perteneciente al efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua respecto al contenido relativo de agua en las hojas a los 25 días, se puede apreciar que el análisis de la varianza, indica que, a un nivel de significancia $\leq 0,05$, existen diferencias altamente significativas entre los genotipos. Destacándose el X3 con un promedio de 83,00 %. De la misma manera, el análisis de varianza para el CRA a los 55 días, registró diferencias entre las medias de los genotipos, siendo el genotipo X4 que mostró el mayor registro con 81,62%.

Mientras García *et al.*, (68), obtuvieron datos más bajos en su investigación realizada en Bolivia, donde compararon el comportamiento hídrico de dos variedades de quinua bajo estrés salino, expresando que el CRA en los tratamientos se mantuvieron en un nivel promedio de 70 a 80 % en la variedad amarga y en dulce 20-30 %, con disminuciones durante el riego.

Tabla 8. Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la tasa de emergencia a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua (CRA) en las hojas en dos edades vegetativas (25 y 55 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Factores Genotipos	Tasa de emergencia (%)	Contenido relativo de agua en las hojas (%)		
	8	25	55	
26	83,33 a b	66,87 d e f g	56,32 c d e f g	
36	93,33 a	68,40 d e f g	61,81 b c d e	
41	33,33 c	39,78 h	42,17 f g	
42	93,33 a	70,06 c d e f	67,63 a b c d	
48	90,00 a b	62,91 e f g	65,09 a b c d	
49	86,67 a b	62,28 f g	65,90 a b c d	
52	80,00 a b	60,69 g	64,28 a b c d	
54	66,67 a b c	71,82 c d e	52,63 d e f g	
O-1	86,67 a b	71,78 c d e	74,09 a b c	
O-2	83,33 a b	81,40 a b	70,09 a b c d	
O-3	80,00 a b	71,54 c d e f	66,61 a b c d	
O-4	56,67 a b c	33,45 h	44,30 e f g	
O-5	76,67 a b c	78,96 a b c	76,03 a b	
O-6	63,33 a b c	65,70 d e f g	66,49 a b c d	
O-7	70,00 a b c	67,99 d e f g	61,93 b c d e	
O-8	86,67 a b	73,61 b c d	66,41 a b c d	
O-9	53,33 a b c	34,98 h	42,21 f g	
O-10	83,33 a b	82,11 a b	71,06 a b c	
J4	46,67 b c	73,33 b c d	65,28 a b c d	
Faro	73,33 a b c	66,03 d e f g	66,88 a b c d	
Reg	70,00 a b c	74,69 a b c d	64,00 a b c d	
P.V.	70,00 a b c	36,60 h	40,09 g	
Dulce	50,00 a b c	41,64 h	45,01 e f g	
O-10 M	80,00 a b	71,54 c d e f	63,27 b c d	
J4-O-10	66,67 a b c	67,80 d e f g	66,36 a b c d	
TNKAHN	33,33 c	40,43 h	44,51 e f g	
X2	86,67 a b	73,01 b c d	57,92 c d e f	
X3	90,00 a b	83,00 a	76,57 a b	
X4	80,00 a b	78,10 a b c	81,62 a	
X5	80,00 a b	74,82 a b c d	71,13 a b c	
CV (%)	27,43	6,5	12,97	
Probabilidad	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p \leq 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.2.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).

De acuerdo al análisis obtenido para las dos dosis de NaCl en cuanto a la tasa de emergencia a los 8 días, se comprobó diferencias altamente significativas. La prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) demostró que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 300 mM obtuvieron los mayores resultados con un promedio de 82,67%, en comparación con la dosis de control (0 mM de NaCl) que obtuvo el menor valor (Tabla 9). Esto se debe, a que la falta de sales produce disminución de la velocidad de germinación como lo menciona Gonzáles *et al.*, (69) en su investigación realizada en Italia, donde estudiaron sobre la germinación en relación con la salinidad y la temperatura en *Chenopodium quinoa*.

En la tabla 9, también se observa el análisis obtenido para las dos dosis de NaCl con respecto al contenido relativo de agua en las hojas tanto a los 25 y 55 días, detalló que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 mM obtuvieron los mayores resultados con un promedio de 72,82% a los 25 días; aumentando a los 55 días con una media de 83,97% presentando diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$) en relación a la dosis de 300 mM que obtuvo el menor registro. Concuerta con la investigación de Argentel *et al.*, (70) en su estudio sobre el efecto de altas concentraciones salinas en la germinación y crecimiento de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa*) realizado en cuba en donde, las plantas que se establecieron en el medio salino mostraron menores valores en el CRA con un nivel promedio de 26%.

Tabla 9. Efecto de las dosis de NaCl en la tasa de emergencia a los 8 días después de la siembra siembra y contenido relativo de agua en las hojas en dos edades vegetativas (25 y 55 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María".

Factores	Tasa de emergencia (%)		Contenido relativo de agua en las hojas (%)	
	8		25	55
Dosis de NaCl				
0 mM	63,56	b	72,82	a
300 mM	82,67	a	56,87	b
CV (%)	27,43		6,5	12,97
Probabilidad	<0,0001**		<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p \leq 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, mM: Milimolar; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.2.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).

En la tabla 10, se observan los datos analizados para la interacción de los factores con respecto a la tasa de emergencia a los 8 días, los cuales demuestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$), donde se destacaron los tratamientos que se establecieron en un medio salino, sobresaliendo el T32 (Genotipo 36 con 300 mM de NaCl), T34 (Genotipo 42 con 300 mM de NaCl), T35 (Genotipo 48 con 300 mM de NaCl), T36 (Genotipo 49 con 300 mM de NaCl), T45 (Genotipo O-7 con 300 mM de NaCl), T58 (Genotipo X3 con 300 mM de NaCl) registrando el mayor valor con 100%.

Cabe señalar, que estos tratamientos al estar bajo el efecto del NaCl, provoca una aceleración en la etapa de germinación y emergencia de las plantas, como lo indicó Chilo *et al.*, (60) en su investigación realizada en Argentina sobre el efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*, afirma que el efecto salino influye sobre la velocidad de germinación. De la misma manera, Miranda *et al.*, (71) confirma, en su estudio realizado en Bolivia acerca de los mecanismos de adaptación a la salinidad de la quinua, sobre el efecto del NaCl en la germinación de semillas de poblaciones de Atriplex repanda de la región semiárida de Chile, donde las semillas con carencia de NaCl presentaron un retraso en los mecanismos fisiológicos implicados en la etapa inicial de la germinación y por ende en la emergencia de las plantas, pero al final (día 14) todas las poblaciones tuvieron su máxima emergencia en niveles entre 0 y 100 mM de NaCl con 81,3 % a diferencia de las plantas con riego de 300 mM de NaCl que obtuvieron el mayor porcentaje de emergencia con 96%.

Gonzales *et al.*, (69) reporta que la tolerancia a la salinidad de las semillas en su germinación es una medida de la habilidad de estas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio. La presencia de sales disminuye el potencial hídrico, lo que provoca menor disponibilidad de agua para las semillas, de manera que estas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su emergencia. Caso contrario, Ungar (72) menciona, en su estudio sobre el efecto a la salinidad en la germinación de semillas, el crecimiento y la acumulación de iones de la patula atroplex (*Chenopodiaceae*) en dónde determinó que la emergencia de las plantas se reduce severamente en concentraciones de NaCl $> 0,5\%$, provocando en algunos casos su muerte.

Consecuentemente, el T56 (Genotipo Tunkahuan con 300 mM de NaCl), no mostró ninguna acción de germinar. Se consideró como semilla germinada aquella en la cual la radícula emergió de la cubierta; dando una respuesta negativa de ser tolerante el estrés salino. debido a que este genotipo, pertenece al grupo de germoplasma de quinua dulce originaria de Ecuador. Jacobsen *et al.*, (73) en su investigación realizada en Perú sobre la resistencia de quinoa (*Chenopodium quinoa*) a factores abióticos adversos explica que, no todos los mecanismos de defensa a la salinidad están presentes en todos los genotipos, especialmente en las quinuas dulces.

También se ha demostrado que la inhibición de la emergencia de la radícula es principalmente debido a una disminución del gradiente de potencial hídrico entre el medio externo y la semilla. Esto ocasiona una menor absorción de agua de las semillas, lo que causa un retraso en los cambios metabólicos necesarios para la emergencia de la radícula (72).

En la tabla 10, se observan los datos analizados para la interacción de los tratamientos con respecto al contenido relativo de agua en las hojas a los 25 días, dónde se reflejan promedios con diferencias estadística altamente significativas, siendo 85,83% el promedio más alto registrado por el T13 (Genotipo O-5 con 0 mM de NaCl).

Sin embargo, en los tratamientos con una dosis de aplicación de 300 mM de NaCl se percibe una tendencia igual con valores dentro de un rango de 60-80%; pero más tarde a medida que transcurren las distintas fenofases de la planta, a los 55 días según el ANDEVA marca una disminución importante del CRA (hasta 30%) en comparación con los tratamientos de control que presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$) siendo el T13 (Genotipo O-5 con 0 mM de NaCl) que obtuvo el mayor registro con una media de 98,07% (Tabla 10).

Batista (74), menciona que el aumento notable del malato y de los iones Cl^- y K^+ hace que el potencial hídrico de las células oclusivas aumente y se deforme su estructura, provocando que el poro se abra, causando así, la pérdida de agua hacia la atmosfera mediante el proceso de transpiración, como ocurrió como los tratamientos sometidos a estrés salino. Aunque, el descenso del CRA puede responder a un incremento del potencial osmótico y reducción del potencial hídrico en el suelo.

Cabe señalar, que los datos recolectados de CRA a los 25 días demuestran que el T18 (Genotipo O-10 con 0 mM de NaCl) obtuvo una media de 82,22%, la cual, no difiere con el T48 (Genotipo O-10 con 300 mM de NaCl) cuyo promedio fue 82%. De la misma manera, el T30 (Genotipo X5 con 0 mM de NaCl) alcanzó una media de 75,16%, similar al T60 (Genotipo X5 con 300 mM de NaCl) con un promedio de 74,49%. Por último, el T14 (Genotipo O-6 con 0 mM de NaCl) registró un valor de 65,76% parecido al T44 (Genotipo O-6 con 300 mM de NaCl) con 65,64% (Tabla 10). Hay que tener en cuenta que el contenido relativo de agua en las hojas se mantiene casi constante en estos genotipos con ambas dosis de NaCl aplicadas en este experimento, coincide con la investigación realizada por Macabilca *et al.*, (75) en su estudio respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a condiciones salinas en las costas de Perú, donde sus resultados de CRA no muestran variaciones significativas durante las evaluaciones a una concentración de 300 mM en el estadio de plántulas.

En este sentido, Jacobsen *et al.*, (73) acota que, la quinua ha demostrado la capacidad de acumular iones de sal en sus tejidos con el fin de controlar y ajustar el potencial de agua en la hoja, esto le permite a las plantas mantener la turgencia celular y regular la transpiración bajo condiciones salinas, evitando daños fisiológicos de la sequía y por lo tanto la muerte.

Conviene señalar que, a los 55 días, los tratamientos que se establecieron en condiciones salinas (300 mM de NaCl) y que arrojaron los menores porcentaje dentro de un rango de 30-50% de CRA, ya mostraban cambios en su morfología, como en el color de las hojas (se tornaron amarillas), baja estatura, poco follaje y retraso en el desarrollo de la fase posterior (ramificación). Estos efectos dan como respuesta a un alto grado de estrés por la aparición de un estado de sequía fisiológica, que no se debe a la falta de agua en el suelo, sino a que la planta no puede absorberla con facilidad porque el suelo posee una alta concentración de sales y por lo tanto valores del potencial hídrico tan bajos, pueden llegar a ser inferiores al potencial de la célula, limitando la absorción del agua y si este fenómeno se produce por mucho tiempo, la planta puede morir, lo cual lo explica Prazak (76) en su estudio tolerancia a la sal de las plántulas *Chenopodium quinoa* en Polonia.

Argentel *et al.*, (70), menciona que la concentración de pigmentos disminuye significativamente en las hojas de las plántulas cultivadas en condiciones de estrés salino, tales afectaciones son fundamentalmente debidas a la destrucción de los cloroplastos y a un aumento de la actividad de la enzima clorofilasa, afectando la síntesis de clorofilas.

A diferencia del T59 (Genotipo X4 con 300 mM de NaCl), que alcanzó una media de 70,29%, seguido del T48 (Genotipo O-10 con 300 mM de NaCl) con 64,69%, T58 (Genotipo X3 con 300 mM de NaCl) con 62,34%, T39 (Genotipo O-1 con 300 mM de NaCl) con 60,05%, T60 (Genotipo X5 con 300 mM de NaCl) con 57,30%, T40 (Genotipo O-2 con 300 mM de NaCl) con 55,83%, T43 (Genotipo O-5 con 300 mM de NaCl) con 53,98%, y por último el T41 (Genotipo O-3 con 300 mM de NaCl) con 53,71%; lo cuales alcanzaron los porcentajes más altos en CRA, por ello, mostraban una apariencia vigorosa, con una coloración verde oscuro en sus hojas, tallo erguido, brindando evidencia de que la quinua se comporta como una especie halófila (60).

Un genotipo con la habilidad de minimizar el estrés mediante la conservación de la turgencia en hojas en ambientes bajo estrés tendrá ventajas fisiológicas, es decir, permite que los procesos dependientes de la turgencia como el crecimiento y la actividad somática se realicen, además de proteger y mantener al complejo fotosistema, como lo indica Mullan *et al.*, (66).

Por otro lado, Valero (77), probó genotipos de quinua Utusaya, G-205-95DK, Linea-320 y linea1887 en cuatro concentraciones de NaCl en Bolivia, encontrando que los genotipos más tolerantes para un nivel máximo de 300 mM de concentración de cloruro de sodio fueron la Utusaya y G-205DK.

Es de suma importancia mencionar que los tratamientos bajo la aplicación de la dosis de 300 mM de NaCl se murieron durante el proceso de evaluación, entre ellos se encuentra, el T33 (Genotipo 41), T42 (Genotipo O-4), T47 (Genotipo O-9), T52 (Genotipo P.V.), T53 (Genotipo Dulce) y T56 (Genotipo Tunkahuan). Chilo *et al*, (2009) (60) indicó en su estudio que, la salinidad por debajo de 300 mM de NaCl produce la muerte de hasta un 75%, el 25% restante llega a sobrevivir.

