

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE CINCO NIVELES DE ÁCIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO
DE GRANO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), VARIEDAD
SALCEDO INIA EN CERRO BLANCO – CALANA, TACNA – 2015**

TESIS

Presentada por:

Bach. Elizabeth Marilia Calisaya Sarmiento

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

"EFECTO DE CINCO NIVELES DE ÁCIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), VARIEDAD SALCEDO INÍA EN CERRO BLANCO - CALANA, TACNA - 2015"

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 11 DE SETIEMBRE DEL 2017,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

SECRETARIO:



Ing. RODI DAVID ALFÉREZ GARCÍA

VOCAL:



Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

ASESOR:



MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por haberme dado la vida, salud, sabiduría y paciencia para alcanzar mis objetivos.

A mis padres Juan y Filomena por ser parte de mi vida y por su apoyo inquebrantable en la culminación de mis estudios.

A mi hermana Yhein por su comprensión y apoyo incondicional

A mí querida hijita Dhanae por ser mi alegría y motivación cada día.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía, y docentes que fueron partícipes en mi formación profesional.

Un agradecimiento al Ing. MSc Nivardo Núñez Torreblanca, por su asesoría y apoyo en la culminación de la tesis.

Un agradecimiento muy especial a mis queridos padres que me brindaron su apoyo para la culminación de mis estudios superiores.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación y sistematización del problema	4
1.2.1 Problema principal	4
1.2.2 Problema secundario	4
1.3 Delimitación de la investigación.....	4
1.3.1 Temporal.....	4
1.3.2 Espacial	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Limitaciones	7
CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	

2.1	Objetivos	8
2.1.1	Objetivo general	8
2.1.2	Objetivos específicos	8
2.2	Hipótesis	8
2.2.1	Hipótesis general	8
2.2.2	Hipótesis específicas	9
2.3	Variables	9
2.3.1	indicador de variables	9
2.4	Operacionalización de variables	10

CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1	Aspectos generales del cultivo de la quinua	11
3.1.1	Origen e importancia de la quinua.....	11
3.1.2	Quinuas de nivel del mar.....	12
3.1.3	Quinua de los valles.....	12
3.1.4	Quinuas altiplánicas	13
3.2	Cultivo de la quinua.....	13
3.2.1	Clasificación botánica	14
3.2.2	Morfología de la planta.....	14
3.2.3	Aspectos fisiológicos del cultivo	18
3.2.4	Crecimiento y desarrollo de la planta	21
3.3	Ácidos húmicos	26
3.3.1	Propiedades del Humic acid.....	26

3.3.2	Definición de los ácidos húmicos	27
3.3.3	Origen	27
3.3.4	Composición	28
3.3.5	Influencia sobre las propiedades físicas del suelo.....	30
3.3.6	Influencia sobre las propiedades químicas del suelo.....	31
3.3.7	Influencia sobre las propiedades biológicas del suelo.....	31
3.3.8	Importancia de los ácidos húmicos	32
3.4	Marco referencial	32
3.4.1	Producción de la quinua.....	32
3.4.2	Internacionalización de la demanda de quinua.....	33
3.5	Antecedentes	34

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Tipo de investigación.....	36
4.2	Población y muestra.....	36
4.3	Materiales y métodos	36
4.3.1	Ubicación del campo experimental.....	36
4.3.2	Historial del campo experimental	37
4.3.3	Situación edáfica del campo experimental	37
4.3.4	Condiciones meteorológicas	38
4.3.5	Material experimental.....	40

4.3.6 Tratamientos	41
4.3.7 Variables en estudio.....	42
4.3.8 Diseño experimental	44
4.3.9 Características del campo experimental.....	45
4.3.10 Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental.....	46
4.3.11 Análisis estadístico.....	46
4.3.12 Conducción del experimento	46
CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	
5.1. Altura de planta	52
5.2. Longitud de panoja.....	55
5.3 Ancho de panoja	59
5.4 Peso de panojas	62
5.5. Peso de grano por planta	66
5.6. Peso seco de raíz por planta.....	69
5.7. Rendimiento de grano por hectárea	73
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	80
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	10
Tabla 2. Requerimiento de humedad y temperatura, según los grupos agroecológicos de quinua.....	18
Tabla 3. Análisis de caracterización del suelo del campo experimental	37
Tabla 4. Datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo agosto a diciembre del año 2015	39
Tabla 5. Niveles de ácido húmico “Humic Acid” por hectárea.	41
Tabla 6. Niveles de ácido húmico “Humic Acid” por cada aplicación.....	42
Tabla 7. Análisis de varianza de altura de planta (cm) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico.	52
Tabla 8. Análisis de varianza de regresión de altura de planta de quinua, con niveles de ácido húmico.....	53
Tabla 9. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de altura de planta de quinua, con niveles de ácido húmico	53
Tabla 10. Análisis de varianza de longitud de panoja (cm) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico	55

Tabla 11. Análisis de varianza de regresión de longitud de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico.....	56
Tabla 12. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de longitud de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico	57
Tabla 13. Análisis de varianza de ancho de panoja (cm) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico.	59
Tabla 14. Análisis de varianza de regresión de ancho de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico.....	60
Tabla 15. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de ancho de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico	60
Tabla 16. Análisis de varianza de peso de panojas por planta (g) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico.....	62
Tabla 17. Análisis de varianza de regresión de peso de panojas por planta de quinua, con niveles de ácido húmico	63
Tabla 18. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso de panojas por planta de quinua, con niveles de ácido húmico.....	64
Tabla 19. Análisis de varianza de peso de grano por planta (g) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico	66

Tabla 20. Análisis de varianza de regresión de peso de grano por planta de quinua, con niveles de ácido húmico	67
Tabla 21. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso de grano por planta de quinua, con niveles de ácido húmico.....	67
Tabla 22. Análisis de varianza de peso seco de raíz por planta (g) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico.....	69
Tabla 23. Análisis de varianza de regresión de peso seco de raíz de quinua, con niveles de ácido húmico	70
Tabla 24. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso seco de raíz de quinua, con niveles de ácido húmico	71
Tabla 25. Análisis de varianza de rendimiento de grano de quinua (t/ha), con cinco niveles de ácido húmico.....	73
Tabla 26. Análisis de varianza de regresión de rendimiento de grano de quinua, con niveles de ácido húmico.....	74
Tabla 27. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de rendimiento de grano de quinua, con niveles de ácido húmico	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental	46
Figura 2. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de la altura de planta de quinua variedad Salcedo INIA.	54
Figura 3. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de longitud de panoja de quinua variedad Salcedo INIA.	58
Figura 4. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de ancho de panoja de quinua variedad Salcedo INIA.	61
Figura 5. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de peso de panojas por planta de quinua variedad Salcedo INIA.	65

Figura 6. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de peso de grano por planta de quinua variedad Salcedo INIA.	68
Figura 7. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de peso seco de raíz de quinua variedad Salcedo INIA.	72
Figura 8. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de rendimiento de grano de quinua en toneladas por hectárea variedad Salcedo INIA	75

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm)	87
Anexo 2. Longitud de panoja (cm)	87
Anexo 3. Ancho de panoja (cm).....	87
Anexo 4. Peso de panoja (g)	88
Anexo 5. Peso seco de raíz (g).....	88
Anexo 6. Peso de grano por planta (g)	88
Anexo 7. Rendimiento de grano (t/ha)	89
Anexo 8. Fotografías	89
Anexo 9. Análisis del suelo	95

RESUMEN

La presente investigación “Efecto de cinco niveles de ácido húmico en el rendimiento de grano quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)”, se desarrolló en la localidad de Calana Provincia y Departamento de Tacna. A una altitud de 848 msnm; con el objetivo de determinar el nivel adecuado de ácido húmico “Humic Acid”. Se estudió la aplicación al suelo de cinco niveles: 0 l/ha, 2, 4, 6 y 8 l/ha. Las variables evaluadas fueron altura de planta, longitud de panoja, ancho de panoja, peso de panoja, peso de grano por planta, peso seco de raíz y rendimiento de grano por hectárea. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados de muestran que los niveles de ácido húmico influyeron gradualmente en la altura de planta, longitud de panoja, ancho de panoja, peso seco de raíz, peso de panojas, peso de grano por planta. El nivel adecuado del producto fue de 6,39 l/ha, con el cual se obtuvo un máximo rendimiento de grano de quinua de 3,243 t/ha.

Palabras clave: ácido húmico, quinua, rendimiento de grano.

ABSTRACT

The present research "Effect of five levels of humic acid on the grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)". It was developed in the town of Calana Province and Department of Tacna. At an altitude of 848 meters above sea level; with the objective of determining the appropriate level of "Humic Acid" for grain yield. The application to the soil of five levels was studied: 0 l/ha, 2, 4, 6 and 8 l/ha. The variables evaluated were plant height, panicle length, panicle width, panicle weight, grain weight per plant, root dry weight and grain yield per hectare. The experimental design used was randomized complete blocks, with five treatments and four repetitions. The results show that the levels of humic acid gradually influenced the plant height, panicle length, panicle width, root dry weight, panicle weight, grain weight per plant. The adequate level of the "Humic Acid" was 6.39 l/ha, with which a maximum quinoa grain yield of 3.243 t/ha was obtained.

Keywords: humic acid, quinoa, grain yield

INTRODUCCIÓN

La quinua, es un grano nativo originario de América del Sur, de las áreas andinas de Perú y Bolivia. Su producción es importante para la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades campesinas. La quinua, constituye una alternativa frente a la demanda global por alimentos en condiciones de sequía o de cambio climático que según entendidos sus efectos ya están presentes (Cornejo, 2007).

En relación al problema planteado el presente trabajo de investigación evaluó el efecto de cinco niveles de ácido húmico en el rendimiento de grano, los cuales permitieron determinar el nivel adecuado del producto con el propósito de la mejora de los rendimientos del cultivo. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se cultiva en zonas áridas y semiáridas de los andes. Tiene gran adaptabilidad, tanto en latitud como en altitud, encontrándose en el Perú desde Tacna hasta Piura, y desde el nivel del mar hasta los 4 000 metros de altura.

Su amplia variabilidad genética le permite adaptarse a diversos ambientes ecológicos (valles interandinos, altiplano, yungas, salares, nivel del mar) con diferentes condiciones de humedad relativa, altitud y

temperatura ambiental es capaz de soportar desde -8 °C hasta 38 °C (Mujica y Jacobsen, 1999).

Por sus características nutricionales, contenido de proteínas, vitaminas, aminoácidos esenciales y minerales, constituye un alimento de gran valor.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En el Perú, la quinua es producida por pequeños agricultores en una gran diversidad de zonas agroclimáticas. Constituye un producto de excepcionales cualidades nutricionales, cuyo cultivo puede adaptarse muy fácilmente a las exigencias de los nuevos mercados por alimentos de origen orgánico.

Tacna presenta condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de la quinua, debido a su clima subtropical árido, sus variaciones de temperaturas poco pronunciadas y su ubicación geográfica que favorecen los rendimientos, sin embargo, a pesar de esas ventajas el área cultivada es variable, condicionado por las exigencias del mercado.

Si bien, se conoce que la quinua puede prosperar desde el nivel del mar hasta una altitud de 4 000 msnm; en la zona de Calana Cerro Blanco, tradicionalmente no se tiene del cultivo de quinua, ni se han realizado investigaciones que incluyan el empleo de productos alternativos de origen orgánico, que puedan aportar con la nutrición del cultivo.

Uno de los problemas que está en cuestión, es la aplicación de cantidades elevadas de fertilizantes especialmente nitrogenados, con efectos negativos desde el punto de vista ambiental y económico. Por lo que resulta válido estudiar la influencia de niveles de ácido húmico en el rendimiento de grano de quinua.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema principal

¿Cuál será el nivel adecuado de ácido húmico para el rendimiento de grano de quinua Variedad Salcedo INIA?

