



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“RESPUESTA AL DÉFICIT HÍDRICO EN QUINUA (*Chenopodium quinoa*) COMO ESCENARIO AL CAMBIO CLIMÁTICO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Yesenia Xiomara Huaripata Guevara (0000-0001-8777-361X)

Asesora:

Susan Mery Medina Canzio (0000-0003-2574-7728)

Lima – Perú

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 14 de julio del 2023.

Los integrantes del jurado de tesis:

Presidente: Dra. Llerme Navarro Vásquez
Miembro: Mg. Vladimir Alfonso León Menacho
Miembro: Mg. César Oswaldo Arévalo Hernández

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"RESPUESTA AL DÉFICIT HÍDRICO EN QUINUA (*Chenopodium quinoa*) COMO ESCENARIO AL CAMBIO CLIMÁTICO"

Presentada por la bachiller:

- **Yesenia Xiomara Huaripata Guevara**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dra. Susan Mery Medina Canzio

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesista: Yesenia Xiomara Huaripata Guevara		Nota (en letras): (DIECISEÍS)16	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()


Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. Llerme Navarro Vásquez
Presidente



Mg. Vladimir Alfonso León Menacho
Miembro 1



Mg. César Oswaldo Arévalo Hernández
Miembro 2



Dra. Susan Mery Medina Canzio
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, 27 de julio del 2023

Señor,

Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –**

De nuestra consideración,

Yo: Yesenia Xiomara Huaripata Guevara, egresada de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con la asesora de tesis Susan Mery Medina Canzio, declaramos que este informe final de tesis titulado RESPUESTA AL DÉFICIT HÍDRICO EN QUINUA (*Chenopodium quinoa*) COMO ESCENARIO AL CAMBIO CLIMÁTICO, sustentado para obtener el título de Ingeniera Ambiental.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ², que afirmamos conocer en su totalidad.

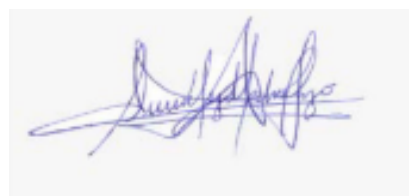
Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma del tesista

**Firma tesista
DNI: 74134514**



**Firma del asesor de tesis
DNI: 43371726**

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Respuesta al déficit hídrico en quinua (*Chenopodium quinoa*) como escenario al cambio climático

Autores. Yesenia Xiomara Huaripata Guevara.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2140094242).

Resultado de la evaluación. 7%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



I. DEDICATORIA

En primer lugar, doy gracias a Dios por darme el aprendizaje necesario y la vida para llegar donde estoy, permitiéndome vivir una experiencia inolvidable en mi etapa universitaria.

A mi madre por estar conmigo en cada paso que he dado, quién a lo largo de su vida ha velado por mi bienestar y educación.

A mi padre por darme la fortaleza a seguir y conseguir mis metas, quién estuvo conmigo en los momentos más difíciles dándome ánimos a no rendirme y culminar mi carrera.

A mis abuelitos que me han acompañado a lo largo de su vida y han velado por mi bienestar, quienes me han apoyado, guiado y cuidado con mucho amor.

A mi asesora y una gran mujer Susan Mery Medina Canzio, a quien respeto y valoro mucho.

A una gran amiga, quién partió mucho antes de lo esperado.

A mis anteriores jefes, gracias por la oportunidad de aprender a su lado.

II. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesora de tesis Susan Mery Medina Canzio por su dedicación, esfuerzo y comprensión durante todo este proceso, por su amistad y apoyo que me permitieron aprender mucho más que lo investigado en esta etapa. Muchas gracias asesora, por darme la confianza y por cada consejo, más que una gran profesional en la revisión de cada falla en el proyecto se convirtió en una amiga muy querida.

A CIATECNO por brindarme las instalaciones para el desarrollo de la etapa experimental de la tesis.

A todos mis profesores de la facultad de Ingeniería Ambiental que me impulsaron a siempre a seguir adelante.

III. ÍNDICE GENERAL

I.	DEDICATORIA	3
II.	AGRADECIMIENTOS	4
III.	ÍNDICE GENERAL.....	5
IV.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
V.	ÍNDICE DE TABLAS	6
VI.	RESUMEN.....	7
VII.	ABSTRACT.....	7
VIII.	INTRODUCCIÓN	8
IX.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
X.	MARCO TEÓRICO.....	12
10.1.	Quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>)	12
10.2.	Cultivo de la quinua y su importancia.....	15
10.3.	Cambio climático	15
10.4.	Impacto del cambio climático en la agricultura	15
10.5.	Cultivo y la capacidad de adaptación al cambio climático.....	16
10.6.	Factores desfavorables en el Rendimiento de la Quinua.....	16
10.7.	Características de sequías y déficit hídrico	17
10.7.1.	Sequía.....	17
10.7.2.	Déficit hídrico	17
XI.	OBJETIVOS/HIPÓTESIS	19
XII.	METODOLOGÍA	20
12.1.	Área de estudio.....	20
12.2.	Obtención de semillas de Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>):.....	21
12.3.	Material genético:.....	21
12.4.	Establecimiento del experimento y germinación de semillas.....	22
12.5.	Instalación de tratamientos.....	24
12.6.	Respuesta de transpiración a la demanda evaporativa bajo sequía	26
12.7.	Monitoreo del crecimiento en tallos y hojas.....	27
12.8.	Medición de peso seco de raíces, tallos y hojas	28
12.9.	Análisis estadístico.....	29
XIII.	RESULTADOS.....	30
13.1.	Análisis de las características evaluadas	30
XIV.	DISCUSIÓN	33
XV.	CONCLUSIONES	37
XVI.	RECOMENDACIONES	38
XVII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
I.	ANEXOS (OBLIGATORIO SI LOS TIENES).....	46