Tabla 10. Efecto de la interacción de los factores genotipos x dosis de NaCl en la tasa de emergencia a los 8 días después de la siembra y contenido relativo de agua (CRA) en las hojas de los genotipos de quinua en dos edades vegetativas (25 y 55 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Interacción		Tasa de germinación (%)		Contenido relativo de agua en las hojas (%)	
T	G x D	8	25	55	
T1	26 x 1	73,33 a b	66,89 g h i j k l m	74,50 a b c d e f g h i j k	
T2	36 x 1	86,67 a b	68,77 d e f g h i j k	82,08 a b c d e f g	
T3	41 x 1	20,00 b c	79,56 a b c d e f g h	84,33 a b c d e f	
T4	42 x 1	86,67 a b	70,40 b c d e f g h i j k	88,95 a b c d	
T5	48 x 1	80,00 a b	63,19 i j k l	87,13 a b c d e	
T6	49 x 1	73,33 a b	64,29 i j k l	81,43 a b c d e f g h	
T7	52 x 1	66,67 a b c	61,51 j k l	79,61 a b c d e f g h i	
T8	54 x 1	73,33 a b	73,82 a b c d e f g h i j k l	73,11 a b c d e f g h i j k l	
T9	O-1 x 1	80,00 a b	62,33 j k l	88,13 a b c d	
T10	O-2 x 1	73,33 a b	81,91 a b c d e	84,35 a b c d e f	
T11	O-3 x 1	73,33 a b	72,60 a b c d e f g h i j k l	79,51 a b c d e f g h i	
T12	O-4 x 1	33,33 a b c	66,90 g h i j k l	88,59 a b c d	
T13	O-5 x 1	60,00 a b c	85,83 a	98,07 a	
T14	O-6 x 1	53,33 a b c	65,76 h i j k l	82,70 a b c d e f g	
T15	O-7 x 1	40,00 a b c	68,97 c d e f g h i j k l	87,40 a b c d e	
T16	O-8 x 1	80,00 a b	77,11 a b c d e f g h i	81,71 a b c d e f g	
T17	O-9 x 1	40,00 a b c	69,96 b c d e f g h i j k l	82,42 a b c d e f g	
T18	O-10 x 1	73,33 a b	82,22 a b c d	77,42 a b c d e f g h i j	
T19	J4 x 1	40,00 a b c	73,60 a b c d e f g h i j k l	77,18 a b c d e f g h i j	
T20	Faro x 1	60,00 a b c	67,65 e f g h i j k l	87,57 a b c d	
T21	Reg x 1	60,00 a b c	75,51 a b c d e f g h i j	79,28 a b c d e f g h i	
T22	P.v x 1	60,00 a b c	73,20 a b c d e f g h i j k l	80,19 a b c d e f g h i	
T23	Dulce x 1	40,00 a b c	83,28 a b c	90,03 a b c	
T24	O-10M x1	66,67 a b c	72,79 a b c d e f g h i j k l	84,47 a b c d e f	
T25	J4-O-10x1	40,00 a b c	68,13 d e f g h i j k l	86,66 a b c d e	
T26	TUNKx1	66,67 a b c	80,86 a b c d e f g	89,03 a b c d	
T27	X2 x 1	80,00 a b	74,10 a b c d e f g h i j k l	69,16 b c d e f g h i j k l m n	
T28	X3 x 1	80,00 a b	84,34 a b	90,81 a b c	
T29	X4 x 1	66,67 a b c	73,83 a b c d e f g h i j k l	92,98 a b	
T30	X5 x 1	80,00 a b	75,16 a b c d e f g h i j	84,96 a b c d e	

Continúa la Tabla 10...

Continuación de la Tabla 10...

T31	26 x 2	93,33 a	66,84	g h i j k l	38,13	o p q
T32	36 x 2	100,00 a	68,02	d e f g h i j k l	41,53	o p q
T33	41 x 2	46,67 a b c	0,00	m	0,00	r
T34	42 x 2	100,00 a	69,72	c d e f g h i j k l	46,31	l m n o p q
T35	48 x 2	100,00 a	62,63	j k l	43,06	m n o p q
T36	49 x 2	100,00 a	60,27	k l	50,36	j k l m n o p q
T37	52 x 2	93,33 a	60,00	k l	48,96	k l m n o p q
T38	54 x 2	60,00 a b c	69,82	c d e f g h i j k l	32,14	q
T39	O-1 x 2	93,33 a	81,24 a b c d e f g	60,05	e f g h i j k l m n o p	
T40	O-2 x 2	93,33 a	80,89 a b c d e f g	55,83	g h i j k l m n o p q	
T41	O-3 x 2	86,67 a b	70,49 b c d e f g h i j k l	53,71	i j k l m n o p q	
T42	O-4 x 2	80,00 a b	0,00	m	0,00	r
T43	O-5 x 2	93,33 a	72,10 a b c d e f g h i j k l	53,98	h i j k l m n o p q	
T44	O-6 x 2	73,33 a b	65,64	h i j k l	50,28	j k l m n o p q
T45	O-7 x 2	100,00 a	67,00	g h i j k l	36,46	p q
T46	O-8 x 2	93,33 a	70,11 b c d e f g h i j k l	51,10	j k l m n o p q	
T47	O-9 x 2	66,67 a b c	0,00	m	0,00	r
T48	O-10 x 2	93,33 a	82,00 a b c d e	64,69	c d e f g h i j k l m n o	
T49	J4 x 2	53,33 a b c	73,07 a b c d e f g h i j k l	53,37	i j k l m n o p q	
T50	Faro x 2	86,67 a b	64,41	i j k l	46,18	l m n o p q
T51	Reg x 2	80,00 a b	73,86 a b c d e f g h i j k l	48,72	k l m n o p q	
T52	P.v x 2	80,00 a b	0,00	m	0,00	r
T53	Dulce x 2	60,00 a b c	0,00	m	0,00	r
T54	O-10M x 2	93,33 a	70,28 b c d e f g h i j k l	42,08	n o p q	
T55	J4-O-10x 2	93,33 a	67,48	f g h i j k l	46,07	l m n o p q
T56	TUNK x 2	0,00 c	0,00	m	0,00	r
T57	X2 x 2	93,33 a	71,91 a b c d e f g h i j k l	46,68	l m n o p q	
T58	X3 x 2	100,00 a	81,66 a b c d e f	62,34	d e f g h i j k l m n o p	
T59	X4 x 2	93,33 a	82,37 a b c d	70,27	b c d e f g h i j k l m	
T60	X5 x 2	80,00 a b	74,49 a b c d e f g h i j k	57,30	f g h i j k l m n o p q	
Promedio		73,12	64,85		61,89	
CV (%)		27,43	6,5		12,97	
Probabilidad		0,0250*	<0,0001**		<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p>0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, T: Tratamientos, G: Genotipo, D: Dosis, mM: Milimolar, D1: 0 mM, D2: 300 mM; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.3. Altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), longitud de raíz (cm) y volumen de raíz (cm³) en dos edades vegetativas (35 y 60 días).

4.3.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).

En la tabla 11, se observa el efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz a los 35 días, de acuerdo al análisis de varianza, los genotipos mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$). Siendo el X4, el genotipo más destacado en cuanto a altura de planta con un promedio de 21,17 cm, en diámetro del tallo con 0,26 cm y en volumen de raíz con una media de 14,93 cm³ respectivamente. De la misma manera, el genotipo O-3 obtuvo el mayor resultado respecto a longitud de raíz con 25,25 cm.

Mientras que, el análisis de varianza realizado para el efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz a los 60 días, registró diferencias altamente significativas, siendo similar a lo descrito anteriormente. La prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) demostró que el genotipo X4 alcanzó la mayor altura de planta con un promedio de 46,25 cm, longitud de raíz con 29,50 cm y volumen de raíz con una media de 33,46 cm³ respectivamente; cabe mencionar que el genotipo X3 también sobresalió en cuanto a la variable longitud de raíz con una media de 28,50 cm y, asimismo, en diámetro del tallo con 0,32 cm. (Tabla 11).

Estos resultados fueron similares con los reportados por Delgado *et al.*, (78) en su investigación sobre la evaluación de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en condiciones salinas realizada en Colombia, donde Blanca de Jericó alcanzó la mayor altura con 45 cm en promedio, en diámetro del tallo con 0,33 cm. En referente a longitud y volumen de raíz presentaron un promedio de 16,35 cm y 28,00 cm³, lo cual es inferior en comparación a los datos obtenidos en la presente investigación.

Tabla 11. Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Factores	Parte aérea				Parte radical			
	Altura (cm)		Diámetro (cm)		Longitud (cm)		Volumen (cm ³)	
	35	60	35	60	35	60	35	60
Genotipos								
26	17,08 abcde	28,33 bcdefghi	0,18 abcdef	0,25 abc	24,42 ab	0,10 g	3,61	op
36	19,33 ab	24,50 defghij	0,23 abc	0,22 abc	20,25 abcdef	11,42 def	7,88 g	13,28 o
41	4,67 j	15,42 hij	0,12 defg	0,17 bc	6,25 m	8,00 ef	3,64	7,29 w
42	13,08 cdefgh	20,00 fghij	0,17 abcdefg	0,18 bc	12,75 hijkl	8,17 ef	2,32	16,44 m
48	15,75 abcdef	25,00 cdefghij	0,22 abcd	0,22 abc	17,25 cdefgh	10,00 def	2,24	13,68 n
49	12,33 defghi	22,67 defghij	0,17 abcdefg	0,17 bc	13,75 ghijk	8,58 ef	1,62	12,90 p
52	10,83 fgghi	16,67 cdefghij	0,12 defg	0,18 bc	15,92 defghi	6,25 f	9,56 e	12,61 q
54	14,00 bcdefgh	18,33 ghij	0,19 abcde	0,17 bc	19,25 abcdefg	10,33 def	8,84 f	13,32 o
O-1	18,25 abc	30,33 bcdefgh	0,25 ab	0,22 abc	16,58 defghi	19,50 bc	9,96 d	13,83 n
O-2	15,83 abcdef	38,50 abc	0,20 abcde	0,23 abc	24,17 ab	25,75 ab	2,58	5,78 x
O-3	12,00 efghi	35,83 abcde	0,13 cdefg	0,28 abc	25,25 a	27,67 ab	7,32 h	11,42 r
O-4	10,17 ghij	31,33 abcdefg	0,15 bcdefg	0,22 abc	10,50 ijkl	10,17 def	7,46 k	26,83 b
O-5	15,75 abcdef	38,33 abc	0,20 abcde	0,25 abc	24,17 ab	25,08 ab	6,49 j	9,71 r
O-6	17,75 abcd	36,17 abcde	0,18 abcdef	0,22 abc	17,00 cdefgh	7,67 ef	5,65 k	7,71 u
O-7	17,00 abcde	24,50 cdefghij	0,22 abcd	0,15 c	18,58 bcdefgh	7,83 ef	3,39 p	2,60 y
O-8	14,50 bcdefg	24,17 cdefghij	0,22 abcd	0,22 abc	24,17 ab	12,00 def	7,04 i	16,37 m
O-9	8,83 hij	24,00 cdefghij	0,12 defg	0,23 abc	6,50 lm	10,08 def	4,38 mn	19,44 i
O-10	15,50 bcdefg	42,17 ab	0,25 ab	0,25 abc	15,00 efghij	24,92 ab	4,61 m	17,57 k
J4	16,75 abcde	35,00 abcdef	0,17 abcdefg	0,23 abc	20,58 abcde	10,75 def	12,19 c	24,80 c
Faro	11,83 efghi	21,00 efghij	0,12 defg	0,20 abc	21,92 abcd	11,00 def	6,57 j	22,67 g
Reg	13,92 bcdefgh	16,33 ghij	0,20 abcde	0,20 abc	17,25 cdefgh	11,08 def	12,57 b	22,41 h
P.V.	7,25 ij	13,25 ij	0,08 fg	0,17 bc	9,25 jklm	13,00 de	2,06 s	16,82 l
Dulce	7,33 ij	11,00 j	0,07 g	0,15 c	10,33 ijklm	11,33 def	5,16 k	18,43 j
O-10 M	13,33 cdefgh	20,00 fghij	0,18 abcdef	0,20 abc	14,00 fghijk	7,42 ef	6,53 j	13,41 o
J4-O-10	19,00 ab	38,17 abcd	0,21 abcd	0,25 abc	18,50 bcdefgh	10,67 def	4,58 m	23,84 e
TNKAHN	10,50 fgghi	18,33 ghij	0,15 bcdefg	0,20 abc	8,50 klm	10,00 def	4,13 n	13,23 o
X2	10,33 fgghi	15,17 hij	0,10 efg	0,15 c	21,33 abcde	15,50 cd	4,13 n	2,75 s
X3	17,83 abcd	42,58 ab	0,18 abcdef	0,32 a	24,58 ab	28,50 a	6,84 i	24,07 c
X4	21,17 a	46,25 a	0,26 a	0,27 abc	23,17 abc	29,50 a	14,93 a	33,46 a
X5	17,75 abcd	36,25 abcde	0,22 abcd	0,25 ab	15,67 defghi	25,58 ab	6,34 j	23,18 f
CV (%)	17,84	25,92	26,56	25,19	16,75	19,04	1,86	0,58
Probabilidad	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p \leq 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.3.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).

Como se observa en la tabla 12, en el análisis obtenido para las dos dosis de NaCl a los 35 días; se comprobó una diferencia altamente significativa. La prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) demostró que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 mM obtuvieron los mayores resultados con respecto a la variable altura de planta con un promedio de 18,02 cm, diámetro del tallo con 0,23 cm y volumen de raíz con una media de 9,60 cm³, en relación a la dosis de 300 mM que obtuvo el menor registro; a excepción de la variable de estudio longitud de raíz, puesto que, obtuvo el mayor promedio con 19,03 cm en comparación con la dosis de control (0 mM de NaCl).

Batista (74), explica que las plantas sometidas a estrés salino presentan un déficit hídrico afectando a los procesos morfológicos y fisiológicos, generalmente se produce una disminución del tamaño de la planta, del área foliar y de la producción. También altera la relación raíz-parte aérea, favoreciendo el crecimiento de la raíz.

Asimismo, en la tabla 12 se observa el efecto de las dos dosis de NaCl a los 60 días; los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 mM obtuvieron los mayores resultados en todas las variables de estudio; altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz con promedios de 47,00 cm; 0,38 cm; 19,86 cm; 30,62 cm³ respectivamente siendo altamente significativo ($p \leq 0,05$) en relación a la dosis de 300 mM que obtuvo el menor registro. Las sales afectan el crecimiento al alterar la absorción de agua por las raíces, fenómeno que se denomina componente osmótico, y sería el efecto inicial que padecen las plantas (79).

Mientras Pacsi (59) en su investigación realizada sobre los efectos de las diferentes concentraciones de cloruro de sodio en la germinación y crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en Perú, anunció que, como era de esperar, el grupo control mostró un crecimiento significativo (46 cm), diámetro del tallo (0,35 cm), longitud de raíz (20 cm) y volumen de raíz (32 cm³) en comparación con los tratamientos aplicados (300 mM y 400 mM) en su estudio. Así mismo, Gutiérrez *et al.*, (80) en su investigación sobre conductancia estomática y rendimiento de *Chenopodium quinoa* bajos condiciones de campo salino en México resalta que, las altas concentraciones de sal afectan la etapa y tasa de germinación, longitud del tallo, ramificación y tamaño de las hojas.