1.2.2 Problema secundario

¿Cuál será el efecto de los niveles de ácido húmico en altura de planta, peso de panoja, longitud de panoja, ancho de panoja, peso de panoja, peso de grano por planta, peso seco de raíz?

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Temporal

El trabajo de investigación denominado “Efecto de cinco niveles de ácido húmico en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa*

Willd.) Variedad Salcedo INIA en Cerro Blanco – Calana Tacna – 2015”, se realizó entre los meses de agosto 2015 hasta diciembre de 2015.

1.3.2 Espacial

La presente investigación se llevó a cabo en el Distrito de Calana – Cerro Blanco – Tacna, Fundo “Don José”, ubicado a una altitud de 848 msnm.

1.4 Justificación

La agricultura orgánica no solo brinda mejoras económicas para los productores de quinua en el Perú; es, además, un medio para preservar la biodiversidad de la quinua y la cultura propia de la población.

El presente estudio permite aportar ideas nuevas sobre cultivos de la zona andina como la quinua (cuya siembra genera un múltiple aprovechamiento de los recursos), generando alternativas para un cultivo tradicional, que le brinda a la población una opción con excelentes bondades nutritivas.

Es importante destacar que la calidad de la quinua peruana posee reconocimiento mundial, y su riqueza además de su calidad, se encuentra en la gran variedad y en las posibilidades que se abren en base esta diversidad.

La gran adaptación a las variaciones climáticas y su eficiente uso de agua, convierten esta especie en una excelente alternativa de cultivo en una zona como Tacna, donde la escases de agua restringe la agricultura.

El distrito de Calana, Cerro Blanco, está situado a 848 msnm, su clima es templado, seco y estable; propicio para el cultivo de hortalizas. Por lo que, el cultivo de quinua puede ser considerado como una alternativa para la rotación de cultivos en esas condiciones.

La importancia del ácido húmico, radica en que son compuestos orgánicos de origen natural, se les ha reconocido múltiples beneficios para mejorar las condiciones físicas de del suelo, tales como formar complejos arcillo húmicos, mejora de la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua, reducir la evaporación. Así como las propiedades químicas, porque influye en la capacidad de intercambio de cationes, regula el pH, absorción de nutrientes. Desde el punto de vista biológico principalmente estimulan la vida microbiana del suelo (SEPHU, 2014). Igualmente constituye fuente de N, P, S y micronutrientes.

La fertilización, es un factor que juega un rol importante en el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas; particularmente la fertilización nitrogenada cumple múltiples funciones. El presente trabajo resulta de interés por cuanto investiga el aporte del ácido húmico

comercial como fuente de nutrientes, principalmente nitrógeno, por ser un elemento carente en los suelos de la zona.

1.5 Limitaciones

En el presente trabajo de investigación del cultivo de la quinua se presentaron las siguientes limitaciones:

Falta de información como antecedentes sobre la aplicación de ácidos húmicos en el cultivo de la quinua, como artículos científicos, publicaciones, revistas, entre otros a nivel local y nacional. Variaciones imprevistas del clima, presentándose fluctuaciones de altas y bajas temperaturas.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta de la quinua a la aplicación de ácido húmico en condiciones de Calana – Tacna.

2.1.2 Objetivos específicos

- a. Determinar el nivel adecuado de ácido húmico para rendimiento de grano de quinua Variedad Salcedo INIA.

- b. Determinar el efecto de cinco niveles de ácido húmico en la altura de planta, peso de panoja, peso de grano por planta, peso seco de raíz.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

La quinua Variedad Salcedo INIA, responderá positivamente a la aplicación de niveles de ácido húmico en condiciones de Tacna.

2.2.2 Hipótesis específicas

a. Los niveles de ácido húmico comprendidos en el estudio, permitirán determinar el nivel adecuado para el rendimiento de grano de quinua de la Variedad Salcedo INIA.

b. Los niveles de ácido húmico tendrán efectos en la altura de planta, peso de panoja, longitud de panoja, ancho de panoja, peso seco de panoja, peso de grano de planta, peso seco de raíz.

2.3 Variables

2.3.1 indicador de variables

Variable dependiente (Y)

Rendimiento de grano (t/ha)

Variable independiente (X)

Niveles de ácido húmico

2.4 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
variable dependiente (Y)		
	Altura de planta	cm
	Longitud de panoja	cm
	Ancho de panoja	cm
Rendimiento de grano (t/ha)	Peso de panoja	g
	Peso de grano por planta	g
	Peso seco de raíces	g
Variable dependiente (X)		
	Humic acid	0 l/ha
	Humic acid	2 l/ha
Niveles de ácido húmico	Humic acid	4 l/ha
	Humic acid	6 l/ha
	Humic acid	8 l/ha

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Aspectos generales del cultivo de la quinua

3.1.1 Origen e importancia de la quinua

La quinua es una especie que se cultiva en todos los andes, principalmente del Perú y de Bolivia, desde hace más de 7 000 años por culturas pre incas e incas. Se informa que la quinua se ha cultivado desde tiempos pretéritos comenzando en el norte de Colombia hasta el sur de Chile; desde el nivel del mar hasta los 4 000 metros de altitud, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2 500 a 3 800 msnm, con una precipitación anual entre 250 a 500 mm y una temperatura media de 5 °C a 14 °C. En América Latina, Bolivia es el país con mayor volumen de exportación como quinua orgánica a USA y países europeos (Mujica y Jacobsen, 1999).

Por la importancia que posee este grano andino, existen bancos de germoplasma en diferentes instituciones tales como el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA), la Universidad Nacional del Altiplano y el Centro de Investigación en Cultivos Andinos (CICA) en

Puno, También Cusco que posee un total de 3 000 accesiones, procedentes de diferentes condiciones agroecológicas (Mujica y Jacobsen, 1999).

3.1.2 Quinuas de nivel del mar

En su generalidad se distinguen por no ser ramificadas y los granos son de color amarillo a rosado y a su vez amargas, como en el sur de Chile en Concepción, las quinuas se caracterizan por tener foto período largo y de coloración verde intenso que al madurar toman una coloración anaranjada; los granos son pequeños y de color blanco o anaranjado (Martínez, 1989).

3.1.3 Quinua de los valles

Que crecen en los valles interandinos de 2 000 a 3 600 msnm, se caracterizan porque tienen gran desarrollo, pueden llegar de 2 a 2,5 m de altura, son ramificadas, con panojas laxas, con inflorescencia amarantiforme, son tolerantes al mildiu, además, su periodo vegetativo es largo; en este grupo tenemos a la blanca de Junín, amarilla de maranganí y rosada de Junín (Martínez, 1989).

3.1.4 Quinuas altiplánicas

Crece en lugares aledaños al lago Titicaca a una altura de 3 800 msnm, estas quinuas se caracterizan por tener buena resistencia a las heladas, son bajas de tamaño, no ramificadas (tienen un solo tallo principal y panoja terminal que es glomerulada densa), llegan a tener una altura de 1 a 2 metros, con período vegetativo corto, se tiene quinuas precoces como: Illpa INIA y Salcedo INIA; semi tardías como es el caso de Blanca de Juli; tardías como Kancolla, Cheweca, Tahuaco (Martínez, 1989).

3.2 Cultivo de la quinua

La quinua es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología. Dentro del género *Chenopodium* existe cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Chenopodium quinoa* Willd. y *Ch. pallidicuale* Aellen, en Sudamérica; como verdura *Ch. mutalliae* Saffor y *Ch. ambrosoides* L. en México; *Ch. carnosolum* y *Ch. ambrosoides* en Sudamérica (Mujica, 1994).

3.2.1 Clasificación botánica

Este cultivo fue descrito por primera vez por el científico alemán Luis Christian Willdenow (Tapia, Gandarillas, Alandia, Cardozo, y Mujica, 1979).

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Angiospermas
Sub clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Quenopodiaceas
Género	: Chenopodium
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

3.2.2 Morfología de la planta

Raíz

El tipo de raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual le proporciona buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, así como las terciarias, normalmente tienen una longitud de entre 25 y 30

cm. Estas características posiblemente le confieren tolerancia a la sequía (Tapia et al., 1979).

Tallo

El tallo es de sección circular cerca de la raíz, transformándose en angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo está endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas, y secan con textura esponjosa cuando maduran (Mujica, 1994).

Hojas

Son simples, enteras, glabras, pecioladas, sin estípulas, presentan oxalatos de calcio o vesículas granulosas en el envés a veces en el haz; las cuales evitan la transpiración excesiva en caso de que se presentaran sequías. En la quinua, se puede observar que la hoja está formada por una lámina y un pecíolo, los pecíolos son largos acanalados y finos; las hojas son polimorfas, las hojas inferiores son de forma romboidal o de forma triangular y las hojas superiores que se ubican cerca de las panojas son lanceoladas (Mujica, Canahua, y Saravia, 2000).

Inflorescencia

Es una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos, así como por la

disposición de las flores y porque el eje principal está más desarrollado que los secundarios; ésta puede ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas, presentándose características de transición entre los dos grupos, es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo), es amarantiforme cuando los glomérulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias y en ellas se agrupan las flores formando masas bastante laxas, se designan con este nombre por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus* (Mujica, et al., 2013).

Flores

En una misma inflorescencia se pueden observar flores hermafroditas (perfectas), femeninas y androestériles (imperfectas). Generalmente se encuentra 50 glomérulos en promedio en una planta y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente. Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro como en todas las Quenopodiáceas, son flores incompletas porque carecen de pétalos (Mujica et al., 2013).

Fruto

Es un aquenio, el que se encuentra cubierto por el perigonio, que cuando se encuentra en estado maduro es de forma estrellada por los cinco tépalos que tiene la flor. El perigonio cubre solo una semilla y se desprende con facilidad al frotarlo; el color de grano está dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se encuentra la saponina que es un glucósido de sabor amargo, se ubica en la primera membrana (Gallardo y Gonzáles, 1992).

Semilla

Tiene forma lenticelada, que se encuentra envuelta por el perisperma, el tamaño de semilla (grano) se considera grande cuando el diámetro es mayor a 2 mm, ejemplo las Variedades Sajama, Salcedo INIA, Illpa INIA; mediano cuando el diámetro de la semilla es de 1,8 a 1,9 mm, como es el caso de las Variedades Kancolla, Tahuaco, Cheweca; pequeño menos de 1,7 mm ejemplo las Variedades Choclo, Blanca de Juli. El pericarpio está formado por tres capas, pegado a la semilla y contiene saponina en un rango de 0,2% a 5,1%. El pericarpio es suave en los ecotipos chilenos y duro en los demás ecotipos. Directamente bajo del pericarpio está el episperma, una membrana delgada que cubre al embrión (Ccaso, 1999).

3.2.3 Aspectos fisiológicos del cultivo

Requerimientos climáticos

La quinua es un cultivo con diferentes requerimientos de humedad y temperatura, estos dependen según el grupo de quinuas al que pertenece. Por ser una planta con gran adaptabilidad y tener amplia variabilidad genética, la quinua se adapta a diferentes climas, desde el desértico y el caluroso en la costa, hasta el frío y seco. Estos requerimientos se presentan en la tabla 2, basados en trabajos de investigación, efectuados en Perú y Bolivia (Tapia, 2000).

Tabla 2. Requerimiento de humedad y temperatura, según los grupos agroecológicos de quinua.

Grupo agroecológico	Precipitación (mm)	Temperatura mínima (°C)
Valle	700 – 1 500	3
Altiplano	400 – 800	0
Salares	250 – 400	-1
Nivel del mar	800 – 1 500	5
Yungas	1 000 – 2 000	7

Fuente: Tapia, 2000.

Altitud

La quinua prospera desde los cero metros hasta los 4 000 msnm; a nivel del mar, el período vegetativo de la quinua es corto con rendimientos

altos de aproximadamente unos 4 000 kg/ha y en el segundo caso, los períodos vegetativos son largos (Mujica, 1994).