IV. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Área de estudio - Centro de Investigación Agraria y Tecnológica (CIATECNO).....	21
Figura N° 2. Variedades de quinua utilizadas en la investigación.....	22
Figura N° 4. Proceso fisiológico de germinación de las cuatro variedades de quinua....	24
Figura N° 5. Preparación de macetas para la siembra de semillas germinadas.....	25
Figura N° 6. Cultivo de variedades de quinua con riego automatizado	25
Figura N° 7. Registro diario del peso de macetas	27
Figura N° 8. Conteo de hojas y medición de tallos de las cuatro variedades de quinua.	28
Figura N° 9. Peso de biomasa seca en laboratorio de las cuatro variedades de quinua ..	29
Figura N° 10. Altura de las cuatro variedades de quinua, considerando el error estadístico y la trayectoria durante el tiempo	31
Figura N° 11. Número de hojas de las cuatro variedades de quinua, considerando el error estadístico y la trayectoria durante el tiempo.....	31
Figura N° 12. Respuesta de la transpiración a la sequía progresiva del suelo (Drydown) de las cuatro variedades de quinua	33

V. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Características agronómicas de las cuatro variedades de quinua.....	13
---	----

VI. RESUMEN

Los cambios en las futuras temperaturas generan un impacto en la productividad y calidad de las variedades de cultivos a nivel mundial. La quinua, es un importante cultivo por su tolerancia frente a la salinidad y sequía, y su respuesta al cambio climático. Por ello, este estudio tiene como objetivo comparar la respuesta de la transpiración a la sequía progresiva del suelo, y mecanismos fisiológicos asociados con esta respuesta en las variedades nativas de quinua peruana con importancia para la pequeña agricultura altoandina. Para ello, se utilizaron cuatro variedades comerciales INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla, INIA 433 Santa Ana e INIA 427 Amarillo Sacaca, el experimento se estableció a nivel de invernadero, contando con un testigo con riego normal y unos tratamientos de riego de estrés hídrico progresivo. El análisis de resultados demuestra que existe diferencia significativa en cuanto a la adaptación a la sequía; demostrando que cuando hay sequía en el suelo las cuatro variedades de quinua generan igual número de hojas; así como, difieren en su respuesta adaptativa de transpiración (NTR) ante la sequía progresiva del suelo reflejada en la fracción de agua transpirable que retiene el suelo (FTSW); en esta investigación se concluye que la variedad INIA 433 Santa Ana, presentó variación en la transpiración cuando hay déficit hídrico en el suelo entre sesenta por ciento y cincuenta por ciento, siendo la única variedad que potencialmente soportaría las nuevas condiciones de incremento de temperaturas en relación a la disponibilidad hídrica reducida en el suelo agrícola.

Palabras claves:

Quinua, estrés hídrico, transpiración; resiliencia, adaptación.

VII. ABSTRACT

Changes in future temperatures have an impact on the productivity and quality of crop varieties worldwide. Quinoa, is an important crop for its tolerance to salinity and

drought, and its response to climate change. Therefore, this study aims to compare the transpiration response to progressive soil drought, and physiological mechanisms associated with this response in native Peruvian quinoa varieties with importance for small-scale high Andean agriculture. For this purpose, four commercial varieties INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla, INIA 433 Santa Ana and INIA 427 Amarillo Sacaca were used. The experiment was established at greenhouse conditions, with a control at normal irrigation and progressive water stress irrigation treatments. The analysis of the results showed that there is a significant difference in terms of adaptation to drought; demonstrating that when there is drought in the soil the four varieties of quinoa generally have the same number of leaves; as well as, they differ in their adaptive response of transpiration (NTR) to the progressive drought of the soil reflected in the fraction of transpirable water retained by the soil (FTSW); Therefore, in this research it is concluded that the INIA 433 Santa Ana variety showed a variation in transpiration when there is a water deficit in the soil between sixty and fifty percent, being the only variety that could potentially support new conditions of increased temperatures in relation to the reduced water availability in the agricultural soil; that is, it presents greater resistance to the conditions of progressive drought in the soil.

Keywords:

Quinoa, hydric stress, transpiration; resilience, adaptation.

VIII. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica, los efectos del cambio climático son variables, especialmente la frecuencia y el nivel de las precipitaciones, esto ha favorecido a que cultivos de cereales nativos peruanos como la quinua se adapten rápidamente en ambientes semiáridos por su característica de ser resistentes a varios estreses abióticos, principalmente condiciones de sequía (Bazile et al., 2014). En contexto del cambio climático, hacen frente al desafío de