Tabla 12. Efecto de las dosis de NaCl en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz en dos edades vegetativas (35 y 60 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María".

Factores	Parte aérea				Parte radical			
	Altura (cm)		Diámetro (cm)		Longitud (cm)		Volumen (cm ³)	
Dosis de NaCl	35	60	35	60	35	60	35	60
0 mM	18,02 a	47,00 a	0,23 a	0,38 a	15,49 b	19,86 a	9,60 a	30,62 a
300 mM	9,96 b	7,04 b	0,12 b	0,05 b	19,03 a	8,86 b	2,57 b	2,09 b
CV (%)	17,84	25,92	26,56	25,19	16,75	19,04	1,86	0,58
Probabilidad	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p>0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, mM: Milimolar; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.3.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).

Los datos analizados para la interacción de los tratamientos a los 35 días que se observa en la tabla 13, demuestran diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), donde sobresalieron el T25 (Genotipo J4-O10 con 0 mM de NaCl) que obtuvo los valores más altos, en cuanto a la altura de planta con un promedio de 26,17 cm y diámetro del tallo con 0,32 cm; de la misma manera, resalta el T58 (Genotipo X3 con 300 mM de NaCl) con el mayor resultado referente a longitud de raíz con una media de 37,00 cm y finalmente el T29 (Genotipo X4 con 0 mM de NaCl) con respecto al volumen de raíz con un promedio de 26,19 cm³ (Tabla 13).

El limitado crecimiento de las plantas de quinua en los tratamientos con concentraciones de NaCl, puede deberse al daño de la membrana celular que las plántulas sufren, a la absorción excesiva de Na y Cl, ocasionando un desequilibrio nutricional debido a la interferencia de estos iones, así mismo provoca la imbibición del agua (81). Valenti (82) trabajando en el cultivo de quinua sometidas a estrés salino concluyó que la salinidad modifica la morfología de las plantas, así como también, el poco desarrollo de las raíces probablemente influye en el bajo crecimiento de los tallos.

Igualmente, el análisis para la interacción de los tratamientos a los 60 días, demuestra que los mayores resultados alcanzaron el T25 (Genotipo J4-O10 con 0 mM de NaCl) en cuanto a la altura de planta con un promedio de 76,33 cm y diámetro del tallo con 0,50 cm; también resalta el T58 (Genotipo X3 con 300 mM de NaCl) con respecto a longitud de raíz con 40,00 cm; del mismo modo, sobresale el T29 (Genotipo X4 con 0 mM de NaCl) en relación al volumen de raíz con una media de 56,75 cm³, siendo altamente significativo ($p < 0,05$) como se detalla en la tabla 13.

Analizando la respuesta de todos los tratamientos evaluados, se puede plantear que la concentración de 300 mM de NaCl también afectó la longitud de la raíz provocando un alargamiento de la misma. Álvarez *et al.*, (83) en su investigación de sequía, frío y salinidad: respuesta de la quinua al desafío ambiental en Chile, demostraron que las raíces de dos ecotipos (salares y del nivel del mar) presentaron una forma tipo espina de pescado, que implicó una mayor reducción en el crecimiento de raíces laterales que en raíces primarias, concluyendo que el alargamiento de la raíz primaria se debe a la exploración para la adquisición de agua más profunda y segura.

También se pudo observar que los tratamientos bajo el efecto salino, obtuvieron un menor volumen en las raíces en relación al grupo de control. Este estudio demostró que el volumen radicular es un buen predictor de comportamiento de las plantas, aquellas plantas con mayor volumen radicular presentaron mayores tasas de supervivencia y un buen desarrollo de sus órganos como el T58 (Genotipo X3 con 300 mM de NaCl) y T59 (Genotipo X4 con 300 mM de NaCl) con un volumen promedio de 14,28 cm³ y 10,17 cm³ respectivamente, a diferencia de aquellas que mostraron un menor volumen radicular que no sobrevivieron (Tabla 13).

Batista (74), indica que una de las garantías más efectivas contra el daño por salinidad en los cultivos, es un sistema radical extenso en cuanto a superficie abarcada, profundidad, o ambas cosas a la vez.

Cabe recalcar que, al aplicar la solución salina en el transcurso de la investigación, la concentración de NaCl se incrementó en el suelo, lo cual se notó reflejado en los análisis de conductividad eléctrica del suelo, cuya concentración a los 60 días después de la siembra fue de 11,32 dS/m (Tabla 20) ocasionando la muerte de la mayoría de los tratamientos que se establecieron en el medio salino, como se detalla en la Tabla 13. Cari (84) en su investigación realizada en Perú sobre ecofisiología y morfología del estrés debido a factores adversos reportó, que las concentraciones de 8,1 y 16 dS/m de conductividad eléctrica son letales para el crecimiento de la quinua.

Tabla 13. Efecto de la interacción de los factores genotipos x dosis de NaCl en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y volumen de raíz de los genotipos de quinua más la adición de NaCl en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Parte aérea						Parte radical							
Interacción		Altura (cm)		Diámetro (cm)		Longitud (cm)				Volumen (cm³)			
T	G x D	35	60	35	60	35	60	35	60	35	60	35	60
T1	26 x 1	20,50 abcdefg	56,67 abcde	0,23 abc	0,43 abc	20,83	efghijklmno	20,17	hijklm	4,52	p	49,79	c
T2	36 x 1	20,50 abcdefg	49,00 bcdefghij	0,27 ab	0,47 ab	15,00	ghijklmnopq	22,83	fghij	11,26	fg	26,56	no
T3	41 x 1	9,33	lmn	30,83	ghijklmn	0,23 abc	0,33 abcdef	12,50	klmnopq	16,00	jklm	7,28	m
T4	42 x 1	15,50 bcdefghijklmn	40,00	defghijklmn	0,23 abc	0,37 abcde	12,33	klmnopq	16,33	jklm	3,15	wx	32,87
T5	48 x 1	20,17 abcdefgh	50,00	bcdefghij	0,27 ab	0,43 abc	11,50	nopq	20,00	hijklm	2,77	xy	27,35
T6	49 x 1	15,67 bcdefghijklmn	45,33	defghijklmn	0,23 abc	0,33 abcdef	14,17	hijklmnopq	17,17	ijklm	1,72	abcde'	25,81
T7	52 x 1	14,17 cdefghijklmn	35,33	efghijklmn	0,13 bcd	0,37 abcde	10,50	pq	12,50	m	15,60	e	25,23
T8	54 x 1	18,50 abcdefghijk	36,67	efghijklmn	0,30 a	0,33 abcdef	18,50	fghijklmnopq	20,67	hijklm	15,38	e	26,63
T9	O-1 x 1	22,83 ab	40,33	defghijklmn	0,27 a	0,30 cdef	11,17	opq	14,67	lm	16,18	d	21,21
T10	O-2 x 1	19,83 abcdefghi	52,67 abcdefghi	0,23 abc	0,30 bcdef	13,50	ijklmnopq	15,33	jklm	3,85	rs		4,69
T11	O-3 x 1	13,67 efghijklmn	46,67 cdefghijkl	0,13 bcd	0,40 abcd	18,50	fghijklmnopq	20,83	ghijklm	8,82	j		15,87
T12	O-4 x 1	20,33 abcdefgh	62,67 abcd	0,30 a	0,43 abc	21,00	efghijklmno	20,33	hijklm	10,93	gh		53,65
T13	O-5 x 1	16,50 bcdefghijklm	54,33 abcdefg	0,23 abc	0,30 bcdef	23,83	cdefgh	23,67	efghijkl	10,71	h		12,62
T14	O-6 x 1	22,67 abc	72,33 ab	0,23 abc	0,43 abc	12,50	klmnopq	15,33	ijkl	8,75	j		15,42
T15	O-7 x 1	21,50 abcde	49,00 bcdefghij	0,27 ab	0,30 bcdef	15,00	ghijklmnopq	15,67	jklm	3,46	tuw		5,20
T16	O-8 x 1	16,33 bcdefghijklm	48,33 cdefghijk	0,23 abc	0,43 abc	22,83	defghij	24,00	efghijk	8,29	k		32,75
T17	O-9 x 1	17,67 abcdefghijkl	48,00 cdefghijkl	0,23 abc	0,47 ab	13,00	ijklmnopq	20,17	hijklm	8,75	j		38,88
T18	O-10 x 1	19,00 abcdefghij	54,00 abcdefgh	0,30 a	0,30 bcdef	12,00	mnopq	17,00	hijklm	7,35	m		29,74
T19	J4 x 1	20,67 abcdef	70,00 abc	0,20 abc	0,47 ab	18,50	fghijklmnopq	21,50	ghijklm	20,66	c		49,61
T20	Faro x 1	12,67 fghijklmn	42,00 defghijklmn	0,13 bcd	0,40 abcd	10,33	pq	22,00	fghij	8,44	jk		45,34
T21	Reg x 1	14,50 bcdefghijklmn	32,67 fghijklmn	0,20 abc	0,40 abcd	11,83	mnopq	22,17	fghij	22,53	b		44,82
T22	P.v x 1	14,50 bcdefghijklmn	26,50	jklmn	0,17 abc	0,33 abcdef	18,50	fghijklmnopq	26,00	defghi	4,11	qr	33,65
T23	Dulce x 1	14,67 bcdefghijklmn	22,00	lmn	0,13 bcd	0,30 bcdef	20,67	efghijklmno	22,67	fghij	10,31	i	36,38
T24	O-10M x1	15,83 bcdefghijklmn	40,00	defghijklmn	0,17 abc	0,40 abcd	9,67	qr	14,87	klm	7,35	m	26,81
T25	J4-O-10 x1	26,17 a	76,33 a	0,32 a	0,50 a	15,50	ghijklmnopq	21,33	ghijklm	7,58	lm		47,68
T26	TUNKx1	21,00 abcdef	36,67	efghijklmn	0,30 a	0,40 abcd	17,00	fghijklmnopq	20,00	hijklm	8,26	k	26,46
T27	X2 x 1	10,50	jklmn	30,33	hijklm	0,10 cd	0,30 bcdef	24,50	cdefg	31,00 abcdef	6,53	n	17,50
T28	X3 x 1	22,33 abcd	56,33 abcdef	0,20 abc	0,43 abc	12,17	klmnopq	17,17	hijklm	5,90	o		33,87
T29	X4 x 1	21,67 abcde	61,33 abcd	0,30 a	0,35 bcdef	13,33	ijklmnopq	23,67	efghijkl	26,19	a		56,75
T30	X5 x 1	21,50 abcde	43,67 defghijklmn	0,27 ab	0,30 bcdef	14,00	hijklmnopq	21,17	ghijklm	11,40	f		40,45

Continúa la Tabla 13...

Continuación de la Tabla 13...

T31	26 x 2	13,67	efghijklmn	0,00		o	0,13 bcd	0,00	g	30,00 abcde	0,00	n	2,69		y	0,00		e'
T32	36 x 2	18,17	abcdeghijk	0,00		o	0,20 abc	0,00	g	25,50 bcdef	0,00	n	4,50	pq		0,00		e'
T33	41 x 2	0,00		o	0,00	o	0,00 d	0,00	g	0,00	r	0,00	n	0,00		d'	0,00	e'
T34	42 x 2	10,67	ijklmn	0,00		o	0,10 cd	0,00	g	13,17	ijklmnopq	0,00	n	1,48		bc'	0,00	e'
T35	48 x 2	11,33	ijklmn	0,00		o	0,17 abc	0,00	g	23,00	defgh	0,00	n	1,70		ab'	0,00	e'
T36	49 x 2	9,00	mn	0,00		o	0,10 cd	0,00	g	14,17	hijklmnopq	0,00	n	1,53		abc'	0,00	e'
T37	52 x 2	7,50	no	0,00		o	0,10 cd	0,00	g	21,33	efghijklmn	0,00	n	3,52	stuw		0,00	e'
T38	54 x 2	9,50	lmn	0,00		o	0,08 cd	0,00	g	20,00	fghijklmnop	0,00	n	2,29		z	0,00	e'
T39	O-1 x 2	13,67	efghijklmn	20,23		n	0,20 abc	0,17	fg	22,00	efghijkl	24,33	efghij	3,74	rst		6,45	a'
T40	O-2 x 2	11,83	hijklmn	24,33		klmn	0,17 abc	0,18	fg	34,83 ab	36,17 ab	1,31			c'	6,86	z	
T41	O-3 x 2	10,33	klmn	25,00		klmn	0,13 bcd	0,17	fg	32,00 abcd	34,50 abcd	5,83	o			6,98	z	
T42	O-4 x 2	0,00		o	0,00	o	0,00 d	0,00	g	0,00	r	0,00	n	0,00		d'	0,00	e'
T43	O-5 x 2	15,00	bcdeghijklmn	22,33		lmn	0,17 abc	0,20	ef	24,50	cdefg	26,50	cdefgh	2,28		z	6,80	z
T44	O-6 x 2	12,83	fghijklmn	0,00		o	0,13 bcd	0,00	g	21,50	efghijklm	0,00	n	8,75	j		0,00	e'
T45	O-7 x 2	12,50	fghijklmn	0,00		o	0,17 abc	0,00	g	22,17	defghijk	0,00	n	3,31		uw	0,00	e'
T46	O-8 x 2	12,67	fghijklmn	0,00		o	0,20 abc	0,00	g	18,17	fghijklmnopq	0,00	n	5,79	o		0,00	e'
T47	O-9 x 2	0,00		o	0,00	o	0,00 d	0,00	g	0,00	r	0,00	n	0,00		d'	0,00	e'
T48	O-10 x 2	12,00	ghijklmn	30,33	hijklmn		0,20 abc	0,20	ef	18,00	fghijklmnopq	32,83 abcde	1,87		a'	5,40	c'	
T49	J4 x 2	12,83	fghijklmn	0,00		o	0,13 bcd	0,00	g	22,77	defghij	0,00	n	3,71	st		0,00	e'
T50	Faro x 2	11,00	ijklmn	0,00		o	0,10 cd	0,00	g	33,50 abc	0,00	n	4,70	p		0,00	e'	
T51	Reg x 2	13,33	efghijklmn	0,00		o	0,20 abc	0,00	g	22,77	defghij	0,00	n	2,62		yz	0,00	e'
T52	P.v x 2	0,00		o	0,00	o	0,00 d	0,00	g	0,00	r	0,00	n	0,00		d'	0,00	e'
T53	Dulce x2	0,00		o	0,00	o	0,00 d	0,00	g	0,00	r	0,00	n	0,00		d'	0,00	e'
T54	O-10M x2	10,83	ijklmn	0,00		o	0,20 abc	0,00	g	18,33	fghijklmnopq	0,00	n	5,71	o		0,00	e'
T55	J4-O-10x2	11,83	hijklmn	0,00		o	0,10 cd	0,00	g	21,50	efghijklm	0,00	n	1,57		abc'	0,00	e'
T56	TUNKx2	0,00		o	0,00	o	0,00 d	0,00	g	0,00	r	0,00	n	0,00		d'	0,00	e'
T57	X2 x 2	10,17	klmn	0,00		o	0,10 cd	0,00	g	25,50 bcdef	0,00	n	1,74		ab'	0,00	e'	
T58	X3 x 2	13,33	fghijklmn	28,83	ijklmn		0,17 abc	0,20	ef	37,00 a	40,00 a	7,78	k			14,28	w	
T59	X4 x 2	20,67	abcde	31,17	ghijklmn		0,22 abc	0,25	def	33,00 abc	35,33 abc	3,66		stu		10,17	y	
T60	X5 x 2	14,00	defghijklmn	28,83	ijklmn		0,17 abc	0,20	ef	17,33	fghijklmnopq	30,00 bcdefg	1,29		c'	5,90	b'	
Promedio		13,99		27,02			0,19	0,22		17,26		14,26		6,09			16,36	
CV (%)		17,84		25,92			26,56	25,19		16,75		19,04		1,86			0,58	
Probabilidad		<0,0001**		<0,0001**			<0,0001**	<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**			<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p>0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, T: Tratamientos, G: Genotipo, D: Dosis, mM: Milimolar, D1: 0 mM, D2: 300 mM; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.4. Peso fresco aéreo, radical y total (g) en dos edades vegetativas (35 y 60 días).