Agua

En cuanto al agua, la quinua es una planta eficiente en el uso de este recurso, a pesar de ser una planta del tipo C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo en años más o menos secos cuando las precipitaciones son de 300 a 500 mm, pero sin heladas se obtiene buena producción (Gonzáles, 1999).

pH

La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes valores de pH del suelo, que varía desde 6,5 a 8,5 (Gonzáles, 1999).

Temperatura

La temperatura óptima para la quinua está alrededor de 8 a 15 °C, sin embargo, puede soportar hasta -4 °C en determinadas fases fenológicas, siendo más tolerante en la ramificación, las fases más susceptibles a las bajas temperaturas son la floración y el llenado de grano.

La temperatura está determinada por la altura, la inclinación y exposición del campo, así como por la densidad del cultivo. La única posibilidad del productor de influir sobre la temperatura es mediante la selección de un campo bien ubicado y de la densidad de siembra.

Para una germinación aceptable, la temperatura mínima para la quinua es de 5 °C; las temperaturas mayores a 15 °C causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos (si las condiciones son secas) y hongos (si las condiciones son húmedas). La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas afecta la formación de panojas y su maduración, lo que repercute en bajos rendimientos (Gonzales, 1999).

Humedad relativa

La humedad relativa es importante para la planta ya que disminuye la transpiración a una temperatura dada, debe estar entre 65 a 80% de humedad relativa. Un exceso de humedad es dañino en las épocas de floración porque el polen se convierte en inviable, en la madurez cuando el grano está en estado pastoso y si ésta es completa el grano de quinua puede germinar en la panoja; altas humedades a la cosecha elevan los costos de secado. Durante todo el ciclo del cultivo un exceso de

humedad, especialmente en combinación con temperaturas elevadas, favorece el ataque de hongos (Gonzales, 1999).

Fotoperiodo

El fotoperiodismo de la quinua es variable, depende de su origen, las variedades que vienen de cerca de la línea ecuatorial son cultivos de días cortos en dos aspectos de su desarrollo, por cuanto necesitan por lo menos 15 días cortos (menores a diez horas de luz) para inducir la floración y también para la maduración de los frutos (Gonzales, 1999).

3.2.4 Crecimiento y desarrollo de la planta

Fases fenológicas

La fenología se refiere a los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales, cuyo seguimiento es una tarea para agrónomos y agricultores, puesto que, ello servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales riegos, control de plagas y enfermedades, aporques, identificación de épocas críticas; así mismo, le permite evaluar la marcha de la campaña agrícola y tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha, dado que, el estado del cultivo es el mejor indicador del rendimiento.

La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, se han determinado doce fases fenológicas (Mujica y Canahua, 1989).

Emergencia

Es cuando la plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto depende de la humedad del suelo; si el suelo contiene suficiente humedad, la semilla emerge al cuarto o sexto día de la siembra. En esta fase la planta puede resistir a la falta de agua, siempre dependiendo del tipo de suelo; si el suelo es franco arcilloso; si el suelo es franco arenoso, puede resistir aproximadamente hasta siete días. También, la resistencia depende mucho del tipo de siembra; si es al voleo sin hacer surco, no resistirá la sequía; si se siembra también al voleo dentro del surco, podrá resistir la sequía (Aguilar, 1999).

Dos hojas verdaderas

Se presenta cuando después de las hojas cotiledonales aparecen dos hojas extendidas en forma romboidal y aparece el siguiente par de hojas

en forma de botón, ocurre a los 15 a 20 días después de la siembra (Mujica y Canahua, 1989).

Cuatro hojas verdaderas

En esta fase se observan dos pares de hojas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en la yema apical las siguientes hojas del ápice; también se aprecia el inicio de formación de yemas axilares del primer par de hojas; ocurre aproximadamente a 25 a 30 días después de la siembra (Aguilar, 1999).

Seis hojas verdaderas

Esta fase fenológica se distingue, porque se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre aproximadamente a los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas (Aguilar, 1999).

Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas, con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo; también se hace visible la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja,

ocurre aproximadamente a los 45 a 50 días de la siembra (Mujica y Canahua, 1989).

Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; ello puede ocurrir aproximadamente entre los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una notoria elongación del tallo, así como engrosamiento del mismo (Gonzales, 1999).

Panojamiento

La inflorescencia sobre sale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; del mismo modo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, puede ocurrir aproximadamente a los 65 a 75 días después de la siembra (Gonzales, 1999).

Inicio de floración

Esta fase fenológica, generalmente ocurre de 75 a 80 días de la siembra, cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados; esta etapa es muy sensible al efecto de la sequía y helada (Mujica y Canahua, 1989).

Floración

Se considera a esta fase cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase se caracteriza por ser muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, debe observarse la floración a medio día ya en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas; así mismo las plantas comienzan a eliminar las hojas inferiores envejecidas, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, sobre todo en invernaderos o en zonas desérticas calurosas (Mujica y Canahua, 1989).

Grano lechoso

Es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso,

aproximadamente ocurre a 100 a 130 días de la siembra (Mujica y Canahua, 1989).

Grano pastoso

El estado de grano pastoso se diferencia, cuando los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, puede ocurrir aproximadamente a los 103 a 160 días de la siembra (Gonzales, 1999).

Madurez Fisiológica

Esta fase se reconoce cuando el grano formado al ser presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, aproximadamente ocurre a los 160 a 180 días a más después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado de grano (Gonzales, 1999).

3.3 Ácidos húmicos

3.3.1 Propiedades del Humic acid

Se destaca que, es un excelente estimulador del crecimiento vigoroso de las raíces, aspecto muy importante para el establecimiento adecuado y

posterior crecimiento del cultivo, incrementa la actividad microbiana del suelo lo que favorece procesos importantes como la fijación de nitrógeno por bacterias libres, aumenta la capacidad del suelo para la retención del agua evitando que se presenten deficiencias de humedad, incrementa la germinación de las semillas, estimula el crecimiento de la planta acelerando la división celular incrementando de este modo los grados de desarrollo de las raíces, también mejora las características de los suelos salinos y con problemas de toxicidad, incrementa la disponibilidad de elementos nutritivos del suelo (Kanonova,1983).

3.3.2 Definición de los ácidos húmicos

Las sustancias húmicas constituyen el complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo, que se extrae del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras y disolventes orgánicos (Kanonova, 1983).

3.3.3 Origen

Sprengel en el año 1837, fue el primero que estudió de manera exhaustiva el origen, la química y la naturaleza de las sustancias húmicas. El término humus, se utilizó en la antigüedad para hacer referencia a la totalidad del suelo; posteriormente se ha empleado como sinónimo de

materia orgánica, mientras que, en la actualidad, y como ya se mencionó, hace referencia a una fracción de dicha materia orgánica que engloba a un grupo de sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, muy resistente al ataque microbiano, de alto peso molecular, de naturaleza coloidal y propiedades ácidas (Stevenson, 1994).

3.3.4 Composición

Las sustancias húmicas contienen una variedad de grupos funcionales incluyendo COOH, OH fenólicos, OH enólicos, OH alcohólicos, quinonas, hidroxiquinonas, lactonas, entre otros (Stevenson, 1994).

Están constituidas por las siguientes fracciones básicas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácidos hematomelánicos y humina. Stevenson (1994), en sus investigaciones señala que varios grupos funcionales como COOH, fenólicos, quinonas, hidroxiquinonas, lactona, éter y alcoholes, han sido reportados como parte de las sustancias húmicas. Los elementos que en mayor proporción se encuentran en los ácidos húmicos son el carbono y el oxígeno. El contenido de carbono en los ácidos húmicos, está alrededor de 54 a 59%, mientras que la concentración de oxígeno varía entre 33 a 38%.

Los ácidos húmicos son sustancias polímeras coloidales, compuestas por unidades estructurales, las cuales están constituidas de unidades mono estructurales (monómeros), que a su vez están formados por unidades micro estructurales, cada una de las cuales contiene un núcleo, cadena puente y grupo reactivo que consiste de grupo carboxílico y alcohol (Pedroso y Domínguez, 2006).

Las unidades estructurales de las moléculas de los ácidos húmicos fundamentales son compuestos aromáticos de tipo fenólico y nitrogenados, tanto cíclicos (indol, pirimida, purinas y otros), como aminoácidos alifáticos. Los compuestos aromáticos de tipo fenólico constituyen la rejilla de carbono de la molécula de ácido húmico, la presencia de puentes, que unen el sistema de anillos, proporcionan a la rejilla una estructura porosa y esponjosa, este puente puede ser de oxígeno, carbono o nitrógeno. Los ácidos húmicos constituyen la fracción de las sustancias húmicas que precipitan en sustancias acuosas, cuando el pH es menos de 2 (Aiken et al., 1985).

En los procesos del suelo tiene un valor considerable el hecho de que las moléculas de ácidos húmicos no son compactas, sino que, al poseer una estructura esponjosa, con gran cantidad de poros internos, lo que determina de forma significativa, la capacidad de retención del agua y las

propiedades de absorción de los ácidos húmicos. En estado natural, los ácidos húmicos, reserva y fuente de micronutrientes, proporcionan energía a los microorganismos, liberan CO₂, forman y mantienen la estructura del suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención del agua del suelo, amortiguan cambios de pH salinidad en el suelo, incrementan la temperatura del suelo por optimizar los regímenes hídrico, eólico y térmico, incrementan el almacén de nutrimentos, protegen al ambiente de la acción de metales tóxicos y algunos pesticidas (Hayes, 2006; Stevenson, 1994).

3.3.5 Influencia sobre las propiedades físicas del suelo

Los beneficios de los ácidos húmicos se resumen en los siguientes aspectos: su acción coloidal sobre las arcillas forma complejos arcillo – húmicos, base de la fertilidad de un suelo; disgrega las arcillas en los suelos compactos, mejorando de este modo su estructura; da coherencia a los suelos arenosos y ligeros; aumenta la capacidad de retención de humedad, con lo cual se gana eficiencia en el uso del agua; aumenta la penetrabilidad del suelo, mejorando las condiciones de suelos compactos; reduce la evaporación del suelo; transporta nutrientes a la raíz (Pedroso y Domínguez, 2006).

3.3.6 Influencia sobre las propiedades químicas del suelo

La acción de los ácidos húmicos sobre las propiedades del suelo es destacable, por cuanto son los responsables de mejorar del intercambio catiónico de todos los elementos nutrientes del suelo, reducen los efectos de la salinidad del sodio y de todas las sales minerales que forman los fertilizantes químicos; del mismo modo ejercen una acción tampón reguladora de los cambios del pH del suelo, otro beneficio importante es que tienen la propiedad de inmovilizar elementos tóxicos como el aluminio y el estaño; así mismo ayudan a la asimilación de fertilizantes químicos (Pedroso y Domínguez, 2006).

3.3.7 Influencia sobre las propiedades biológicas del suelo

La acción positiva de los ácidos húmicos, también se observa en las propiedades biológicas del suelo, por lo mismo que estimulan la proliferación de la microflora y microfauna, favorecen la capacidad germinativa de las semillas, mediante sus componentes estimulan el desarrollo radicular y su capacidad explorativa, ayudan a la síntesis de ácidos nucleicos y a la constitución de núcleos celulares y de los cloroplastos, otro beneficio está referido a su acción antitóxica y desestresante, igualmente tienen acción estructural y energética al

intervenir en la constitución de los tejidos y en la síntesis de los monosacáridos (SEPHU, 1992).

Importancia de los ácidos húmicos

La importancia de los ácidos húmicos en el suelo radica en el mantenimiento de los cationes en forma disponibles para las plantas, además de favorecer su transporte hacia la raíz (Bongiovanni y Lobartini, 2009). También contribuyen a dar estabilidad a los agregados del suelo Sin embargo, la acción estabilizante de los ácidos, depende de la naturaleza del material de origen, composición química de los ácidos húmicos, los grupos funcionales que presenten en su estructura molecular y del clima. Al considerar el efecto de los ácidos húmicos en el suelo, es probable que al agregar estos ácidos, obtenidos a partir de Leonardita, se incremente la estabilidad de los agregados del suelo (López et al., 2006).