4.4.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).

En la tabla 14, se observa el efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en el peso fresco aéreo, radical y total a los 35 días, de acuerdo al análisis de varianza, los genotipos mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$). Siendo el O-4, el genotipo más destacado en cuanto al peso fresco aéreo con un promedio de 11,00 g, en peso fresco radical el genotipo X4 reflejó el valor más alto con 1,48 g y finalmente el peso fresco total lo obtuvo el genotipo O-4 con una media de 12,17 g.

Mientras tanto a los 60 días en el análisis de varianza para el peso fresco aéreo, radical y total, registró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), detalló que los genotipos O-4 y O-9 alcanzaron los valores más altos en peso fresco aéreo con una media de 16,33 g, en cuanto al peso fresco radical vuelve a sobresalir el genotipo X4 con un promedio de 2,17 g y por último el genotipo O-4 se destacó con respecto al peso fresco total con una media de 18,33 g.

Sin embargo, Gutiérrez *et al.*, (80), obtuvieron datos más bajos en su investigación realizada en México, donde evaluaron el comportamiento de la quinua en condiciones salinas, que al alcanzar los 50 días de estudio, registraron valores tales como 15,22 y 1,55 g por planta respecto al peso fresco aéreo y radical respectivamente.

Tabla 14. Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en el peso fresco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Factores	Peso fresco					
	Aérea (g)		Radical (g)		Total (g)	
	35	60	35	60	35	60
Genotipos	35	60	35	60	35	60
26	8,92 a b c	14,50 a b c	0,95 a b c d	1,67 a b c	9,87 a b c d e f g	16,17 a b c
36	8,67 a b c d	10,50 g h i j	1,00 a b c d	1,22 c d e f g	10,83 a b c	11,72 g h i j k l
41	0,67 f	4,15 m	0,33 e f	0,50 h	1,00 g	4,65 n
42	7,83 a b c d	9,00 i j k	0,53 c d e f	1,33 b c d e f	8,37 b c d e	10,33 j k l
48	8,50 a b c	12,65 c d e f g	1,17 a b	1,02 d e f g h	9,67 a b c d	13,67 d e f g h
49	7,08 b c d	10,65 g h i	0,60 b c d e f	1,18 c d e f g	7,68 c d e	11,83 g h i j k
52	4,25 d e f	9,50 h i j k	0,82 b c d e f	0,83 d e f g h	5,07 e f	10,33 j k l
54	7,92 a b c d	10,80 f g h i	1,08 a b c	1,20 c d e f g	9,00 a b c d	12,00 g h i j k
O-1	9,17 a b c	9,67 h i j k	0,83 b c d e	1,04 d e f g h	10,00 a b c d	10,71 i j k l
O-2	8,33 a b c	13,33 b c d e f	1,00 a b c d	1,36 b c d e f	9,33 a b c d	14,69 b c d e f
O-3	5,83 c d e	13,67 b c d e	1,00 a b c d	0,85 d e f g h	6,83 d e	14,52 b c d e f g
O-4	11,00 a	16,33 a	1,00 a b c d	1,83 a b	12,17 a	18,33 a
O-5	7,83 a b c d	14,83 a b c	0,82 b c d e f	1,42 b c d	8,65 b c d	16,25 a b c
O-6	6,83 c d	11,18 e f g h i	0,65 b c d e f	1,32 b c d e f	7,48 c d e	12,50 f g h i j
O-7	6,50 c d	10,82 f g h i	0,83 b c d e	1,18 c d e f g	7,33 d e	12,00 g h i j k l
O-8	7,33 a b c d	14,52 a b c	1,00 a b c d	0,82 e f g h	8,33 b c d e	15,33 b c d
O-9	6,83 c d	16,33 a	0,58 c d e f	1,68 a b c	7,42 d e	18,01 a b
O-10	7,83 a b c d	11,58 d e f g h	0,48 d e f	1,25 b c d e f	8,32 b c d e	12,83 e f g h i
J4	6,00 c d e	12,67 c d e f g	0,75 b c d e f	1,33 b c d e f	6,75 d e	14,00 c d e f g
Faro	6,00 c d e	14,17 a b c	0,75 b c d e f	1,00 d e f g h	6,75 d e	15,17 b c d e
Reg	6,67 c d	14,50 a b c	0,67 b c d e f	1,00 d e f g h	7,00 d e	15,50 b c d
P.V.	2,67 e f	6,00 l m	0,25 f	1,00 d e f g h	2,92 f g	7,00 m n
Dulce	7,75 a b c d	8,00 j k l	0,50 d e f	0,50 h	8,25 b c	8,50 l m
O-10 M	8,00 a b c	7,50 k l	0,50 d e f	0,80 f g h	8,50 b c d	8,30 l m
J4-O-10	7,25 b c d	15,30 a b	0,75 b c d e f	1,15 c d e f g	8,00 b c d e	16,45 a b
TNKAHN	6,17 c d e	9,00 i j k	0,50 d e f	0,65 h	6,67 d e	9,65 k l
X2	2,67 e f	10,50 g h i j	0,45 d e f	0,80 f g h	3,12 f g	11,30 h i j k
X3	7,33 a b c d	14,00 a b c d	0,95 a b c d	1,40 b c d e	8,28 b c d e	15,05 b c d e
X4	9,17 a b c	15,67 a b	1,48 a	2,17 a	10,82 a b c	18,00 a b
X5	10,67 a b	15,17 a b c	0,67 b c d e f	1,07 d e f g h	11,33 a b	16,23 a b c
CV (%)	23,72	9,65	34,16	23,38	19,43	8,76
Probabilidad	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p \leq 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.4.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).

Como se observa en la tabla 15, el análisis obtenido para el efecto de las dos dosis de NaCl a los 35 días mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), demostró que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 Mm obtuvieron los mayores resultados en todos los pesos frescos, tanto aéreo como radical y total con promedios de 10,40, 1,01 y 11,41 g respectivamente, en comparación con los genotipos que se establecieron en un medio salino (300 mM de NaCl).

Mientras Núñez *et al.*, (85) en su estudio sobre el impacto del estrés salino en el crecimiento inicial de las plantas de dos genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa*) realizado en Cuba, manifiesta que la masa fresca tanto de la parte aérea como radical también fueron afectadas por la presencia de NaCl en el medio, resultando la masa fresca de las raíces más afectada que la parte aérea en ambas variedades.

García (19) acota, que bajo condiciones de estrés salino las hojas que se forman tienden a ser de menor tamaño. La fotosíntesis también se ve afectada ya que disminuye el área foliar, por el cierre parcial de las estomas, por efectos negativos sobre mecanismos de asimilación del CO₂ ya que la actividad de algunas enzimas de la fotosíntesis se reduce por el déficit hídrico.

De la misma manera, en la tabla 15 se detallan los resultados obtenidos en el estudio de la variable peso fresco aéreo, radical y total a los 60 días. Donde mediante el análisis de varianza se demostró que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 mM alcanzaron los mayores resultados en todos los pesos frescos: aéreo, radical y total con medias de 21,58, 2,16 y 23,74 g respectivamente, presentando una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,05$), en relación a la dosis de 300 Mm que obtuvo el menor registro.

Los datos expuestos son similares a los publicados por Cruz *et al.*, (86), en su investigación sobre respuesta de *Chenopodium quinoa* a la salinidad generada por NaCl en Bolivia donde, la materia fresca aérea y radical con respecto al testigo fue menor, lo cual, se atribuye al estrés hídrico que pudo causar una disminución del contenido de agua en la raíz, a diferencia del grupo control que registró el mayor promedio con 22,15 g de materia aérea y 2,12 g de materia radical.

Tabla 15. Efecto de las dosis de NaCl en el peso fresco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María".

Factores	Peso fresco									
	Aérea (g)				Radical (g)				Total (g)	
	35		60		35		60		35	60
Dosis de NaCl										
0 mM	10,40	a	21,58	a	1,01	a	2,16	a	11,41	23,74 a
300 mM	3,71	b	2,19	b	0,50	b	0,17	b	4,21	2,36 b
CV (%)	6,50		9,65		34,16		23,38		19,43	8,76
Probabilidad	<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p>0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, mM: Milimolar; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.4.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).

Los datos analizados para la interacción de los factores a los 35 días, demuestran diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), donde se destacó el T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) que obtuvo los valores más altos en cuanto al peso fresco aéreo, radical y total, con promedio de 22,00, 2,00 y 24,00 g respectivamente. Cabe señalar que el T21 (Genotipo Regalona con 0 mM de NaCl), y el T51 (Genotipo Regalona con 300 mM de NaCl) no difieren entre ellos en relación al peso fresco radical expresando una media de 0,67 g (Tabla 16).

De acuerdo al análisis de varianza para la interacción de los factores a los 60 días, demuestra que los mayores resultados alcanzaron el T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) y T17 (Genotipo O-9 con 0 mM de NaCl) en cuanto al peso fresco aéreo con un promedio de 32,67 y 32,63 g respectivamente; también resalta el T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) y T29 (Genotipo X4 con 0 mM de NaCl) con respecto al peso fresco radical con 3,67 y 4,00 g respectivamente; por ende el T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) registró el mayor valor en el peso fresco total con una media de 36,34 g, presentando diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos, como se detalla en la tabla 16.

Aragón (52) señala, que las plantas bajo estrés salino cierran sus estomas, lo cual causa una reducción en la actividad fotosintética y por tanto una menor producción de biomasa, por tal razón, los tratamientos bajo la inducción de NaCl obtuvieron los menores valores.

En estas variables de estudio, se explica nuevamente que, al aplicar la solución salina en el transcurso de la investigación, la concentración de NaCl se incrementó en el suelo, lo cual se notó reflejado en los análisis de conductividad eléctrica del suelo, cuya concentración a los 60 días después de la siembra fue de 11,32 dS/m (Tabla 20) ocasionando la muerte de la mayoría de los tratamientos que se establecieron en el medio salino, como se puntualiza en la Tabla 16.

Tabla 16. Efecto de la interacción de los factores genotipos x dosis de NaCl en el peso fresco aéreo, radical y total de los genotipos en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".

		Peso fresco											
Interacción		Aérea (g)				Radical (g)				Total (g)			
T	G x D	35		60		35		60		35		60	
T1	26 x 1	13,50	bc	29,00	abc	1,33	abc	3,33	abc	14,83	bcd	32,33	bc
T2	36 x 1	11,33	bcdefg	21,00	efg	1,00	bcd	2,43	cde	15,67	bc	23,43	ghi
T3	41 x 1	1,33	no	8,30	klm	0,67	bcde	1,00	ijk	2,00	rst	9,30	op
T4	42 x 1	10,33	bcdefghi	18,00	ghi	0,67	bcde	2,67	bcd	11,00	cdefghijkl	20,67	ijk
T5	48 x 1	13,00	bcd	25,30	cd	1,33	abc	2,03	defgh	14,33	bcdef	27,33	defg
T6	49 x 1	12,33	bcdef	21,30	efg	0,83	bcde	2,37	de	13,17	bcdefghi	23,67	ghi
T7	52 x 1	7,00	efghijklmn	19,00	fgh	1,00	bcd	1,67	efghi	8,00	ijklmnop	20,67	ijk
T8	54 x 1	13,33	bc	21,60	defg	1,50	ab	2,40	de	14,83	bcd	24,00	ghi
T9	O-1 x 1	13,00	bcd	12,00	kl	1,00	bcd	1,41	fghij	14,00	bcdefg	13,41	mn
T10	O-2 x 1	12,67	bcde	19,33	efgh	1,33	abc	2,38	de	14,00	bcdefg	21,72	hij
T11	O-3 x 1	4,33	ijklmno	19,67	efgh	1,00	bcd	1,33	ghij	5,33	nopqrs	21,00	ij
T12	O-4 x 1	22,00	a	32,67	a	2,00	a	3,67	a	24,00	a	36,34	a
T13	O-5 x 1	10,67	bcdefgh	21,33	efg	1,00	bcd	2,50	bcde	11,67	bcdefghijk	23,83	ghi
T14	O-6 x 1	10,33	bcdefghi	22,37	def	1,00	bcd	2,63	bcd	11,33	bcdefghijk	25,00	fgh
T15	O-7 x 1	10,33	bcdefghi	21,63	defg	1,00	bcd	2,37	de	11,33	bcdefghijk	24,00	ghi
T16	O-8 x 1	8,67	cdefghij	29,03	abc	1,00	bcd	1,63	efghi	9,67	defghijklmn	30,67	cd
T17	O-9 x 1	13,67	bc	32,63	a	1,17	abcd	3,37	ab	14,83	bcd	36,00	ab
T18	O-10 x 1	10,33	bcdefghi	14,17	jk	0,50	cde	2,17	defg	10,83	cdefghijklm	16,33	lm
T19	J4 x 1	8,00	cdefghijkl	25,33	cd	1,00	bcd	2,67	bcd	9,00	ghijklmn	28,00	def
T20	Faro x 1	5,33	hijklmno	28,33	bc	0,67	bcde	2,00	defgh	6,00	lmnopqrs	30,33	cde
T21	Reg x 1	8,67	cdefghij	29,00	abc	0,67	bcde	2,00	defgh	9,33	fghijklmn	31,00	cd
T22	P.v x 1	5,33	hijklmno	12,00	kl	0,50	cde	2,00	defgh	5,83	lmnopqrs	14,00	mn
T23	Dulce x 1	15,50	b	16,00	hij	1,00	bcd	1,00	ijk	16,50	b	17,00	klm
T24	O-10M x 1	9,00	cdefghij	15,00	ijk	0,67	bcde	1,60	efghi	9,67	defghijklmn	16,60	lm
T25	J4-O-10 x 1	11,67	bcdefg	30,60	ab	1,00	bcd	2,30	def	12,67	bcdefghij	32,90	abc
T26	TUNK x 1	12,33	bcdef	18,00	ghi	1,00	bcd	1,30	ghij	13,33	bcdefgh	19,30	jkl
T27	X2 x 1	4,00	ijklmno	21,00	efg	0,50	cde	1,60	efghi	4,50	nopqrst	22,60	hij
T28	X3 x 1	8,67	cdefghij	21,67	defg	0,83	bcde	1,77	defghi	9,57	efghijklmn	23,43	ghi
T29	X4 x 1	12,33	bcdef	23,00	de	2,03	a	4,00	a	14,70	bcde	26,67	efg
T30	X5 x 1	13,00	bcd	19,00	fgh	1,00	bcd	1,13	hijk	14,00	bcdefg	20,13	ijkl

Continúa la Tabla 16...

Continuación de la Tabla 16...

T31	26 x 2	4,33	ijklmno	0,00	n	0,57	cde	0,00	l	4,90	nopqrst	0,00	q
T32	36 x 2	6,00	ghijklmn	0,00	n	1,00	bcd	0,00	l	6,00	lmnopqrs	0,00	q
T33	41 x 2	0,00	o	0,00	n	0,00	e	0,00	l	0,00	t	0,00	q
T34	42 x 2	5,33	ijklmno	0,00	n	0,47	de	0,00	l	5,73	mnopqrs	0,00	q
T35	48 x 2	4,00	ijklmno	0,00	n	1,00	bcd	0,00	l	5,00	nopqrst	0,00	q
T36	49 x 2	1,83	mno	0,00	n	0,37	de	0,00	l	2,20	qrst	0,00	q
T37	52 x 2	1,50	no	0,00	n	0,63	bcde	0,00	l	2,13	qrst	0,00	q
T38	54 x 2	2,50	lmno	0,00	n	0,67	bcde	0,00	l	3,17	pqrst	0,00	q
T39	O-1 x 2	5,33	ijklmno	7,33	m	0,67	bcde	0,67	jkl	6,00	lmnopqrs	8,00	p
T40	O-2 x 2	4,00	ijklmno	7,33	m	0,67	bcde	0,33	kl	4,67	nopqrst	7,67	p
T41	O-3 x 2	7,33	defghijklm	7,67	lm	1,00	bcd	0,37	kl	8,33	hijklmnop	8,03	p
T42	O-4 x 2	0,00	o	0,00	n	0,00	e	0,00	l	0,00	t	0,00	q
T43	O-5 x 2	5,00	ijklmno	8,33	klm	0,63	bcde	0,33	kl	5,63	mnopqrs	8,67	op
T44	O-6 x 2	3,33	ijklmno	0,00	n	0,30	de	0,00	l	3,63	opqrst	0,00	q
T45	O-7 x 2	2,67	klmno	0,00	n	0,67	bcde	0,00	l	3,33	pqrst	0,00	q
T46	O-8 x 2	6,00	ghijklmn	0,00	n	0,47	de	0,00	l	6,47	lmnopqr	0,00	q
T47	O-9 x 2	0,00	o	0,00	n	0,00	e	0,00	l	0,00	t	0,00	q
T48	O-10 x 2	5,33	ijklmno	9,00	klm	0,47	cde	0,33	kl	5,80	lmnopqrs	9,33	op
T49	J4 x 2	4,00	ijklmno	0,00	n	0,50	cde	0,00	l	4,50	nopqrst	0,00	q
T50	Faro x 2	6,67	fghijklmn	0,00	n	0,83	bcde	0,00	l	7,50	ijklmnop	0,00	q
T51	Reg x 2	4,67	ijklmno	0,00	n	0,67	bcde	0,00	l	4,67	nopqrst	0,00	q
T52	P.v x 2	0,00	o	0,00	n	0,00	e	0,00	l	0,00	t	0,00	q
T53	Dulce x 2	0,00	o	0,00	n	0,00	e	0,00	l	0,00	t	0,00	q
T54	O-10M x 2	7,00	efghijklmn	0,00	n	0,33	de	0,00	l	7,33	klmnopq	0,00	q
T55	J4-O-10x 2	2,83	klmno	0,00	n	0,50	cde	0,00	l	3,33	pqrst	0,00	q
T56	TUNKx 2	0,00	o	0,00	n	0,00	e	0,00	l	0,00	t	0,00	q
T57	X2 x 2	1,33	no	0,00	n	1,00	bcd	0,00	l	2,33	qrst	0,00	q
T58	X3 x 2	6,00	ghijklmn	6,33	m	1,03	bcd	1,07	ijk	7,03	klmnopqr	7,40	p
T59	X4 x 2	6,00	ghijklmn	8,33	klm	0,33	bcd	0,93	kl	6,33	klmnopqrs	9,26	op
T60	X5 x 2	8,33	cdefghijk	11,33	jkl	0,33	de	1,00	ijk	8,67	hijklmno	12,33	no
Promedio		7,06		11,89		0,76		1,17		7,82		13,05	
CV (%)		23,72		9,65		34,16		23,38		19,43		8,76	
Probabilidad		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p>0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, T: Tratamientos, G: Genotipo, D: Dosis, mM: Milimolar, D1: 0 mM, D2: 300 mM; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.5. Peso seco aéreo, radical y total (g) en dos edades vegetativas (35 y 60 días).

4.5.1. Efecto simple del factor A (Genotipos).

En la tabla 17, se observa el efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en el peso seco aéreo, radical y total a los 35 días, de acuerdo al análisis de varianza, los genotipos mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), Siendo el X5, el genotipo más destacado en cuanto a peso seco aéreo con un promedio de 0,92 g, también resaltó el genotipo X4 en relación al peso seco radical con 0,32 g, el mismo que sobresalió en el peso seco total con una media de 1,04 g.

Mientras tanto, a los 60 días en el análisis de varianza para el peso seco aéreo, radical y total, registró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), detalló que O-4, es el genotipo más destacado en cuanto al peso fresco aéreo con un promedio de 2,10 g, en peso fresco radical el genotipo X4, reflejó el valor más alto con 0,31 g y finalmente el peso fresco total lo obtuvo el genotipo O-4 con una media de 2,36 g (Tabla 17).

Estos valores contrastan con los pesos secos obtenidos por Gutiérrez *et al.*, (80), siendo el más alto 1,67 g por planta respecto a la parte aérea y 0,25 g en relación a la parte radical.

Tabla 17. Efecto de la adición de NaCl en genotipos de quinua en el peso seco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Factores Genotipos	Peso seco									
	Aérea (g)		Radical (g)		Total (g)					
	35	60	35	60	35	60				
26	0,72 a b c d e	1,47 e f g h	0,06 c d	0,25 d e	0,78 a b c d e f	1,72 a b c d e f				
36	0,91 a b	0,95 m n	0,10 b c d	0,21 f	1,00 a b	1,16 f g h i j k				
41	0,07 i	0,23 p	0,01 d	0,02 m	0,07 j	0,25 l				
42	0,68 a b c d e f	1,23 j k	0,05 c d	0,18 g	0,73 a b c d e f g	1,41 d e f g h i j				
48	0,71 a b c d e	1,36 g h i j	0,10 b c	0,18 g	0,82 a b c d e	1,54 d e f g h i				
49	0,56 c d e f g	1,30 i j k	0,05 c d	0,18 g	0,61 d e f g h	1,49 d e f g h i				
52	0,31 g h i	0,94 m n	0,04 c d	0,12 j	0,35 h i j	1,06 h i j k				
54	0,61 b c d e f g	0,88 m n	0,04 c d	0,10 k	0,65 c d e f g h	0,98 i j k l				
O-1	0,76 a b c d	1,01 l m	0,08 c d	0,10 k	0,84 a b c d	1,12 g h i j k				
O-2	0,85 a b c	1,70 c	0,09 c d	0,21 f	0,94 a b c	1,91 a b c d				
O-3	0,38 f g h	1,51 d e f g h	0,05 c d	0,15 h i	0,43 g h i	1,66 b c d e f g				
O-4	0,65 a b c d e f	2,10 a	0,18 b	0,26 b	0,83 a b c d	2,36 a				
O-5	0,67 a b c d e f	1,53 d e f g	0,08 c d	0,19 g	0,75 a b c d e f g	1,72 a b c d e f				
O-6	0,42 e f g h	1,43 f g h i	0,07 c d	0,26 d e	0,49 e f g h i	1,69 b c d e f				
O-7	0,48 d e f g h	1,00 l m	0,05 c d	0,21 f	0,54 d e f g h i	1,21 f g h i j				
O-8	0,63 a b c d e f g	1,56 c d e f	0,10 b c	0,14 i	0,73 a b c d e f g	1,70 a b c d e f				
O-9	0,60 b c d e f g	1,87 b	0,12 b c	0,29 c	0,72 a b c d e f g	2,17 a b c				
O-10	0,56 c d e f g	1,41 f g h i	0,06 c d	0,15 i	0,62 c d e f g h	1,56 d e f g h				
J4	0,46 d e f g h	1,60 c d e	0,07 c d	0,26 d	0,54 d e f g h i	1,86 a b c d e				
Faro	0,44 e f g h	1,49 d e f g h	0,04 c d	0,16 h	0,47 f g h i	1,65 b c d e f g				
Reg	0,56 c d e f g	1,15 k l	0,03 c d	0,16 h	0,59 d e f g h	1,31 e f g h i j				
P.V.	0,20 h i	0,03 q	0,03 c d	0,16 h	0,23 i j	0,19 l				
Dulce	0,38 f g h	0,12 p q	0,08 c d	3,3E-03 n	0,46 f g h i	0,12 l				
O-10 M	0,67 a b c d e f	0,56 o	0,04 c d	0,03 m	0,71 b c d e f g	0,60 k l				
J4-O-10	0,63 a b c d e f	1,63 c d	0,08 c d	0,25 e	0,71 a b c d e f g	1,88 a b c d				
TNKAHN	0,46 d e f g h	0,82 n	0,08 c d	0,09 l	0,54 d e f g h i	0,91 j k				
X2	0,21 h i	0,93 m n	0,03 c d	0,03 m	0,24 i j	1,04 h i j k				
X3	0,63 a b c d e f	1,37 g h i j	0,12 b c	0,29 c	0,75 a b c d e f g	1,61 c d e f g h				
X4	0,75 a b c d e	1,80 b	0,29 a	0,31 a	1,04 a	2,11 a b				
X5	0,92 a	2,00 b	0,06 c d	0,15 i	0,98 a b	2,15 a b c				
CV (%)	25,07	5,76	55,45	2,74	23,28	18,58				
Probabilidad	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**				

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p \leq 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.5.2. Efecto simple del factor B (Dosis de NaCl).

Como se observa en la tabla 18, el análisis obtenido para el efecto de las dos dosis de NaCl a los 35 días mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$), demostró que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 mM obtuvieron los mayores resultados en todos los pesos secos, tanto aéreo como radical y total con promedios de 0,8, 0,12 y 0,92 g respectivamente, en comparación con los genotipos que se establecieron en un medio salino (300 mM de NaCl).

De la misma manera, en la tabla 18 se detallan los resultados obtenidos en el estudio de la variable peso seco aéreo, radical y total a los 60 días. Donde mediante el análisis de varianza se demostró que los genotipos bajo la aplicación de NaCl con una dosis de 0 mM alcanzaron los mayores resultados en todos los pesos secos: aéreo, radical y total con medias de 2,17, 0,32 y 2,49 g respectivamente, presentando una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,05$), en relación a la dosis de 300 Mm que obtuvo el menor registro.

La reducción de la masa seca de ambos órganos fue similar a la investigación realizada por Cruz *et al.*, (86), siendo 2,15 y 0,30 g por planta respectivamente para la parte aérea y radical. Debido a que la biomasa fresca y seca de la parte tanto aérea como radical disminuyó conforme incrementó la salinidad.

Tabla 18. Efecto de las dosis de NaCl en el peso seco aéreo, radical y total en dos edades vegetativas (35 y 60 días) en genotipos de quinua evaluados en el campus universitario "La María".

Factores	Peso seco					
	Aérea (g)		Radical (g)		Total (g)	
Dosis de NaCl	35	60	35	60	35	60
0 mM	0,80 a	2,17 a	0,12 a	0,32 a	0,92 a	2,49 a
300 mM	0,32 b	0,31 b	0,04 b	0,03 b	0,36 b	0,34 b
CV (%)	25,07	5,76	55,45	2,74	23,28	18,58
Probabilidad	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p > 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, mM: Milimolar; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.5.3. Efecto de la interacción AxB (Genotipos x Dosis de NaCl).

En la tabla 19, se observan los datos analizados para la interacción de los factores a los 35 días, Según el ANDEVA reflejó diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos evaluados. Siendo 1,27 y 1,29 g los promedios más altos registrados por T2 (Genotipo 36 con 0 mM de NaCl) y T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) respectivamente, para la variable peso seco aéreo. Por otro lado, T29 (Genotipo X4 con 0 mM de NaCl) alcanzó la media más alta con 0,57 g con respecto al peso seco radical; finalmente, el peso seco total lo consiguió T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) con un promedio de 1,65 g.

De acuerdo al análisis de varianza para la interacción de los factores a los 60 días, demuestra que los mayores resultados alcanzados fueron por T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) y T17 (Genotipo O-9 con 0 mM de NaCl) en cuanto al peso fresco aéreo con un promedio de 3,93 y 3,75 g respectivamente, también resalta el T29 (Genotipo X4 con 0 mM de NaCl) con respecto al peso fresco radical con 0,65 g. Posteriormente, se obtiene el mayor resultado para el peso seco total registrado por T12 (Genotipo O-4 con 0 mM de NaCl) con una media de 4,55 g, lo cual presenta diferencias altamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos, como se detalla en la tabla 19.

Álvarez *et al.*, (83) mencionan que, cuando la absorción de agua o el transporte de agua por los tejidos conductores del xilema se hacen insuficientes para satisfacer la evapotranspiración, como ocurre en casos de déficit hídrico, las plantas van afectando tanto su crecimiento (disminuye la acumulación de materia seca), como su fenología (se acelera ciclo de vida). Por tal razón, los tratamientos bajo la inducción de NaCl obtuvieron los menores valores.

Cabe señalar nuevamente que, al aplicar la solución salina en el transcurso de la investigación, la concentración de NaCl se incrementó en el suelo, lo cual se notó reflejado en los análisis de conductividad eléctrica del suelo, cuya concentración a los 60 días después de la siembra fue de 11,32 dS/m (Tabla 22) ocasionando la muerte de la mayoría de los tratamientos que se establecieron en el medio salino, como se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19. Efecto de la interacción de los factores genotipos x dosis de NaCl en el peso seco aéreo, radical y total de los genotipos de quinua en dos edades vegetativas (35 y 60 días) evaluados en el campus universitario "La María".