3.4 Marco referencial

3.4.1 Producción de la quinua

En el Perú y Bolivia, se encuentran los principales productores de quinua, dicha producción hasta hace poco tiempo atrás era consumida principalmente por las familias productoras, otra parte se vendía en los mercados locales y solo un pequeño porcentaje de dicha producción era

vendida a los mercados externos, esta situación ha tenido un cambio debido a que en la actualidad se ha incrementado las exportaciones. Se debe tener en cuenta que otros países como Argentina, Colombia y Chile vienen incursionando en la siembra de este cultivo.

En el caso del Perú, el principal departamento donde se concentra el mayor volumen de producción es Puno, con 84%; los demás departamentos aportan con menos del 5% a la producción nacional, esto se debe a las condiciones agro ecológicas de esta región, a su biodiversidad y al conocimiento ancestral de este cultivo por parte de sus pobladores; la producción a nivel nacional ha crecido en 83,3% en los últimos diez años, esto debido principalmente al incremento de las áreas cultivadas y a la mejora de los rendimientos (Soldevilla, Mujica, y Jacobsen, 2000).

3.4.2 Internacionalización de la demanda de quinua

Debido a sus cualidades nutricionales, la quinua tiene aceptación principalmente en los mercados internacionales de los Estados Unidos de Norte América, Canadá, Japón; ya que por su calidad proteínica está considerada como uno de los mejores granos del mundo. El mercado internacional demanda de quinua de grano homogéneo en tamaño y color, libre de impurezas y con bajo contenido de saponina; además, se

exige certificación como producto orgánico. El mercado de Japón es el más exigente en cuanto a calidad, ellos piden una certificación del grano y la reprocesan para alcanzar los grados de calidad exigidos por sus consumidores (MINAG, 2011).

3.5 Antecedentes

Aguilar (2015). En su investigación efecto de ácidos húmicos comerciales en dos variedades de quinua, indica que la aplicación de los ácidos húmicos logro un rendimiento de grano de quinua en la variedad salcedo INIA de 3,305 t/ha y en la variedad Real boliviana con un rendimiento de 3,671 t/ha.

Gutiérrez et al. (2015). En su ensayo concluye que, los ácidos húmicos obtenidos a partir de Leonardita incrementaron la estabilidad de los agregados de suelos cultivados bajo condiciones de invernadero. El pH de la solución de ácidos húmico fue un factor que influyó en el efecto de éstos en el suelo; el efecto de los ácidos húmicos fue mejor a pH 7. Esto se debe a que dichos efectos influyen directamente en la estabilidad de agregados e inversamente en la densidad aparente del suelo. Sin embargo, aun cuando se incrementó la estabilidad de los agregados, éstos se consideraron como inestables o con poca estabilidad. Por otra parte, la aplicación de los ácidos húmicos también contribuye al desarrollo

radical de las plantas de melón. Esto es debido a la promoción de dicho desarrollo e inducción del incremento de sus xilemas, sin disminuirlos en la etapa de fructificación. En este estudio se demostró la influencia de los ácidos húmicos de origen mineral en la estabilidad de los agregados del suelo.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental, porque el estudio considera la manipulación de la variable independiente, mediante la aplicación de tratamientos de acuerdo a los principios del método científico.

4.2 Población y muestra

La muestra estuvo constituida por plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) comprendidas en cada unidad experimental.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en Cerro Blanco (lateral 5 A del canal de Uchusuma) Distrito de Calana, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna; ubicado geográficamente a una altitud de 848 msnm, a 17° 56' 18" de latitud sur, y a una longitud de 70° 10' 50".

4.3.2 Historial del campo experimental

En el año anterior se cultivó maíz, culminado su periodo vegetativo, el campo estuvo en descanso por el lapso de seis meses.

4.3.3 Situación edáfica del campo experimental

El análisis de caracterización del suelo, se realizó en los laboratorios de análisis de suelos, plantas aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Facultad de Agronomía – Departamento de Suelos) de Lima, cuyos resultados se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de caracterización del suelo del campo experimental

Cualidades generales		
Textura	Fr. A.	Franco arenoso
Arena	58	%
Limo	30	%
Arcilla	12	%
Calcáreos		
CaCO ₃	1	%
pH	7,62	
C.E. (sales)	5,08	dS/m
Nutrición principal		
Materia orgánica	2,11	%
N (total)	8,44	ppm
P	49,6	ppm
K	1281	ppm
C.I.C.	15,68	meq/100
Ca	9,04	meq/100
Mg	3,23	meq/100
K	2,85	meq/100
Na	0,56	meq/100

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes – UNALM, Lima 2016

El suelo experimental se caracteriza por ser de clase textural franco arenoso, adecuado para el cultivo de quinua; el análisis con respecto a las características químicas indica que el pH es de 7,62 por lo que se considera que se trata de un suelo neutro, la conductividad eléctrica tiene un valor de 5,08 dS/m lo que indica que se trata de un suelo moderadamente salino; su contenido de materia orgánica es de 2,11% lo que indica una clasificación media. La capacidad de intercambio de cationes es de 15,69 meq/100 g se califica como valor medio.

El contenido de fósforo es de 49,60 ppm que se considera alto, así como el de potasio que es de 1 281 ppm. En general se puede señalar que el suelo no presenta valores extremos que resulten restrictivos para el cultivo de la quinua, que puede prosperar en un amplio rango de tipos de suelos, conductividades eléctricas altas e inclusive pH ácido.

4.3.4 Condiciones meteorológicas

Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica del SENAMHI; se consideró el periodo comprendido entre agosto a diciembre del año 2015, que corresponde a la fase de campo del trabajo experimental, los valores se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo agosto a diciembre del año 2015

Meses	Temperatura (°C)		Humedad relativa mensual (%)	Precipitación Total mensual (mm)
	Máxima	Mínima		
Agosto	21,00	8,70	82,00	9,40
Setiembre	23,60	10,60	79,00	5,40
Octubre	23,70	12,20	80,00	7,70
Noviembre	24,10	12,90	80,00	3,20
Diciembre	25,80	14,50	77,00	3,90

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) estación CP- Calana – Tacna 2015.

Las temperaturas mínimas registradas, muestran que, en el mes de noviembre y diciembre, fueron las más altas con 12,9 y 14 °C, en tanto que la temperatura mínima promedio más baja se presentó en el mes de agosto con 8,70 °C. Las temperaturas máximas ocurrieron en los meses de noviembre y diciembre con 24,10 y 25,80 °C respectivamente; estos valores se encuentran próximos al rango señalado por Mujica (1994), que indica que las temperaturas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de la quinua están alrededor de 15 a 20 °C.

La precipitación mensual registrada, indica que en el mes de agosto se presentó el valor más alto con 9,4mm, mientras que en el mes de noviembre las precipitaciones llegan a 3,2mm, y en mes de setiembre fue de 5,4 mm; en consecuencia, se puede mencionar que las precipitaciones fueron insignificantes características de la zona.

4.3.5 Material experimental

El material experimental estuvo constituido por la variedad de quinua Salcedo INIA, cuya semilla certificada fue proveniente del INIA – Puno, además del ácido húmico comercial Acid Humic.

Variedad Salcedo INIA

Esta variedad se obtuvo mediante selección masal, a partir del cruzamiento entre las variedades Real Boliviana x Sajama, material genético proveniente de la estación experimental de Patacamaya. Esta variedad se logró en la estación experimental Salcedo INIA (Programa de Investigación de Cultivos Andinos PICA), la planta es de color verde, con inflorescencia glomerulada, la altura es de 1,80 m, caracteriza por presentar granos de tamaño grande de 1,8 a 2 mm de diámetro, de color blanco, sin saponina, período vegetativo de 160 días en condiciones del altiplano (precoz), potencial de rendimiento de 3 500 kilogramos por hectárea; también se le considera resistente a heladas (- 2 °C), al mismo tiempo tolerante al mildiu; se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre, y otros como en costa y valles interandinos (Mujica et al., 2013).

Humic acid (Grow more)

Es un producto natural compuesto por un complejo de moléculas orgánicas, formado como resultado de la transformación de la materia orgánica procedente de la leonardita. Útil para complementar las aplicaciones de los fertilizantes al suelo, es un excelente vehículo para la asimilación y transporte de productos, de aplicación foliar y al suelo.

4.3.6 Tratamientos

Para la investigación, se consideraron cinco niveles de ácido húmico:

1. Tratamiento 1: 0 l/ha
2. Tratamiento 2: 2 l/ha
3. Tratamiento 3: 4 l/ha
4. Tratamiento 4: 6 l/ha
5. Tratamiento 5: 8 l/ha

Tabla 5. Niveles de ácido húmico “Humic Acid” por hectárea.

Humic Acid (l/ha)	Cantidad fraccionada para cuatro aplicaciones (ml)			
	1	2	3	4
2	500	500	500	500
4	1 000	1 000	1 000	1 000
6	1 500	1 500	1 500	1 500
8	2 000	2 000	2 000	2 000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Niveles de ácido húmico “Humic Acid” por cada aplicación.

Tratamientos	Niveles de Humic Acid (ml)	Volumen de agua por aplicación
T1 (testigo)	0	0
T2	3,6	720
T3	7,2	1 440
T4	10,8	2 160
T5	14,4	2 880

Fuente: elaboración propia.

4.3.7 Variables en estudio

a. Altura de planta

Las mediciones se realizaron utilizando una cinta métrica, desde el inicio del tallo hasta el ápice de planta; se consideraron diez plantas de quinua por cada unidad experimental.

b. Longitud de panoja

Esta variable se midió desde el nudo ciliar o base de la panoja hasta la parte apical de la misma, las medidas se tomaron al momento de la cosecha, para lo cual se consideraron diez plantas de quinua por unidad experimental.

c. Ancho de panoja

La medición de esta variable se realizó inmediatamente después de la cosecha, para ello las plantas se colocaron sobre una mesa, se tomaron diez plantas por unidad experimental; el criterio de medición fue en la zona central de la panoja.

d. Peso de panoja

Esta variable se midió utilizando una balanza electrónica de precisión, para ello se tomaron las panojas de diez plantas por unidad experimental, las que se pesaron individualmente, la medición se realizó en plantas seleccionadas previamente.

e. Peso de grano por planta

La medición se realizó con una balanza electrónica, se pesó el total de los granos limpios de cada una de diez plantas por unidad experimental marcadas previamente, después del secado, venteado y selección.

f. Peso seco de raíces

Se tomaron las raíces de diez plantas por unidad experimental, las que sometieron a la estufa por aproximadamente 30 horas a una temperatura

de 85 °C, hasta que las muestras tuvieron peso constante, se utilizó una balanza electrónica.

g. Rendimiento de grano por hectárea

Los datos de rendimiento de grano limpio y seco de cada unidad experimental, se llevaron a hectárea para ser expresados en toneladas.

4.3.8 Diseño experimental

Para la ejecución del trabajo de investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total 20 unidades experimentales. El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Es la j-ésima parcela dentro del i-ésimo tratamiento.

μ = Es la media general.

T_i = efecto debido al i-ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ijk} = error experimental asociado al j-ésimo bloque del i-ésimo tratamiento.

4.3.9 Características del campo experimental

Largo: 24 m

Ancho: 15 m

Área total: 360 m²

Características de los bloques

Largo: 15 m

Ancho: 6 m

Área: 18 m²

Características de la unidad experimental

Largo: 6 m

Ancho: 3 m

Área: 18 m²

4.3.10 Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental

BLOQUE I	T2	T0	T1	T4	T3
BLOQUE II	T0	T4	T3	T1	T2
BLOQUE III	T3	T4	T2	T0	T1
BLOQUE IV	T1	T2	T4	T3	T0

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental

Fuente: Elaboración propia

4.3.11 Análisis estadístico

Se realizó utilizando la técnica del análisis de varianza, la prueba estadística correspondió a la prueba de F a un nivel de significación α 0,05 y 0,01; para analizar las variables de respuesta con respecto a los niveles de ácido húmico, se realizó el análisis de regresión.