Peso seco												
Interacción			Aérea (g)			Radical (g)			Total (g)			
T	G x D	35	60	35	60	35	60	35	60	35	60	
T1	26 x 1	1,05 abcdef	2,94 def	0,10 cdefgh	0,51 ef	1,14 bcdefgh	3,44 bc					
T2	36 x 1	1,27 a	1,90 mnop	0,09 cdefgh	0,43 h	1,36 abcd	2,33 fghi					
T3	41 x 1	0,13 pq	0,46 u	0,01 fgh	0,04 s	0,14 qr	0,50 nopq					
T4	42 x 1	0,84 abcdefghijk	2,46 hi	0,07 defgh	0,37 i	0,91 defghijk	2,82 cdefgh					
T5	48 x 1	1,04 abcdef	2,73 fg	0,18 cd	0,36 i	0,42 klmnopqr	3,09 bcdef					
T6	49 x 1	0,99 abcdefgh	2,60 gh	0,08 defgh	0,37 i	1,07 bcdefghi	2,97 bcdefg					
T7	52 x 1	0,49 ijklmnop	1,88 mnop	0,06 defgh	0,24 l	0,54 jklmnopq	2,11 ghij					
T8	54 x 1	1,00 abcdefg	1,76 opq	0,06 defgh	0,20 m	1,06 bcdefghi	1,95 hijkl					
T9	O-1 x 1	1,05 abcde	1,09 rs	0,12 cdefgh	0,15 o	1,17 abcdefg	1,23 jklmno					
T10	O-2 x 1	1,09 abcd	2,17 jkl	0,08 defgh	0,33 j	1,17 abcdefg	2,50 defghi					
T11	O-3 x 1	0,36 lmnopq	1,80 nopq	0,04 defgh	0,20 m	0,40 lmnopqr	2,00 hijk					
T12	O-4 x 1	1,29 a	3,93 a	0,36 b	0,62 b	1,65 a	4,55 a					
T13	O-5 x 1	0,91 abcdefghij	2,03 klm	0,13 cdefgh	0,31 j	1,03 cdefghij	2,35 fghi					
T14	O-6 x 1	0,57 efghijklmnop	2,87 ef	0,10 cdefgh	0,52 de	0,67 ghijklmno	3,39 bcd					
T15	O-7 x 1	0,74 bcdefghijklm	2,00 lmn	0,09 defgh	0,42 h	0,82 efghijkl	2,42 efghi					
T16	O-8 x 1	0,71 cdefghijklmn	3,11 bcd	0,08 defgh	0,28 k	0,79 efghijklm	3,40 bc					
T17	O-9 x 1	1,21 ab	3,75 a	0,24 bc	0,59 c	1,45 abc	4,34 ab					
T18	O-10 x 1	0,71 cdefghijklmn	1,70 pq	0,08 defgh	0,17 n	0,79 efghijklmn	1,88 ijklm					
T19	J4 x 1	0,59 efghijklmnop	3,20 bc	0,11 cdefgh	0,52 d	0,70 ghijklmno	3,72 ab					
T20	Faro x 1	0,40 klmnopq	2,98 cde	0,03 efgh	0,32 j	0,42 klmnopqr	3,30 bcde					
T21	Reg x 1	0,71 cdefghijklmn	2,29 ij	0,03 efgh	0,32 j	0,74 efghijklmno	2,61 cdefghi					
T22	P.v x 1	0,39 klmnopq	0,06 xy	0,06 defgh	0,32 j	0,46 klmnopqr	0,38 opq					
T23	Dulce x 1	0,76 bcdefghijkl	0,24 u	0,16 cdefg	0,01	0,92 defghijk	0,25 pq					
T24	O-10M x 1	0,77 bcdefghijkl	1,13 rs	0,04 defgh	0,06 r	0,81 efghijklm	1,19 klmno					
T25	J4-O-10 x 1	1,00 abcdefg	3,27 b	0,13 cdefgh	0,50 f	1,14 bcdefgh	3,77 ab					
T26	TUNK x 1	0,93 abcdefghi	1,64 q	0,16 cdef	0,17 n	1,08 bcdefghi	1,81 ijklm					
T27	X2 x 1	0,28 mnopq	1,85 mnop	0,03 defgh	0,06 r	0,31 mnopqr	2,08 ghij					
T28	X3 x 1	0,75 bcdefghijklm	1,97 lmno	0,08 defgh	0,45 g	0,83 efghijkl	2,39 fghi					
T29	X4 x 1	0,98 abcdefgh	3,16 bcd	0,57 a	0,65 a	1,55 ab	3,07 bcdef					
T30	X5 x 1	1,13 abc	2,24 ijk	0,09 defgh	0,19 m	1,22 abcde	2,43 efghi					

Continúa la Tabla 19...

Continuación de la Tabla 19...

T31	26 x 2	0,39	klmnopq	0,00	w	0,02	efgh	0,00	t	0,41	klmnopqr	0,00	q
T32	36 x 2	0,55	ghijklmnop	0,00	w	0,10	cdefgh	0,00	t	0,64	hijklmnopq	0,00	q
T33	41 x 2	0,00	q	0,00	w	0,00	h	0,00	t	0,00	r	0,00	q
T34	42 x 2	0,51	hijklmnop	0,00	w	0,03	defgh	0,00	t	0,54	jklmnopq	0,00	q
T35	48 x 2	0,39	klmnopq	0,00	w	0,03	defgh	0,00	t	0,42	klmnopqr	0,00	q
T36	49 x 2	0,13	pq	0,00	w	0,01	gh	0,00	t	0,14	qr	0,00	q
T37	52 x 2	0,14	opq	0,00	w	0,02	efgh	0,00	t	0,16	pqr	0,00	q
T38	54 x 2	0,22	opq	0,00	w	0,02	efgh	0,00	t	0,23	opqr	0,00	q
T39	O-1 x 2	0,47	ijklmnopq	0,94	st	0,04	defgh	0,06	r	0,51	klmnopq	1,00	mnop
T40	O-2 x 2	0,62	defghijklmno	1,22	r	0,09	defgh	0,10	q	0,71	fghijklmno	1,33	jklmn
T41	O-3 x 2	0,41	klmnopq	1,22	r	0,05	defgh	0,10	q	0,47	klmnopqr	1,33	jklmn
T42	O-4 x 2	0,00	q	0,00	w	0,00	h	0,00	t	0,00	r	0,00	q
T43	O-5 x 2	0,44	jklmnopq	1,02	rs	0,03	defgh	0,06	r	0,47	klmnopqr	1,09	lmnop
T44	O-6 x 2	0,27	mnopq	0,00	w	0,03	defgh	0,00	t	0,31	mnopqr	0,00	q
T45	O-7 x 2	0,23	nopq	0,00	w	0,02	efgh	0,00	t	0,28	opqr	0,00	q
T46	O-8 x 2	0,55	ghijklmnop	0,00	w	0,02	efgh	0,00	t	0,57	hijklmnop	0,00	q
T47	O-9 x 2	0,00	q	0,00	w	0,00	h	0,00	t	0,00	r	0,00	q
T48	O-10 x 2	0,41	klmnopq	1,12	rs	0,05	defgh	0,12	p	0,46	klmnopqr	1,25	jklmno
T49	J4 x 2	0,33	lmnopq	0,00	w	0,04	defgh	0,00	t	0,37	lmnopqr	0,00	q
T50	Faro x 2	0,47	ijklmnopq	0,00	w	0,04	defgh	0,00	t	0,52	klmnopq	0,00	q
T51	Reg x 2	0,40	klmnopq	0,00	w	0,04	defgh	0,00	t	0,44	klmnopqr	0,00	q
T52	P.v x 2	0,00	q	0,00	w	0,00	h	0,00	t	0,00	r	0,00	q
T53	Dulce x 2	0,00	q	0,00	w	0,00	h	0,00	t	0,00	r	0,00	q
T54	O-10M x 2	0,56	fghijklmnop	0,00	w	0,04	defgh	0,00	t	0,60	ijklmnopq	0,00	q
T55	J4-O-10x 2	0,25	nopq	0,00	w	0,03	efgh	0,00	t	0,28	nopqr	0,00	q
T56	TUNKx 2	0,00	q	0,00	w	0,00	h	0,00	t	0,00	r	0,00	q
T57	X2 x 2	0,14	opq	0,00	w	0,12	cdefgh	0,00	t	0,26	nopqr	0,00	q
T58	X3 x 2	0,51	hijklmnop	0,77	t	0,13	cde	0,16	op	0,67	ghijklmno	0,83	nopq
T59	X4 x 2	0,45	ijklmnopq	1,26	r	0,05	defgh	0,08	rs	0,50	jklmnopq	1,34	jklmn
T60	X5 x 2	0,71	cdefghijklmn	1,76	opq	0,02	efgh	0,10	q	0,73	efghijklmno	1,86	ijklm
Promedio		0,56		1,24		0,08		0,18		0,64		1,42	
CV (%)		25,07		5,76		55,45		2,74		23,28		18,58	
Probabilidad		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**		<0,0001**	

Medias en cada columna con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ($p > 0,05$). NaCl: Cloruro de sodio, T: Tratamientos, G: Genotipo, D: Dosis, mM: Milimolar, D1: 0 mM, D2: 300 mM; CV: Coeficiente de variación; *Significativo, **Alta significancia.

4.6. Análisis de la conductividad eléctrica del suelo.

En la tabla 20, se observa el análisis de conductividad eléctrica del suelo a los 35 días después de la siembra, demostró que los sustratos utilizados para la evaluación de los controles (0 mM de NaCl) obtuvo un valor de 1,77 dS/m reflejando un bajo grado de salinidad, en comparación con los sustratos que se aplicó una dosis de 300 mM de NaCl, se obtuvo 7,5 dS/m manifestando un suelo medianamente salino, el cual provoca una disminución en el rendimiento de los cultivos (87).

Asimismo, de acuerdo al análisis de conductividad eléctrica del suelo a los 60 días después de la siembra, mostró que los sustratos utilizados para la evaluación de los controles (0 mM de NaCl) arrojó un valor de 2,30 dS/m declarando un grado leve de salinidad, la razón podría ser, que a los 55 días del estudio se fertilizaron las plantas del experimento, aumentando así, la concentración de sales en el suelo. Por ende, los sustratos regados con la solución salina (300 mM de NaCl) alcanzaron un grado de salinidad muy alto con una concentración eléctrica de 11,32 dS/m (Tabla 20). Este resultado también puede deberse a que las sales de NaCl por su alta solubilidad permanecen en la solución del suelo, las cuales se transportan con el agua a la superficie mediante ascenso capilar y una vez que el agua se evapora se acumulan en la superficie del suelo aumentando el contenido de sales. Los suelos con una CE entre un rango de 8-16 dS/m se denominan fuertemente salinos, dónde solo se obtienen rendimientos aceptables en cultivos tolerantes (88).

Jacobsen *et al.*, (73), en su investigación realizada en Perú sobre la resistencia de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a factores abióticos adversos, al evaluar quinua con amaranto, concluye que obtuvo el mayor rendimiento a una CE de 5 dS/m con respecto al amaranto, a diferencia de la quinua que obtuvo el rendimiento más alto de semillas con una conductividad eléctrica de 15 dS/m, lo que indica que la quinua es una halófita facultativa. Sin embargo, a una conductividad mayor que 15 dS/m el rendimiento comenzó a disminuir en ambos cultivares.

Tabla 20. Conductividad eléctrica del suelo.

Conductividad eléctrica del suelo				
35 dds			60 dds	
Dosis de NaCl	C.E (dS/m)	Grado de salinidad	C.E (dS/m)	Grado de salinidad
0 mM	1,77	Bajo	2,30	Leve
300 mM	7,5	Medio	11,32	Muy alto

NaCl: Cloruro de sodio, C.E: Conductividad eléctrica, dds: días después de la siembra, mM: Milimolar, dS: deciSiemens, m: metro.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

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

- El porcentaje de emergencia de las plantas de quinua bajo la adición de cloruro de sodio no se vio afectado por los niveles de sales en el agua del riego, más bien, favoreció la emergencia al mostrar un ligero incremento sobre el valor control, pese a que son los mismos genotipos.
- Los genotipos que se establecieron en el medio salino mostraron menores valores en el contenido relativo de agua que las cultivadas en condiciones normales, indicando que bajo estas condiciones el contenido de agua disminuye. En relación con la tolerancia, los genotipos X4, O-10, X3, O-1, X5, O-2, O-5, O-3 mostraron un buen desarrollo bajo estrés salino durante el transcurso de la investigación registrando los mayores porcentajes de CRA dentro de un rango de 53-70%.
- El efecto del NaCl provocó un alargamiento de la raíz principal a medida que se incrementó la concentración de sales en el suelo con el riego diario durante las distintas fenofases del cultivo, además de reducir considerablemente el volumen de las mismas. Siendo el X3, el genotipo afectado con una longitud radicular de 40 cm y el genotipo O-10 con 5,40 cm³ que presentó el menor volumen que ocupó el sistema radicular en el suelo.
- La acumulación excesiva de sales perjudiciales en el suelo causó una menor producción de biomasa en las plantas evaluadas. El genotipo X5 fue el más sobresaliente, obtuvo mayor acumulación de biomasa durante los 60 días de estudio en comparación con los otros 29 genotipos, obteniendo una media de 12,33 g en materia fresca y 1,86 gramos de materia seca, alcanzando una mayor producción de biomasa total que los demás tratamientos con NaCl.

5.2. Recomendaciones.

Según los resultados y conclusiones se recomienda:

- Dado que los genotipos O-1, O-2, O-3, O-5, O-10, X3, X4, X5 mostraron una elevada tolerancia a la salinidad en comparación con el resto de los genotipos, lo cual amerita seguir realizando investigaciones. Se podría sugerir estudios sobre evaluar el rendimiento de estos materiales con una aplicación menor a 300 mM de NaCl, para evitar el excesivo acumulamiento de sales en el suelo durante el transcurso de la investigación, lo que puede generar respuestas distintas a este estudio sobre el estrés salino.
- Utilizar insecticidas de bajo impacto para el control de insectos defoliadores, para evitar el aumento de plantas muertas; como también, aplicar fungicidas sintéticos para prevenir la enfermedad mal del talluelo causada por el hongo *Rhizoctonia solani*, la cual provoca la caída masiva de las plantas, para así, evadir problemas futuros a lo largo del estudio.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas.

1. Mujica A, Jacobsen S. La quinua y sus parientes silvestres. Botánica Económica los Andes Cent [Internet]. 2006;449–57. Available from: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/03/La-quinua-y-sus-parientes.pdf>
2. Riego M de A y. Quinua Peruana. Minagri-Deeia. 2015;1:68.
3. Rojas W, Alandia G, Irigoyen J, Blajos J, Santivañez T. La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Of Reg para Am Lat y el Caribe, FAO. 2011;37:66.
4. Risi J, Rojas W, Pacheco M. Producción Y Mercado. In: IICA. 2015. 319.
5. Camiener G. Studies of the enzymatic deamination of cytosine arabinoside-III. Substrate requirements and inhibitors of the deaminase of human liver. Vol. 16, Biochemical Pharmacology. 1967. 1691-1702.
6. Risi J, Galwey N. The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. Adv Appl Bot [Internet]. 1984;10(10):145–216.
7. Levitt J. Reresponses of plants to environmental stresses. In: Academic Press [Internet]. 2nd ed. New york; 1980.
8. Fernández J. Capítulo iv glosario de términos y conceptos genéticos. 2010;1–7.
9. Soler-Yanes R, Guisan-Ceinos M, Bunuel E, Cardenas DJ. Los organismos halófilos y su potencial aplicado en biotecnología. Cienc e Investig VII. 2014;2:6625.
10. QMAX. Cloruro de sodio. Tech data shett. 2007;2(3):1–4.
11. Olarte-calsina S, Olarte-Daza C. U, Schultz G. La quinua en el contexto de la estandarización. Agroalimentaria. 2016;22(43):89–102.
12. Agrawal AA, Conner JK, Stinchcombe JR. Evolution of plant resistance and tolerance to frost damage. Ecol Lett. 2004;7(12):1199–208.
13. Puijalon S, Bouma TJ, Douady CJ, van Groenendael J, Anten NPR, Martel E, et al. Plant resistance to mechanical stress: Evidence of an avoidance-tolerance trade-off. New Phytol. 2011;191(4):1141–9.

14. Richmond PO. Resistencia y tolerancia a estrés abiótico: Mecanismos sofisticados de adaptación de las plantas ante distintas condiciones de estrés. 2011;(April):13–46.
15. Mauricio, R., Rausher., and Burdick D. Variation in the defense strategies of plants: are resistance and tolerance mutually exclusive? Ecology. 2011;78(1997):1301–11.
16. Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR. Heat tolerance in plants: An overview. Environ Exp Bot [Internet]. 2007 Dec 1 [cited 2019 Jan 8];61(3):199–223. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847207000871>
17. Stout MJ. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. Insect Sci. 2013;20(3):263–72.
18. Bray EA, Baileyserres J, Weretilnyk E. Responses to abiotic stresses. Buchanan B, Gruissem W, Jones R, editor. American Society of Plant Physiologists. 22; 2000. 1158-1203.
19. García C. Relaciones agua-planta. Agrotécnica. 2007.p. 71-75.
20. Barros M. Aspectos teóricos: Tabla de conductividad del Agua .P. 23-25.
21. Tapia M, Gandarillas H, Alandia S. Mejoramiento de la Quinua. In: La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos [Internet]. Bogota (Colombia) Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Oficina Regional para la America Latina; 1979 [cited 2019 Jan 8].65–82.
22. Cirnma (Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente). Manual Del Productor de Quinua [Internet]. Perú; 1997. 157.
23. Borja Raquel y Soraide David_R.M. Estudio del consumo de la quinua en la ciudad de Potosí [Internet]. Segunda. Fundación AUTAPO PQ, editor. Potosí, Bolivia; 2007. 114 .
24. Muñoz R. Evaluación del rendimiento potencial y bajo estrés hídrico de 11 genotipos de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Chile; 2002.
25. Judd W. Campell C. KE and SP. Plant Systematics a phylogenetic approach. Associates S, editor. USA; 2008. 811 .

26. Lescano J. Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplas. Curso: "Cultivos altoandinos." 1989;1-18.
27. Tapia M. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Inst Nac Investig Agrar y Agroindustrial INIAA – FAO, Of para América Lat y El Caribe, Santiago Chile. 1990.p. 102-110
28. Tapia ME. Ecodesarrollo en los andes altos. Lima, Perú: Fundación Friedrich Ebert; 1996.
29. E Allison L, Adolf Richards L. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México. SERBIULA (sistema Librum 2.0). 2019. 179.
30. Dregne, H.E., Xiong, Z. & Xion S. Soil salinity in China. H.E. Dregn. Texas Tech University Press. USA; 1995. 28.
31. López R. Selección y evaluación de combinaciones rizobio-leguminosas pratenses en suelos afectados por salinidad. Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba; 2001.
32. Pizarro F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. In: Agrícola E. España; 1985.p. 92.
33. Grassi C. Manual de drenaje agrícola. CIDIAT. Mérida, Venezuela; 1981. p.165.
34. Sanabria D, Luz C, Duque M. Conductividad Eléctrica en aguas por el metodo electrometrico [Internet]. Vol. 2. 2006. p. 7.
35. Alexander Ortega. Conductividad eléctrica. 2008 .p.1-4.
36. Singh, K.N., Tyagi, N.K., Nagajaran, S., Gyanendra S. & Tyagi ES. Genetic improvement for suppressive salt affected soil wheat: research needs beyond 2000. Proc. International Conference. Karnal, India; 1998, 199.
37. Langfield, K., Wooldridge, A. & Waters CM. Native pastures and their role in salinity control. In: Proc 1st STIPA Native Grasses Association Conference Mudgee,. New South Wales, Australia.; 2000.38.
38. Zethabian, G.R. & Kashki MT 1998. Investigation on sequence of salinization in irrigated lands of Rudab Sabz. Iran J. 1998;51:77.

39. Shah, A.H., Bhutta, M.N. & Patto PM. Prospects for saline agriculture in Pakistan. Role of drainage and challenges in 21st century. *Int Drain Work*. 2000;IV:78.
40. Lillvik, A. & Nilsson M. Water scarcity and salinization in central Tunisia, limits for agricultural production. *Swedish Univ Agric Sci*. 2001;8(9).
41. Borroto, M., Borges, O., Gell, P., Saiz J& MA. Plantas resistentes a la salinidad en Cuba. *Rev Cuba Cienc Agric*. 1997;37(3):217–26.
42. Proaño J, Briones C, Bertoni R, Chamorro OBP, Calvache M. Gestión del riego y la salinidad en los cultivos de la Península de Santa Elena y Cuenca Baja del Río Guayas. *XIV Congr Ecuatoriano la Cienc del Suelo*. 2018;5–7.
43. Mesa D. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Rev Cuba Cienc Agric*. 2003;37(3):217–26.
44. Mass, E.V. & Hoffman GJ. Crop salt tolerance-current assessment. . *J Irrig Drain Div ASCE*. 1997;103:115.
45. Lutts, S., Kinet, J.M. & Bouharmont J. NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivar differing in salinity resistance. *Annu Bot*. 1996;78:389.
46. Xlang Ming, X., Yu-HeChun., L.G.F., Xu-XM., Y.H. & Li GF. Progress in research of plant tolerance to saline stress. *J Appl Environ Biol*. 2000;6: 379.
47. De Armas, R., Ortega, E. & Rodés R. *Fisiología vegetal*. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.; 1998. 318.
48. Kijne JW, Prathapar S a, Sahrawat KL. How to manage salinity in irrigated lands: A selective review with particular reference to irrigation in developing countries. *Soil Science*. SWIM- Paper system Wide-initiative for water management; 1988.
49. Cramer D. Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. [Internet]. And RCS and G. TW and S, editor. *Salinity tolerance in plant strategies for crop improvement*. Nueva York; 1984.16.
50. Farooq M, Hussain M, Wakeel A, Siddique KHM. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. *Agron Sustain Dev*. 2015;35(2):461–81.

51. Carillo P, Grazia M, Pontecorvo G, Fuggi A, Woodrow P. Salinity Stress and Salt Tolerance. Abiotic Stress Plants - Mech Adapt. 2011.
52. Aragon C. Estudio de tolerancia y susceptibilidad del trigo a la salinidad y algunos mecanismos de adaptación. [Internet]. Chapingo – México; 1985. Available from: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.pp.28.060177.000513>
53. Agrios G. Fitopatología. Editorial Limusa. Quinta reimprison. Mexico; 1985. 359.
54. Donahue, Millar, Schickluna. Las plantas. Primera Edición. Editorial Prentice / Hall, Internacional. Madrid – España; 1981.
55. Medina J. Riego por goteo. Teoría y practica. Tercera Edición. Editions Mundi-Prensa. España – Madrid; 1988. 151-157.
56. Jacobsen S, Mujica A. Quinoa: Cultivo con Resistencia a la Sequía y otros Factores Adversos. In: Primer Taller Intemacional sobre Quinoa: Recursos genéticos y sistemas de producción., editor. por el Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima; 2001;175-176.
57. Quispe J, Jacobsen S. Tolerancia a la Salinidad en Quinoa. In: Primer Taller Intemacional sobre Quinoa: Recursos genéticos y sistemas de producción., editor. por el Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima; 2001;181-182.
58. Aguilar P. Variación del contenido de Prolína en Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Bajo Dos Ambientes de Waru Waru. In: Primer Taller Internacional sobre Quinoa: Recursos genéticos y Sistemas de producción, editors. por el Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú; 2001;257-258.
59. Pacsi V. Efectos de diferentes concentraciones de cloruro de sodio en la germinacion y crecimiento. Bio/Sc. 2015;2(1):14–20.
60. Chilo G, Vacca M, Carabajal R, Ochoa M. Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. Agriscientia. 2009;26(1):15–22.
61. García M. Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Chenopodium quinoa* Willd. Ciencia en Desarrollo. 2018;10(1).

62. Ruffino A, Hilal M, González A, Prado F. El papel del metabolismo de los cotiledones en el establecimiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa*) plántulas que crecen bajo la salinidad. *Plantas y Suelos*. 2010;32(6):213–24.
63. Hirich A. Effects of Deficit Irrigation using Treated Wastewater and Irrigation with Saline Water on Legumes , Corn and Quinoa Crops. *Research Unit of Horticultural Production*. 2017;1(2).
64. Condo Plaza LA, Pazmiño Guadalupe JM. Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. Tomo 1. 2015. 99 p.
65. Rodríguez Romero AJ, Robles Salazar CA, Ruíz Picos RA, López López E, Sedeño Díaz JE, Rodríguez Dorantes A. Seed germination and root elongation test of *Lactuca sativa* for biomonitoring water quality of the Chalma river. *Rev Int Contam Ambient [Internet]*. 2014;30(3):307–16.
66. Mullan, Debra; Pietragalla J. Leaf relative water content. *Physiol Breed II A F Guid to wheat genotyping [Internet]*. 2012;25–7.
67. Ukas. Conductividad eléctrica del suelo. *Sephu*. 2010;1(1):20–2.
68. Garcia M, Vacher J. Estudio Comparativo Del Comportamiento Hidrico De Dos Variedades De Quinoa bajo estres salino en el Altiplano Central. *Actas del vii congr int sobre cultiv andin*. 2002;1(2):60–3.
69. Gonzales, J.A. (Fundacion Miguel Lillo T (Argentina). I de B, Prado FE (Universidad N de T (Argentina)). Germination in relation to salinity and temperature in *Chenopodium quinoa* (Willd.). *Agrochim [Internet]*. 1992 [cited 2019 Oct 7];XXXVI(Nº 1-2):101–8.
70. Argente R. Efecto de altas concentraciones salinas sobre la germinación y el crecimiento de plantas de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Cultivos Tropicales*. 2006;27(3):45–8.
71. Miranda R, Caballero A, Cadena F, Bosque H. Salinidad y el cultivo de la quinua – una breve revisión bibliográfica. *Apthapi [Internet]*. 2017;3(1):87–92.
72. Ungar IA. Effect of Salinity on Seed Germination, Growth, and Ion Accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *Am J Bot [Internet]*. 1996;83(5):604–7.

73. Jacobsen SE, Mujica A, Jensen CR. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Rev Int.* 2003;19(1–2):99–109.
74. Batista E. Las Plantas y el agua [Internet]. 2006. p. 1–68. Available from: <https://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/agua.pdf>
75. Rafael La Rosa¹, Yesenia Macabilca² AM& AG 3l La. Respuestas De La Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) a Condiciones salinas en Costa. *Biologist.* 2016;6(April):13–21.
76. Prazak R. Salt tolerance of *Chenopodium quinoa* seedlings. *J Appl Genet* [Internet]. 2001 [cited 2019 Oct 9];42(3):289–92.
77. Valero R. Efecto de estrés salino en cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) En ambiente protegido. 2006.
78. Adriana I., Delgado P., Jaime H., Palacios C. y CBG. Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones salinas. *Agron Colomb.* 2009;27(2):159–67.
79. Goykovic Cortés V, Saavedra del Real G. Algunos Efectos De La Salinidad En El Cultivo De quinua Y Prácticas Agronómicas De Su Manejo. *Idesia (Arica).* 2007;25(3):47–58.
80. Gutierrez-Rodriguez M, Escalante-Estrada JA, Rodriguez-Gonzalez MT. Stomatal conductance, and yield of *Chenopodium quinoa* W under saline field conditions. *Int J Agric Biol* [Internet]. 2005;7(2):491–4.
81. Hernández Y SN. SALINIDAD EN LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y AVANCES EN EL ESTUDIO DE LOS MECANISMOS DE TOLERANCIA. *Cultiv Trop.* 2014;35(2):60–71.
82. Valenti. RESPUESTA DEL Cultivo DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), SOMETIDAS A ESTRÉS SALINO EN DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO. Tesis de grado. 2007;1–107.
83. Raúl Alvarez LF. Sequía, frío y salinidad: respuesta de la quinua al desafío ambiental. *Tierra adentro.* 2012;3(2):42–7.

84. Cari E. Ecofisiología y morfología del estrés debido a factores adversos. curso Int sobre Fisiol la Resist a sequia en Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) [Internet]. 1999;2(3):3–29.
85. Núñez M, Mazorra LM, Martínez L, González MC. Impacto del estrés salino en el crecimiento inicial de las plantas de dos genotipos de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Cultiv Trop*. 2007;28(2):95–9.
86. Can-chulim Á, Cruz-crespo E, Ortega-escobar HM, Sánchez-bernal EI, Madueño- A, Irán J, et al. Respuesta de *Chenopodium quinoa* a la salinidad generada por NaCl en Bolivia. *Ciencias Agrícolas*. 2008;8(6):1287–300.
87. INIA. Informativo_INIA_Ururi_46.pdf [Internet]. Informativo.Inia-Ururi. 2011.
88. Richards L.A. Suelos salinos y sódicos [Internet]. Imprenta Arana; 1962 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=VE2006400581#.XaTmV8D8sLs.mendeley>
89. Plan Anual Terminado 2018 INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2018;1–27.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.