4.3.12 Conducción del experimento

4.3.12.1 Preparación del terreno

La roturación, rastrado y nivelación, se realizó de forma mecanizada; el surcado se hizo de forma manual con palas picos y rastrillos; al fondo del surco se incorporó estiércol a razón de cinco toneladas por hectárea,

además de los fertilizantes de fósforo y potasio; posteriormente se aplicaron riegos cada tres días para facilitar la descomposición de la materia orgánica y de este modo quede apto para la siembra.

4.3.12.2 Toma de muestra de suelo para análisis en laboratorio

A la culminación de las labores de preparación del terreno y antes de la aplicación del estiércol y fertilizantes, se procedió a tomar las muestras del suelo a una profundidad de 25 cm, el número de sub muestras fueron de seis; para ello se recorrió el campo experimental en zigzag. Las sub muestras posteriormente se homogenizaron y se extrajo una muestra única de 1 kilogramo para su envío al laboratorio.

4.3.12.3 Tendido de cintas y marcado del terreno

Las cintas de riego utilizadas fueron nuevas, se extendieron a un distanciamiento de un metro entre ellas, para luego comprobar su funcionamiento. Para el marcado del campo experimental se utilizó yeso, con el cual se demarcaron tanto los bloques como las unidades experimentales respectivas.

4.3.12.4 Siembra

La siembra se realizó en el mes de julio del 2015, durante la estación de invierno, esta labor se realizó de forma manual; las semillas de quinua

se depositaron a una profundidad de 1 cm y a la modalidad de chorro continuo, el tapado fue muy superficial, pero suficiente para proteger a la semilla de las aves y facilitar la germinación de las semillas; previamente a la siembra las semillas fueron desinfectadas para evitar el ataque de hongos en las primeras fases fenológicas del cultivo.

4.3.12.5 Fertilización

La fertilización se realizó teniendo como referencia la siguiente formulación: 140 – 50 – 50 de N – P₂O₅ – K₂O. La fuente de nitrógeno empleada fue la urea, como fuente de fósforo se utilizó súper fosfato triple de calcio y como fuente potásica sulfato de potasio.

La primera fertilización se realizó antes de la siembra, la cual se hizo con fósforo y potasio, que se aplicó como abono de fondo, el nitrógeno se aplicó en dos fracciones, la primera después del raleo o entresaque y la segunda al momento del aporque.

4.3.12.6 Aplicación de ácido húmico

Se realizaron cuatro aplicaciones de ácido húmico directamente al suelo y después del riego, con ayuda de una regadera. Las aplicaciones se realizaron después del raleo y culminó en la época de floración. Los niveles a aplicados en el experimento, se definieron siguiendo las

recomendaciones del fabricante y en las fechas que se indican a continuación:

1. Primera aplicación: a los 25 días de la siembra.
2. Segunda aplicación: a los 40 días de la siembra.
3. Tercera aplicación: a 55 días de la siembra
4. Cuarta aplicación: a los 70 días de la siembra.

4.3.12.7 Riegos

La aplicación de los riegos se realizó teniendo como referencia el contenido de humedad del suelo, procurando que el suelo se encuentre próximo a la capacidad de campo y tomando en consideración la fase fenológica del cultivo.

4.3.12.8 Deshierbado

Esta labor se realizó de manualmente de forma permanente, para evitar de este modo la competencia de las malezas con el cultivo.

4.3.12.9 Raleo o entresaque

Se realizó cunado las plantas tuvieron aproximadamente 12 cm de altura, se eliminaron aquellas plántulas que no presentaron el vigor

requerido, las más pequeñas, dejando entre planta y planta una distancia de 10 centímetros aproximadamente.

4.3.12.10 Plagas y enfermedades

En las primeras fases fenológicas del cultivo, la plaga más agresiva fue el gusano de tierra (*Prodenia* sp.), que se controló con aplicaciones de un insecticida de contacto (Lorsban) a una dosis de 25 ml por mochila de 20 litros, se aplicó de manera ligera con ayuda de un aspersor Jacto. Posteriormente los controles de plagas como mosca minadora se hicieron de manera preventiva.

Entre las enfermedades se presentó el mildiu causado por *Peronospora farinosa*, que, si bien la variedad de quinua utilizada tiene cierto nivel de tolerancia, se controló con aplicaciones de Vacomil a una dosis de 20g por mochila de 20 litros.

4.3.12. 13 Cosecha

La cosecha o ciega, se realizó cuando las plantas alcanzaron la fase de madurez fisiológica. Se procedió a segar las plantas eliminando 0,50 m en cada extremo de la unidad experimental para evitar el efecto de borde.

El corte fue en forma manual, se colectaron las plantas segadas con sus respectivas identificaciones esto para registrar los datos en forma

adecuada (peso de panojas, ancho y otros), se preparó mantas y recipientes para su traslado al laboratorio.

El grano limpio se pesó para determinar el rendimiento por parcela y hectárea.

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1. Altura de planta

Tabla 7. Análisis de varianza de altura de planta (cm) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	71,7160	23,905333	1,11	ns
Tratamientos	4	2388,1630	597,040750	27,76	**
Error exp.	12	258,0490	21,504083		
Total	19	2717,9280			

Fuente: Elaboración propia.

CV = 4,18%

Los resultados encontrados en el análisis de varianza de altura de planta de quinua (tabla 7), muestran que no se presentaron diferencias estadísticas entre bloques, por lo que se asume que el medio experimental fue homogéneo; en cambio para el caso de tratamientos se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que implica que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, influyeron de manera visible en la variable altura de planta de la variedad Salcedo INIA. El coeficiente de variabilidad de 4,18%, indica que los resultados son confiables.

Con propósito de determinar con mayor precisión el efecto de los niveles de ácido húmico en esta variable, se procedió a realizar el análisis de regresión.

Tabla 8. Análisis de varianza de regresión de altura de planta de quinua, con niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	2119,9360	2119,93600	63,81 **
Error exp.	18	597,9920	33,22178	
Total	19	2717,9280		

Fuente: Elaboración propia.

$R^2 = 78\%$

El análisis de varianza de regresión para altura de planta (tabla 8), presentó alta significancia estadística, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos de los ácidos húmicos en la altura de planta de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 78% de la variación de altura de planta de quinua se debe a la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Tabla 9. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de altura de planta de quinua, con niveles de ácido húmico

Predictor	Coficiente	Tc	Significancia
Constante	96,50	43,23	**
Lineal	3,64	7,99	**

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de altura de planta de quinua (tabla 9), muestra que el componente lineal resultó

altamente significativo, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 96,50 + 3,64A$$

La respuesta de tipo lineal encontrada, pone en evidencia que los niveles de ácido húmico aplicados influyeron de manera diferenciada en la variable altura de planta, la misma que se incrementa a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta 8 litros por hectárea que constituye el nivel máximo utilizado en el presente estudio.

Para una mejor apreciación de los resultados, a continuación, se presenta la figura número 4, que es el gráfico de la regresión.

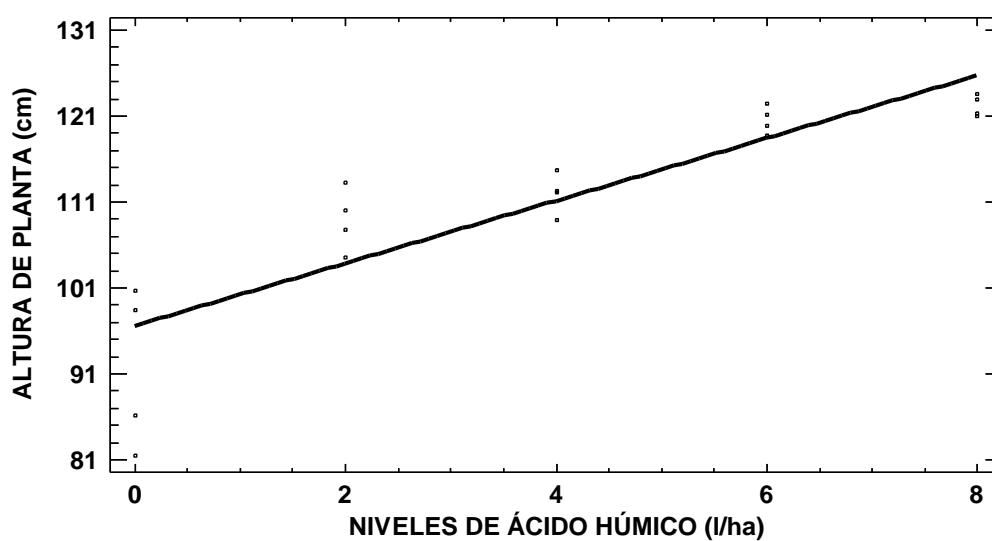


Figura 2. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de la altura de planta de quinua variedad Salcedo INIA.

Los resultados de los análisis de la variable altura de planta, muestran que la aplicación de ácido húmico al suelo influyó notoriamente en la altura de planta de quinua, incrementándose a medida que se eleva la dosis a partir de cero hasta ocho litros por hectárea. En la figura que antecede, se aprecia que la altura de planta varió desde 95,5 cm hasta un máximo de 125,62 cm; por lo que se considera que el ácido húmico hasta el nivel utilizado en la investigación, no influye de manera negativa en la expresión de altura de planta de la variedad Salcedo INIA, sino que favorece el crecimiento registrándose plantas de mayor tamaño a mayores niveles de ácido húmico.

5.2. Longitud de panoja

Tabla 10. Análisis de varianza de longitud de panoja (cm) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	71,707	23,9026667	1,13	ns
Tratamientos	4	461,345	115,3362500	5,46	**
Error exp.	12	253,647	21,1372500		
Total	19	786,700			

Fuente: Elaboración propia.

CV=8,86%

Según los resultados del análisis de varianza de longitud de panoja (tabla 10), no se observa diferencias estadísticas entre bloques, lo que indica que el medio experimental fue homogéneo; contrariamente para el caso de tratamientos, se encontraron diferencias estadísticas altamente

significativas, por lo que se infiere que los niveles de ácido húmico aplicados influyeron en la expresión de la variable longitud de panoja de la variedad Salcedo INIA. El coeficiente de variabilidad de 8,86%, se encuentra en el rango de aceptación para experimentos en condiciones de campo.

A fin de determinar con mayor precisión el efecto de los niveles de ácido húmico en esta variable, se procedió a realizar el análisis de regresión.

Tabla 11. Análisis de varianza de regresión de longitud de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	316,96900	361,6900	12,15 **
Error exp.	18	469,73100	26,09617	
Total	19	786,70000		

Fuente: Elaboración propia.

$R^2 = 40,29\%$

En la tabla 11, se presenta el análisis de varianza de la regresión, en la que se observa que resultó con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos de los ácidos húmicos en la variable longitud de panoja de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 40,29% de la variación de longitud de panoja de quinua, obedece a la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Para mayor precisión de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes.

Tabla 12. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de longitud de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico

Predictor	Coefficiente	Tc	Significancia
Constante	46,27	23,39	**
Lineal	1,4075	3,49	**

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de longitud de panoja de quinua (tabla 12), muestra que el componente lineal resultó altamente significativo, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 46,27 + 1,4075A$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función lineal, lo que significa que los niveles de ácido húmico aplicados influyeron de manera positiva en la variable longitud de panoja de plantas de quinua, la misma que se incrementa a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta 8 litros por hectárea que constituye el nivel máximo utilizado en el presente estudio

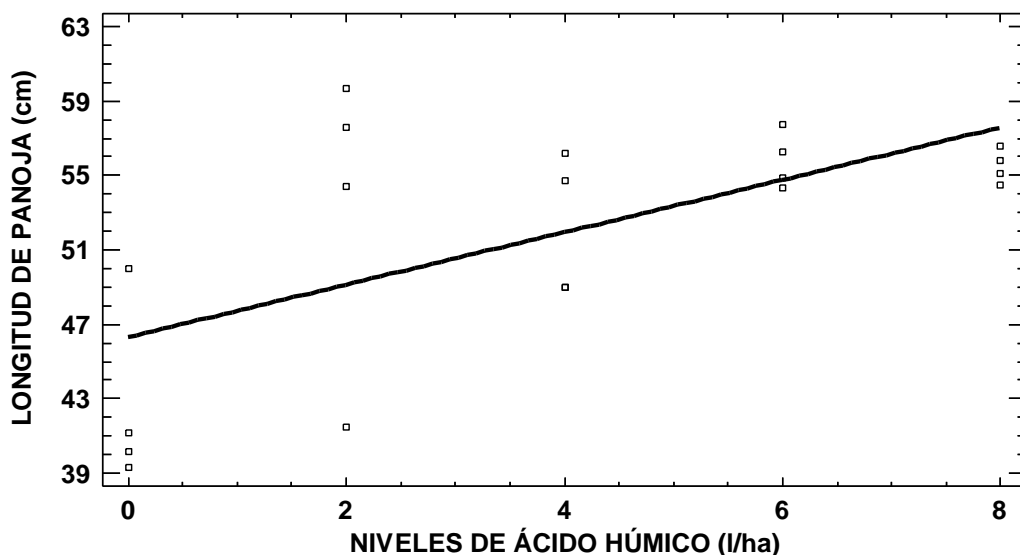


Figura 3. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de longitud de panoja de quinua variedad Salcedo INIA.

Los resultados de los análisis de la variable longitud de panoja, muestran que la aplicación de ácido húmico al suelo influyó evidentemente en la longitud de panoja de quinua, incrementándose a medida que se eleva la dosis a partir de cero hasta ocho litros por hectárea. En la figura 3, se aprecia que la longitud de panoja varió desde 46,27 cm hasta un máximo de 59,31 cm; por lo que se considera que el ácido húmico hasta ocho litros por hectárea, influye de manera positiva en la expresión de la longitud de panoja de la variedad Salcedo INIA, permitiendo la obtención de panojas de mayor tamaño.

5.3 Ancho de panoja

Tabla 13. Análisis de varianza de ancho de panoja (cm) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	8,0488600	2,6829533	0,94	ns
Tratamientos	4	139,0978800	34,7744700	12,16	**
Error exp.	12	34,3224400	2,8602033		
Total	19	181,4691800			

Fuente: Elaboración propia.

CV=11,68%

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza de ancho de panoja (tabla 13), no se observa diferencias estadísticas entre bloques, lo que indica que el medio experimental fue homogéneo; sin embargo, para el caso de tratamientos, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se infiere que los niveles aplicados influyeron en la expresión de la variable ancho de panoja de la variedad Salcedo INIA. El coeficiente de variabilidad de 11,68%, se encuentra en el rango de aceptación para experimentos en condiciones de campo.

Para determinar con mayor aproximación el efecto de los niveles de ácido húmico en esta variable, se procedió a realizar el análisis de regresión.

Tabla 14. Análisis de varianza de regresión de ancho de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	91,38529	91,38529	18,26 **
Error exp.	18	90,08389	5,00466	
Total	19		181,46918	

Fuente: Elaboración propia.

$R^2 = 50,36\%$

El análisis de varianza de regresión de ancho de panoja (tabla 14), resultó con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos de los ácidos húmicos en la expresión del ancho de panoja de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 50,36% de la variación del ancho de panoja de quinua, obedece a la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Para mayor precisión de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes.

Tabla 15. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de ancho de panoja de quinua, con niveles de ácido húmico

Predictor	Coficiente	Tc	Significancia
Constante	11,45800	13,22	**
Lineal	0,75575	4,27	**

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de ancho de panoja de quinua (tabla 14), muestra que el componente lineal resultó con alta significancia estadística, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 11,45800 + 0,75575A$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función lineal, lo que implica que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, permitieron el incremento progresivo de la variable ancho de panoja de plantas de quinua, la misma que muestra valores mayores a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta 8 litros por hectárea que constituye el nivel máximo utilizado en el presente estudio. No se observó efectos negativos o reducción del ancho de panoja en relación al nivel cero.

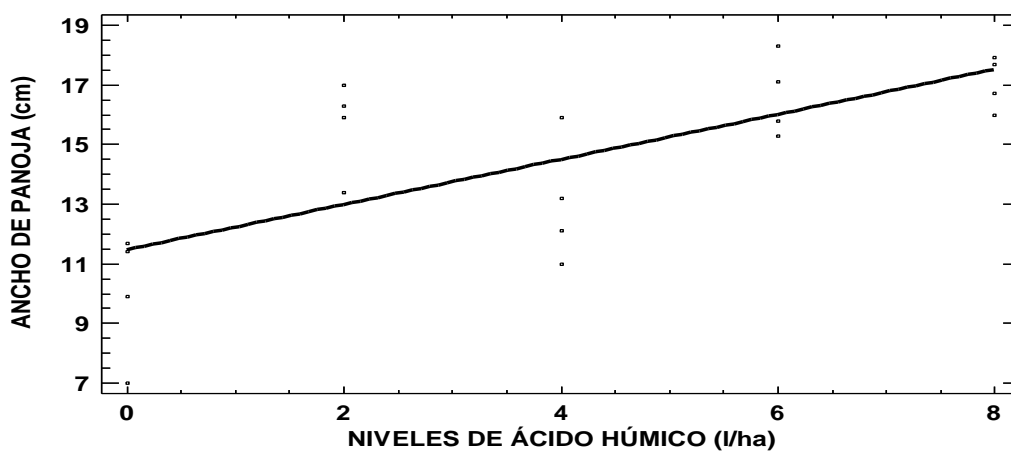


Figura 4. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de ancho de panoja de quinua variedad Salcedo INIA.

Los resultados obtenidos para la variable de respuesta ancho de panoja, muestran que la aplicación de ácido húmico al suelo influyó notoriamente en la expresión de esta característica, incrementándose a medida que se eleva la dosis a partir de cero hasta ocho litros por hectárea. En la figura que antecede, se aprecia que el ancho de panoja por planta varió desde 11,458 cm hasta un máximo de 17,504 cm; por lo que se considera que el ácido húmico hasta el nivel utilizado en la investigación, favoreció el ancho de panoja de la variedad Salcedo INIA.

5.4 Peso de panojas

Tabla 16. Análisis de varianza de peso de panojas por planta (g) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	203,218000	67,739333	1,98	ns
Tratamientos	4	6443,922000	1610,980500	47,14	**
Error exp.	12	410,102000	34,175167		
Total	19	7057,242000			

Fuente: Elaboración propia.

CV = 4.11%

Según los resultados del análisis estadístico de peso de panojas (tabla 16), no se observa diferencias estadísticas entre bloques, lo que indica que el medio experimental fue homogéneo; sin embargo, con respecto a los tratamientos, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se infiere que los niveles de ácido húmico

aplicados influyeron en la expresión de la variable peso de panojas de la variedad Salcedo INIA. El coeficiente de variabilidad de 4,11%, se encuentra en el rango de aceptación para experimentos en condiciones de campo.

La significación estadística para tratamientos, indica que el análisis de los resultados debe continuar con la prueba de regresión.

Tabla 17. Análisis de varianza de regresión de peso de panojas por planta de quinua, con niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	2	3815,87071	1907,93536	10,01 **
Error exp.	17	3241,37129	190,66890	
Total	19	7057,24200		

Fuente: Elaboración propia.

$R^2 = 54,07$

El análisis de varianza de regresión de peso de panoja, se presenta en la tabla 17, el que resultó con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es pertinente para conocer el efecto del ácido húmicos en la expresión del ancho de panoja de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 54,07% de la variación del peso de panojas de quinua, obedece a la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Para mejor apreciación de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes de regresión.

Tabla 18. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso de panojas por planta de quinua, con niveles de ácido húmico.

Predictor	Coefficiente	Tc	Significancia
Constante	117,22286	18,04	**
Lineal	12,319641	3,20	**
Cuadrático	- 1,00714	- 2,18	*

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de ancho de panoja de quinua (tabla 18), muestra que el componente lineal fue altamente significativo; en tanto que el componente cuadrático resultó con significancia estadística, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 117,22286 + 12,319641A - 1,00714A^2$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función cuadrática, lo que implica que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, permitieron el incremento progresivo de la variable peso de panojas de plantas de quinua, la misma que muestra valores ascendentes a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta alcanzar un límite máximo, a mayores niveles, el peso de las panojas ya no se incrementa.

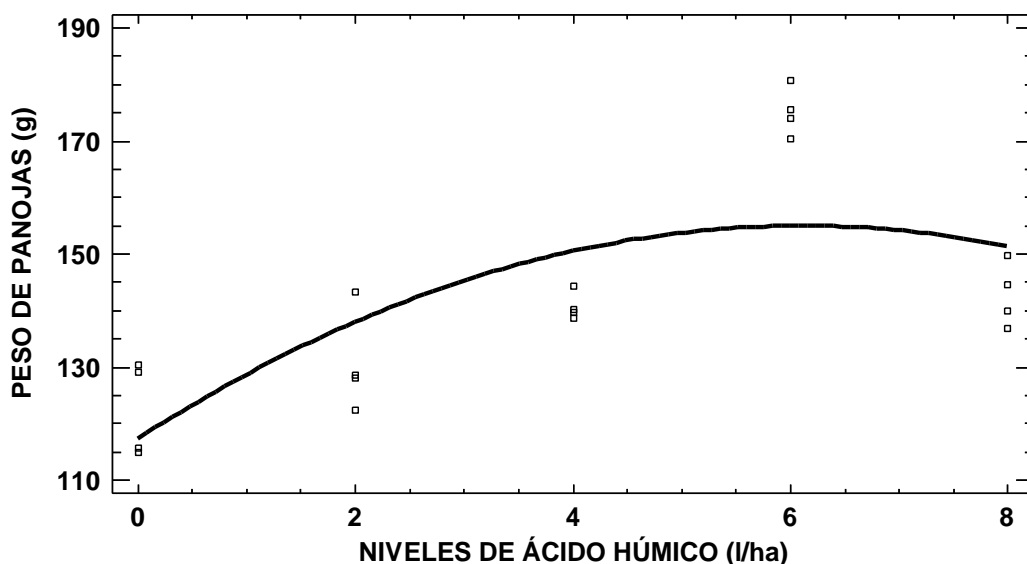


Figura 5. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de peso de panojas por planta de quinua variedad Salcedo INIA.

En la figura 5, se visualiza el gráfico de la función de respuesta para peso de panojas por planta, en el que se observa los cambios del peso de peso de panojas en relación a los niveles de ácido húmico aplicados al suelo. Los resultados indican que al derivar la ecuación encontrada, el nivel más alto de ácido húmico permisible fue 6,12 litros por hectárea, con el cual el peso máximo de panojas por planta fue de 154,897 gramos. Los resultados indican que cantidades superiores de ácido húmico no favorecen el incremento del peso de panojas.

5.5. Peso de grano por planta

Tabla 19. Análisis de varianza de peso de grano por planta (g) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	46,889695	15,629898	0,89	ns
Tratamientos	4	3923,775480	980,943870	55,99	**
Error exp.	12	210,244280	17,520357		
Total	19	4180,909455			

Fuente: Elaboración propia

CV = 4,4%

Según los resultados del análisis de varianza de peso de grano por planta (tabla 19), no se observa diferencias estadísticas entre bloques, lo que indica que el medio experimental fue homogéneo; sin embargo, para el caso de tratamientos, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se admite que los niveles de ácido húmico aplicados influyeron en la expresión del peso de grano por planta de la variedad Salcedo INIA. El coeficiente de variabilidad de 4,4%, se encuentra en el rango de aceptación para experimentos en condiciones de campo.