7.1.1. Análisis de varianza de las variables en estudio.

Anexo 1. Tasa de emergencia (%) a los 8 días después de la siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	85057,78	59	1441,66	3,58	<0,0001
Factor A	42391,11	29	1461,76	3,63	<0,0001
Factor B	14942,22	1	14942,22	37,15	<0,0001
Factor A x B	27724,44	29	956,02	2,38	0,0006
Error	48266,67	120	402,22		
Total	133324,44	179			

Anexo 2. Contenido relativo de agua en las hojas (%) a los 25 días después de la siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	91350,87	59	1548,32	87,06	<0,0001
Factor A	38434,50	29	1325,33	74,52	<0,0001
Factor B	11437,49	1	11437,49	643,12	<0,0001
Factor A x B	41478,88	29	1430,31	80,42	<0,0001
Error	2134,13	120	17,78		
Total	93485,00	179			

Anexo 3. Contenido relativo de agua en las hojas (%) a los 55 días después de la siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	131316,65	59	2225,71	34,53	<0,0001
Factor A	22215,85	29	766,06	11,88	<0,0001
Factor B	86346,62	1	86346,62	1339,52	<0,0001
Factor A x B	22754,18	29	784,63	12,17	<0,0001
Error	7735,31	120	64,46		
Total	139051,96	179			

Anexo 4. Altura de planta (cm) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	7081,81	59	120,03	19,28	<0,0001
Factor A	2824,39	29	97,39	15,64	<0,0001
Factor B	2928,20	1	2928,20	470,29	<0,0001
Factor A x B	1329,22	29	45,84	7,36	<0,0001
Error	747,17	120	6,23		
Total	7828,98	179			

Anexo 5. Altura de planta (cm) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	99866,35	59	1692,65	34,51	<0,0001
Factor A	16972,64	29	585,26	11,93	<0,0001
Factor B	71860,07	1	71860,07	1465,20	<0,0001
Factor A x B	11033,64	29	380,47	7,76	<0,0001
Error	5885,33	120	49,04		
Total	105751,68	179			

Anexo 6. Diámetro del tallo (cm) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,29	59	0,02	10,19	<0,0001
Factor A	0,45	29	0,02	7,17	<0,0001
Factor B	0,54	1	0,54	250,38	<0,0001
Factor A x B	0,31	29	0,01	4,92	<0,0001
Error	0,26	120	2,2E-03		
Total	1,55	179			

Anexo 7. Diámetro del tallo (cm) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	5,80	59	0,10	34,04	<0,0001
Factor A	0,30	29	0,01	3,56	<0,0001
Factor B	4,74	1	4,74	1639,69	<0,0001
Factor A x B	0,77	29	0,03	9,15	<0,0001
Error	0,35	120	2,9E-03		
Total	6,15	179			

Anexo 8. Longitud de raíz (cm) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	13274,06	59	224,98	26,90	<0,0001
Factor A	5714,06	29	197,04	23,56	<0,0001
Factor B	565,34	1	565,34	67,59	<0,0001
Factor A x B	6994,66	29	241,20	28,84	<0,0001
Error	1003,67	120	8,36		
Total	14277,73	179			

Anexo 9. Longitud de raíz (cm) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	26150,72	59	443,23	60,10	<0,0001
Factor A	9684,34	29	333,94	45,28	<0,0001
Factor B	5661,61	1	5661,61	767,68	<0,0001
Factor A x B	10804,76	29	372,58	50,52	<0,0001
Error	885,00	120	7,37		
Total	27035,72	179			

Anexo 10. Volumen de raíz (cm³) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	5623,78	59	95,32	7442,93	<0,0001
Factor A	1873,97	29	64,62	5045,83	<0,0001
Factor B	2223,53	1	2223,53	173624,09	<0,0001
Factor A x B	1526,28	29	52,63	4109,65	<0,0001
Error	1,54	120	0,01		
Total	5625,32	179			

Anexo 11. Volumen de raíz (cm³) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	54749,59	59	927,96	103229,76	<0,0001
Factor A	8768,52	29	302,36	33636,02	<0,0001
Factor B	36620,05	1	36620,05	4073756,30	<0,0001
Factor A x B	9361,01	29	322,79	35908,80	<0,0001
Error	1,08	120	0,01		
Total	54750,67	179			

Anexo 12. Peso fresco aéreo (g) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	3976,94	59	67,41	24,07	<0,0001
Factor A	862,19	29	29,73	10,62	<0,0001
Factor B	2013,36	1	2013,36	719,06	<0,0001
Factor A x B	1101,39	29	37,98	13,56	<0,0001
Error	336,00	120	2,80		
Total	4312,94	179			

Anexo 13. Peso fresco aéreo (g) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	21464,24	59	363,80	376,47	<0,0001
Factor A	1715,44	29	59,15	44,95	<0,0001
Factor B	16912,93	1	16912,93	12852,85	<0,0001
Factor A x B	2835,87	29	97,79	74,31	<0,0001
Error	157,91	120	1,32		
Total	21622,14	179			

Anexo 14. Peso fresco radical (g) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	33,04	59	0,56	8,23	<0,0001
Factor A	12,75	29	0,44	6,47	<0,0001
Factor B	10,66	1	10,66	156,74	<0,0001
Factor A x B	9,63	29	0,33	4,88	<0,0001
Error	8,16	120	0,07		
Total	41,20	179			

Anexo 15. Peso fresco radical (g) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	239,57	59	4,06	55,98	<0,0001
Factor A	24,53	29	0,85	11,66	<0,0001
Factor B	181,97	1	181,97	2508,83	<0,0001
Factor A x B	33,07	29	1,14	15,72	<0,0001
Error	8,70	120	0,07		
Total	248,27	179			

Anexo 16. Peso fresco total (g) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	4777,48	59	80,97	34,75	<0,0001
Factor A	1042,41	29	35,95	15,42	<0,0001
Factor B	2443,52	1	2443,52	1048,50	<0,0001
Factor A x B	1291,54	29	44,54	19,11	<0,0001
Error	279,66	120	2,33		
Total	5057,14	179			

Anexo 17. Peso fresco total (g) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	25874,97	59	438,56	336,64	<0,0001
Factor A	2013,03	29	69,41	53,28	<0,0001
Factor B	20605,63	1	20605,63	15817,00	<0,0001
Factor A x B	3256,31	29	112,29	86,19	<0,0001
Error	156,33	120	1,30		
Total	26031,30	179			

Anexo 18. Peso seco aéreo (g) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	22,52	59	0,38	19,28	<0,0001
Factor A	7,16	29	0,25	12,47	<0,0001
Factor B	10,60	1	10,60	535,32	<0,0001
Factor A x B	4,76	29	0,16	8,30	<0,0001
Error	2,38	120	0,02		
Total	24,90	179			

Anexo 19. Peso seco aéreo (g) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	261,58	59	4,43	865,97	<0,0001
Factor A	49,90	29	1,72	336,07	<0,0001
Factor B	156,05	1	156,05	30480,65	<0,0001
Factor A x B	55,63	29	1,92	374,67	<0,0001
Error	0,61	120	0,01		
Total	262,20	179			

Anexo 20. Peso seco radical (g) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,45	59	0,02	13,66	<0,0001
Factor A	0,59	29	0,02	11,31	<0,0001
Factor B	0,27	1	0,27	149,38	<0,0001
Factor A x B	0,59	29	0,02	11,32	<0,0001
Error	0,22	120	1,8E-03		
Total	1,67	179			

Anexo 21. Peso seco radical (g) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	6,85	59	0,12	5125,40	<0,0001
Factor A	1,36	29	0,05	2078,39	<0,0001
Factor B	4,00	1	4,00	176533,80	<0,0001
Factor A x B	1,48	29	0,05	2261,78	<0,0001
Error	2,7E-03	120	2,3E-05		
Total	6,85	179			

Anexo 22. Peso seco total (g) a los 35 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	31,13	59	0,53	23,92	<0,0001
Factor A	9,46	29	0,33	14,79	<0,0001
Factor B	14,24	1	14,24	645,73	<0,0001
Factor A x B	7,42	29	0,26	11,61	<0,0001
Error	2,65	120	0,02		
Total	33,77	179			

Anexo 23. Peso seco total (g) a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	336,55	59	5,70	83,78	<0,0001
Factor A	58,63	29	2,02	29,70	<0,0001
Factor B	206,66	1	206,66	3035,30	<0,0001
Factor A x B	71,26	29	2,46	36,09	<0,0001
Error	8,17	120	0,07		
Total	344,72	179			

Anexo 24. Origen de los genotipos en estudio.

Nº	Genotipo	Origen
1	26	Chile
2	36	Chile
3	41	Chile
4	42	Chile
5	48	Chile
6	49	Chile
7	52	Chile
8	54	Chile
9	O-1	Chile
10	O-2	Chile
11	O-3	Chile
12	O-4	Chile
13	O-5	Chile
14	O-6	Chile
15	O-7	Chile
16	O-8	Chile
17	O-9	Chile
18	O-10	Chile
19	J4	Argentina
20	FARO	Chile
21	REGALONA	Chile
22	Pata de Venado	Ecuador
23	DULCE	Ecuador
24	O-10M	Chile
25	J4-O10	Argentina
26	TUNKAHUAN	Ecuador
27	X2	Chile
28	X3	Chile
29	X4	Chile
30	X5	Chile

Elaborado por la autora

Anexo 25. Construcción del cobertizo.



a. Se colocaron las bases de caña.



b. Se colocaron las nueve cañas de base.



c. Se cortaron cañas para hacer latillas.



d. Con la ayuda del taladro se insertaron las latillas a las bases.



e. Estructura del cobertizo terminada.



f. Se colocó el plástico transparente.



g. Lugar de trabajo finalizado.

Anexo 26. Preparación del sustrato y siembra.



a. Llenado de las macetas con turba.



b. Aplicación de fertilizante en cada maceta.



c. Riego con agua a cada maceta.



d. siembra de los 30 genotipos de quinua.



e. Genotipos con la Dosis 1: 0 mM de NaCl.



f. Genotipos con la Dosis 2: 300 mM de NaCl.

Anexo 27. Colecta de datos de la variable tasa de emergencia.



a. Emergencia de las plántulas.



b. Conteo de plántulas emergidas.



c. Toma de datos de plántulas emergidas.



d. Semilla del genotipo Tunkahuan con 300 mM de NaCl a los 15 días.

Anexo 28. Desarrollo de las plántulas de quinua durante los primeros 15 días.



a. Genotipo 41 con 0 mM de NaCl, con retraso en el desarrollo, pero con mayor número de plantas.



b. Genotipo 41 con 300 mM de NaCl, con velocidad en el desarrollo, pero con menor número de plantas.

Anexo 29. Desarrollo de las plantas de quinua a los 25 días después de la siembra.



a. Plantas del grupo control. (0 mM de NaCl).



b. Plantas regadas con NaCl (300 mM).

Anexo 30. Desarrollo de las plantas de quinua a los 35 días después de la siembra.



c. Plantas del grupo control. (0 mM de NaCl).



d. Plantas regadas con NaCl (300 mM).

Anexo 31. Desarrollo de las plantas de quinua a los 60 días después de la siembra.



a. Diferencia del mismo genotipo O-3 con 0 mM de NaCl (etiqueta verde) y 300 mM de NaCl (etiqueta naranja).

b. Diferencia del mismo genotipo O-2 con 0 mM de NaCl (etiqueta verde) y 300 mM de NaCl (etiqueta naranja).



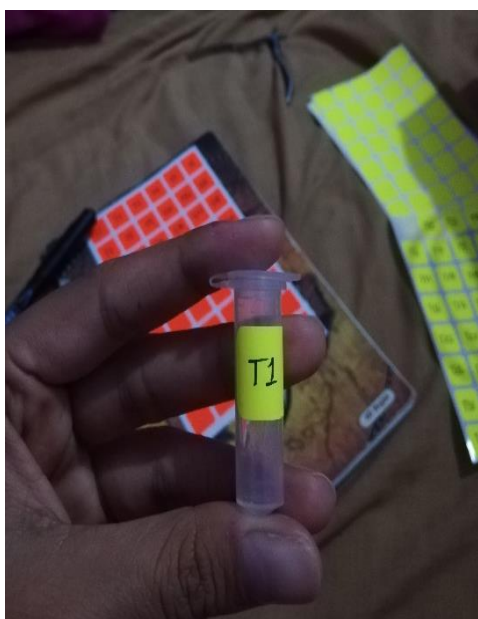
c. Diferencia del mismo genotipo O-10 con 0 mM de NaCl (etiqueta verde) y 300 mM de NaCl (etiqueta naranja).

d. Diferencia del mismo genotipo X4 con 0 mM de NaCl (etiqueta verde) y 300 mM de NaCl (etiqueta naranja).

Anexo 32. Plantas de quinua afectas por el NaCl durante los 60 días de estudio.



Anexo 33. Colecta de datos de la variable Contenido relativo de agua en las hojas (CRA).



a. Se etiquetaron los tubos de muestras por tratamientos y repetición.



b. Se pesaron los tubos de muestras vacíos.



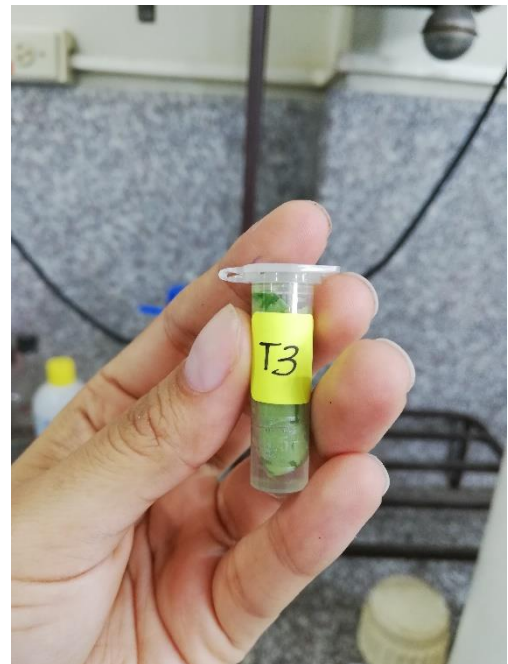
c. Se tomaron las muestras en campo.



d. Tubos con las muestras.



e. Se pesaron todos los tubos con las muestras.



f. Se agregó agua destilada a cada tubo con las muestras.



g. Se retiraron las muestras de los tubos.



h. Se secaron las muestras con hojas de papel.



i. Se pesaron las muestras de hojas para obtener el peso turgente.



j. Peso turgente de una hoja de quinua.



k. Se pusieron las muestras (hojas) en fundas de papel para ser colocadas en la estufa.



l. Se secaron las hojas muestreadas en una estufa a 70°C por 24 horas.

Anexo 34. Colecta de datos de las variables agronómicas.



a. Se midió la altura de planta a los tratamientos.



b. Se extrajo la planta entera de la maceta para determinar la longitud y volumen de la raíz.



c. Las muestras tanto aérea y radical se colocaron en fundas de papel para ser secadas en una estufa a 65°C durante 48 horas.



d. Pesado de raíces secas.

Anexo 35. Preparación de las muestras para determinar la conductividad eléctrica del suelo.



a. Agitación de las muestras de suelo con una varilla de vidrio.



b. Reposo de las muestras de suelo durante 24 horas.