La significación estadística para tratamientos, indica que el análisis de los resultados debe continuar con la prueba de regresión.

Tabla 20. Análisis de varianza de regresión de peso de grano por planta de quinua, con niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	2	2722,82455	1361,41228	15,87 **
Error exp.	17	1458,08490	85,76970	
Total	19	4180,90946		

Fuente: Elaboración propia $R^2 = 65,13\%$

El análisis de varianza de regresión de peso de grano por planta, se presenta en la tabla 20, el que resultó con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es idóneo para conocer el efecto de los niveles de ácido húmico en la expresión del ancho de panoja de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 65,13% de la variación del peso de panojas de quinua, es consecuencia de la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Para mejor apreciación de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes de regresión.

Tabla 21. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso de grano por planta de quinua, con niveles de ácido húmico

Predictor	Coefficiente	Tc	Significancia
Constante	74,59436	17,12	**
Lineal	9,12639	3,54	**
Cuadrático	- 0,66402	- 2,15	*

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de ancho de panoja de quinua (tabla 21), muestra que el componente lineal fue altamente significativo; en tanto que el componente cuadrático resultó con significancia estadística, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 74,59436 + 9,12639A - 0,66402A^2$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función cuadrática, lo que significa que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, permitieron el incremento progresivo de la variable peso de grano por planta de quinua, la misma que muestra valores ascendentes a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta alcanzar un límite máximo, a mayores niveles, no se verifica el incremento del peso de grano por planta.

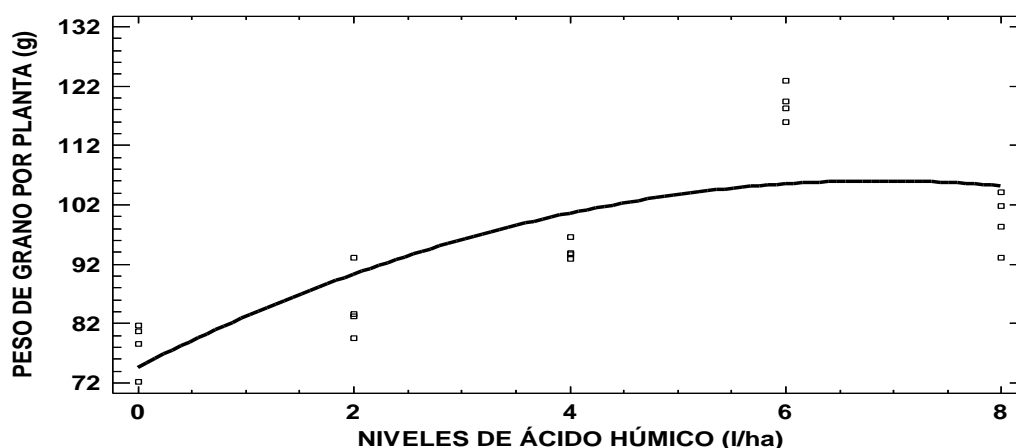


Figura 6. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de peso de grano por planta de quinua variedad Salcedo INIA.

En la figura 6, se presenta el gráfico de la función de respuesta para peso de grano por planta, en el que se observa los cambios del peso de grano por planta en relación a los niveles de ácido húmico aplicados al suelo. Los resultados muestran que al derivar la ecuación encontrada, el nivel más alto de ácido húmico permisible fue 6,87 litros por hectárea, con el cual el peso máximo de grano por planta fue de 90,09 gramos. Los resultados además indican que cantidades superiores de ácido húmico no son recomendables para mejorar el peso de grano por planta de quinua.

5.6. Peso seco de raíz por planta

Tabla 22. Análisis de varianza de peso seco de raíz por planta (g) de quinua, con cinco niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	5,5380	1,8460000	1,67	ns
Tratamientos	4	88,6050	22,1512500	20,7	**
Error exp.	12	13,2470	1,1039167		
Total	19	107,3900			

Fuente: Elaboración propia.

CV = 11,87%

Los resultados encontrados en el análisis de varianza de peso seco de raíz de quinua (tabla 22), muestran que no se presentaron diferencias estadísticas entre bloques, por lo que se asume que el medio experimental fue homogéneo; en tanto que para el caso de tratamientos se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que

implica que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, influyeron de manera visible en el peso seco de raíz por planta. El coeficiente de variabilidad de 11,87%, indica que los resultados son confiables.

La significación estadística para tratamientos, demuestra que el análisis de los resultados debe continuar con la prueba de regresión.

Tabla 23. Análisis de varianza de regresión de peso seco de raíz de quinua, con niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	87,32025	87,32025	78,32 **
Error exp.	18	20,06975		
Total	19	107,39000		

Fuente: Elaboración propia.

$R^2 = 81,33\%$

El análisis de varianza de regresión de peso seco de raíz (tabla 23), resultó con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos de los ácidos húmicos en la expresión del ancho de panoja de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 81,33% de la variación del ancho de panoja de quinua, obedece a la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Para mayor análisis de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes.

Tabla 24. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso seco de raíz de quinua, con niveles de ácido húmico

Predictor	Coficiente	Tc	Significancia
Constante	5,89500	0,40896	**
Lineal	0,73875	0,08348	**

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso seco raíz de quinua (tabla 24), muestra que el componente lineal resultó con alta significancia estadística, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 5,89500 + 0,73875A$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función lineal, lo que implica que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, permitieron el incremento progresivo de la variable peso seco de raíz de plantas de quinua, la misma que muestra valores mayores a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta 8 litros por hectárea que constituye el nivel máximo utilizado en el presente estudio. No se presentaron efectos negativos o reducción de los valores en relación al nivel cero.

A continuación, se presenta el gráfico correspondiente a la función de respuesta.

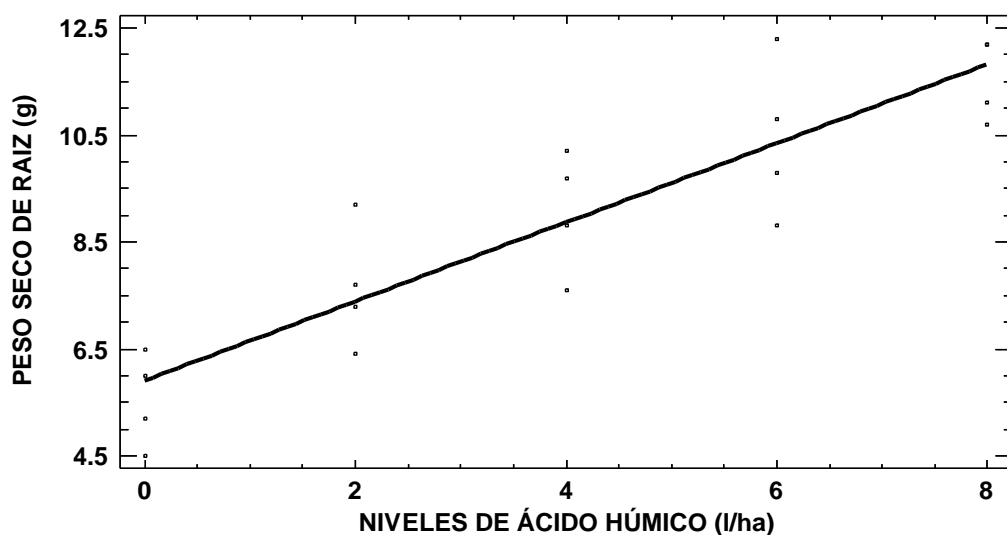


Figura 7. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de peso seco de raíz de quinua variedad Salcedo INIA.

Los resultados obtenidos para la variable de respuesta peso seco de raíz, ponen en evidencia que la aplicación de ácido húmico al suelo influyó significativamente en la expresión de esta característica, incrementándose a medida que se eleva la dosis a partir de cero hasta ocho litros por hectárea. En la figura 7, se observa que el peso seco de raíz por planta varió desde 5,89 gramos hasta un máximo de 11,81 gramos; por lo que se considera que el ácido húmico hasta el nivel utilizado (8 litros por hectárea) en la investigación, permitió el incremento del peso seco de raíz de la variedad Salcedo INIA.

5.7. Rendimiento de grano por hectárea

Tabla 25. Análisis de varianza de rendimiento de grano de quinua (t/ha), con cinco niveles de ácido húmico

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	3	0,04400634	0,01466878	1,09	ns
Tratamientos	4	10,93272836	2,73318209	203,55	**
Error exp.	12	0,16112893	0,01342741		
Total	19	11,13786363			

Fuente: Elaboración propia.

CV = 4,11%

Los resultados del análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea (tabla 25), muestra que no se encontraron diferencias estadísticas entre bloques, lo que indica que el medio experimental fue homogéneo; sin embargo, para el caso de tratamientos, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se infiere que los niveles de ácido húmico aplicados influyeron en la expresión del rendimiento de grano por hectárea de la variedad Salcedo INIA. El coeficiente de variabilidad de 4,11%, se encuentra en el rango de aceptación para experimentos en condiciones de campo.

La significación estadística para tratamientos, permite que el análisis de los resultados continúe con la prueba de regresión.

Tabla 26. Análisis de varianza de regresión de rendimiento de grano de quinua, con niveles de ácido húmico.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	2	8,27394	4,13697	24,56 **
Error exp.	17	2,86392	0,16847	
Total	19	11,13786		

Fuente: Elaboración propia. $R^2 = 74,29\%$

El análisis de varianza de regresión de rendimiento de grano por hectárea, se presenta en la tabla 26, el mismo que resultó con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos de los ácidos húmicos en la expresión del rendimiento de grano de quinua. El coeficiente de determinación R^2 indica que el 74,29% de la variación del rendimiento de grano de quinua, se debe a los efectos de la aplicación de niveles de ácido húmico al suelo.

Para mejor apreciación de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes de regresión.

Tabla 27. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de rendimiento de grano de quinua, con niveles de ácido húmico

Predictor	Coefficiente	Tc	Significancia
Constante	1,50190	7,78	**
Lineal	0,54477	4,76	**
Cuadrático	- 0,04262	- 3,11	**

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de los coeficientes de regresión de rendimiento de grano de quinua (tabla 27), muestra que el componente lineal y el componente cuadrático presentaron alta significancia estadística, por lo que se establece la siguiente función de respuesta.

$$Y = 1,50190 + 0,54477A - 3,11A^2$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función cuadrática, lo que significa que los niveles de ácido húmico aplicados al suelo, permitieron el incremento progresivo de la variable rendimiento de grano quinua por hectárea, la misma que muestra valores ascendentes a medida que los niveles se elevan a partir de cero hasta alcanzar un límite máximo, a mayores niveles, no se verifica el incremento del peso de grano por planta.

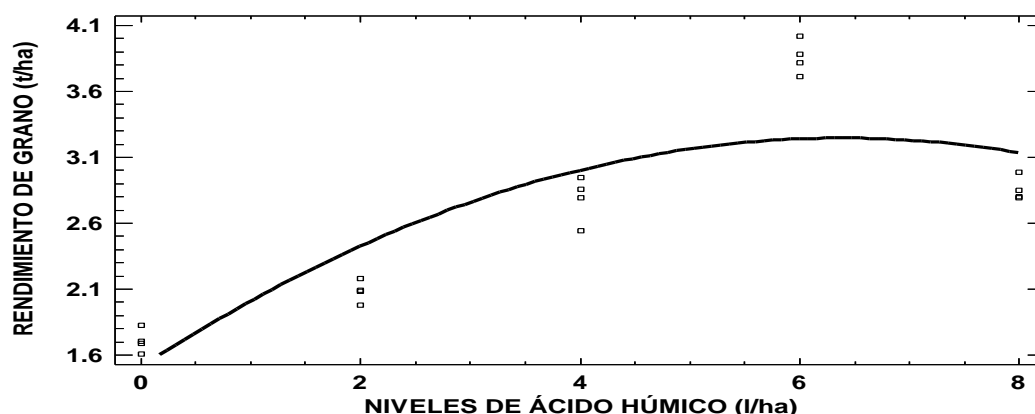


Figura 8. Efecto de niveles de ácido húmico aplicados al suelo en la variación de rendimiento de grano de quinua en toneladas por hectárea variedad Salcedo INIA

En la figura 8, se presenta el gráfico de la función de respuesta para rendimiento de grano de quinua, en el que se observa la variación del peso de grano por hectárea en relación a los niveles de ácido húmico aplicados al suelo. Los resultados muestran que, al derivar la ecuación encontrada, el nivel más alto de ácido húmico permisible fue 6,39 litros por hectárea, con el cual el peso máximo de grano por hectárea fue de 3,243 toneladas. Los resultados además indican que cantidades superiores de ácido húmico no favorecen el incremento del rendimiento de grano.

Los resultados del presente trabajo experimental pueden ser explicados a partir de sus efectos observados en otros cultivos, así Chen y Aviad citados por Hernández (2011) luego de una revisión de los resultados de diversos experimentos, refieren que independientemente de la forma de su aplicación, los ácidos húmicos promovieron el crecimiento de las plantas. Lo que se puede constatar para el caso de la quinua variedad Salcedo INIA con los resultados obtenidos de altura de planta, longitud de panoja y ancho de panoja, que se incrementaron en relación a niveles crecientes de ácido húmico. Tomando como referencia una hortaliza como es la alcachofa, con la aplicación de ácidos húmicos en dos niveles (6 y 12 kg/ha) se encontraron diferencias significativas en la altura de tallo, materia seca total, materia seca de hojas y materia seca de

capítulos (Canales y Hurtado, 2013), resultados que guardan similitud con el cultivo de quinua, por cuanto en el presente estudio los niveles de ácido húmico influyeron en el peso de panojas, peso seco de raíz.

Con relación al rendimiento de grano de quinua por hectárea se encontró que el ácido húmico dentro del rango de niveles considerados en la presente investigación (cero a ocho litros por hectárea) las cantidades que promovieron una mejora en los rendimientos se encuentran por encima de los cero litros hasta los 6,39 litros por hectárea; por lo que se puede señalar que los efectos benéficos mencionados para las sustancias húmicas, para el caso de la quinua variedad Salcedo INIA, en condiciones de la presente investigación se manifiestan hasta el nivel señalado. Choquehuanca (2013) informa de resultados similares en el cultivo de pepinillo en el que los rendimientos de fruto se elevaron hasta un punto máximo con una dosis de 0,32 kg/200 litros para luego descender a mayores dosificaciones.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye:

1. Que los niveles de ácido húmico tuvieron efectos diferentes en el rendimiento de grano de quinua, el que se elevó progresivamente hasta cierto nivel en relación a la cantidad aplicada. El rendimiento máximo fue de 3,243 t/ha, con un nivel de ácido húmico de 6,39 l/ha; que resultó ser el nivel adecuado para el rendimiento de grano de la variedad Salcedo INIA.
2. El ácido húmico favoreció el crecimiento de la planta. Con niveles de cero hasta ocho litros por hectárea de ácido húmico, la altura de planta varió desde 95,5 cm hasta 125,62 cm; la longitud de panoja varió de 46,27 cm a 57,53 cm; el ancho de panojas de 11,458 cm hasta un máximo de 17,504 cm; a mayores niveles de ácido húmico se obtuvo mayor peso seco de raíces.
3. El peso de panojas, peso de grano por planta, dieron los mejores resultados con niveles de ácido húmico de 6,12 l/ha y 6,87 l/ha respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar 6,39 l/ha de ácido húmico para mejorar los rendimientos de grano de la variedad Salcedo INIA.
2. Se recomienda estudiar las respuestas de nuevas variedades comerciales de quinua a la aplicación de ácidos húmicos y otros productos orgánicos.

REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

- Aguilar, G. (2015). *Efecto de la aplicación de cinco ácidos húmicos comerciales en dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa Will.) en Magollo Tacna 2015*. (Tesis título). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Aguilar, P. (1999). *Manejo de cultivo de quinua en el Perú. I curso internacional sobre quinua*. Fisiología de la resistencia a sequía en quinua. Proyecto quinua/CIP-DANIDA, UNALM Y UNA. Puno, Perú.
- Aiken, G. R., D. M. McKnight, et al. (1985). *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterization*. New York. John Wiley & Sons.
- Bongiovanni, M.D., y J.C. Lobartini (2009). Efecto de sustancias orgánicas solubles del suelo sobre la absorción de hierro en plántulas de girasol. *Cl. Suelo (Argentina)* 27, 171-176.
- Canales, L., y Hurtado, L. (2013). Efecto de los ácidos húmico y de la aplicación de hierro, manganeso y zinc sobre el crecimiento y

desarrollo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Imperial star.
Revista agronomía 50 (1), 9-17.

Ccaso, E. (1999). Selección de cultivares rendidores de quinua en dos zonas agroecológicas de Puno. (Tesis título). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Choquehuanca, M. (2013). *Influencia en el rendimiento de dos variedades de pepinillo (Cucumis sativum L.) a niveles de extractos húmicos vía foliar en el CEA III – Los Pichones en la localidad de Tacna.* (Tesis título). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.

Cornejo, H. (2007, 10 de abril). Alimentos incas para enfrentar el calentamiento global. *Revista Digital Universitaria*. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num4/art22/art22.htm>

Gallardo, M., y Gonzales, J. (1992). Efecto de algunos factores ambientales sobre la germinación de *Chenopodium quinoa* Will. y sus posibilidades de cultivo en algunas zonas de la provincia de Tucumán. *Revista Lilloa* xxxviii, 55-64.

Gonzales, J. (1999). *Eco fisiología y morfología del estrés debido a factores adversos*. En primer curso de fisiología de la resistencia a sequía en quinua. Puno, Perú. Proyecto quinua.

Gutiérrez, L., González, G., Segura M., Sánchez, I., Orozco, J., y Fortis, M. (2015). Efecto de ácidos húmicos de Leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero. *Revista internacional de botánica experimental* 84, 298-305.

Hayes, M. (2006). Solvent systems for the isolation of organic components from soils. *Soil Science Society of America Journal* 70, 986-994

Hernández, A. (2011). *Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de ají chile manzano (Capsicum pubescens R y P) en invernadero*. (Tesis de Maestría). Colegio de posgraduados Campus Montecillo, Texoco, México.

Kononova, M. (1983). *Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility*. New York, USA. 2nd.edit. Pergamon Press.

- López, C., Gallegos, A., Peña, E., Reyes, A., Castro, R., y Chávez, J. (2006). Substancias húmicas de origen diverso en algunas propiedades físicas de un suelo franco-arcillo-limoso. *Terra Latinoamericana* 24: 303-309
- Martínez, O. (1989). *Notas acerca de la quinua y el amaranto*. Puno, Perú. Cultivos indígenas de expansión.
- MINAG – OEEE (Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura). (2011). *Exportación de la quinua, superficie de siembra y cosechada*. Base de datos. s.p.
- Mujica, A. (1994). *Cultivo de Quinua*. INIA-TTA. Serie Manual 11-93. Lima, Perú.
- Mujica, A., Canahua, A. y Saravia, R. (2000). *Agronomía del cultivo de la quinua*. En A. Mujica, J. Izquierdo, J. Marathee y S. Jacobsen (Ed.), *Quinua: Chenopodium quinoa Willd. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. FAO. Santiago, Chile.
- Mujica, A., y Jacobsen, S. (1999). *Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento*. I Curso

Internacional sobre Fisiología de la Resistencia a Sequía en Quinoa. p. 25-38

Mujica, A., Suquilanda, M., Chura, E., Ruiz, E. Lepón, A., Cutipa, S. y Ponce, C. (2013). *Producción orgánica de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Puno, Perú. Editorial Sagitario.

Mujica, A., y Canahua, A. (1989). *Fenología del Cultivo de la Quinoa*. En: Curso Taller de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica. PISCA – INIA – Puno, Perú.

Pedroso, R., y Domínguez, A. (2006). *Ácidos húmicos, formas de extracción y usos*. Cuba. Universidad de Matanzas.

Sociedad española de productos húmicos. (1992). *Ácidos húmicos*. Recuperado de <http://www.sephu.es>.

Soldevilla, G., Mujica, A., y Jacobsen S. (2000). *Comparativo de cultivares europeos de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) en condiciones de la costa de Perú*. Lima, Perú.

Stevenson, F. (1994). *Humus chemistry, genesis composition reactions*. New York. Second edition, John Wiley y Sons.

Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., y Mujica, A. (1979).
Quinoa y la kañiwa: cultivos andinos. Bogotá, Colombia. Editorial
IICA.

Tapia, M. (2000). *Cultivos Andinos Sub explotados y su Aporte a la
alimentación*. Santiago, Chile. Segunda edición. FAO.

ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	98,40	86,10	100,60	81,50	366,60	91,65
T ₁ =2l/ha	107,70	110,10	113,20	104,50	435,50	108,88
T ₂ =4l/ha	112,30	114,70	108,90	112,10	448,00	112,00
T ₃ =6l/ha	122,50	119,80	118,80	121,20	482,30	120,58
T ₄ =8l/ha	121,00	122,90	123,60	121,30	488,80	122,20

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Longitud de panoja (cm)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	50,00	41,20	40,20	39,30	170,70	42,68
T ₁ =2l/ha	59,70	54,40	57,60	41,50	213,20	53,30
T ₂ =4l/ha	49,00	56,20	49,00	54,70	208,90	52,23
T ₃ =6l/ha	57,70	54,30	56,30	54,90	223,20	55,80
T ₄ =8l/ha	55,80	54,50	56,60	55,10	222,00	55,50

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Ancho de panoja (cm)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	11,42	11,70	9,90	7,00	40,02	10,01
T ₁ =2l/ha	13,40	17,00	15,90	16,30	62,60	15,65
T ₂ =4l/ha	11,00	15,90	12,10	13,20	52,20	13,05
T ₃ =6l/ha	18,30	17,10	15,30	15,80	66,50	16,63
T ₄ =8l/ha	17,90	16,00	16,70	17,70	68,30	17,08

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Peso de panoja (g)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	114,90	115,60	130,00	129,00	489,50	122,38
T ₁ =2l/ha	128,60	122,50	143,20	128,00	522,30	130,58
T ₂ =4l/ha	144,20	139,70	138,60	140,10	526,60	140,65
T ₃ =6l/ha	170,40	175,50	174,00	180,60	700,50	175,13
T ₄ =8l/ha	144,70	140,00	149,80	136,80	571,30	142,83

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Peso seco de raíz (g)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	6,00	4,50	6,50	5,20	22,20	5,55
T ₁ =2l/ha	7,30	9,20	7,70	6,40	30,60	7,65
T ₂ =4l/ha	9,70	10,20	7,60	8,80	36,30	9,08
T ₃ =6l/ha	12,30	10,80	9,80	8,80	41,70	10,43
T ₄ =8l/ha	12,20	10,70	12,20	11,10	46,20	11,55

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Peso de grano por planta (g)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	72,13	78,61	81,71	80,72	313,17	78,29
T ₁ =2l/ha	83,59	79,63	93,08	83,20	339,50	84,87
T ₂ =4l/ha	96,61	93,60	92,86	93,87	376,94	94,24
T ₃ =6l/ha	115,87	119,34	118,32	122,81	476,34	119,09
T ₄ =8l/ha	98,40	104,04	101,86	93,02	397,32	99,33

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Rendimiento de grano (t/ha)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T ₀ =0 l/ha	1,6081	1,7016	1,6907	1,8227	6,8232	1,7058
T ₁ =2l/ha	2,0836	1,9796	2,0931	2,1832	8,3395	2,0849
T ₂ =4l/ha	2,8556	2,5436	2,9429	2,7939	11,1359	2,7839
T ₃ =6l/ha	3,7159	3,8193	3,8783	4,0228	15,4363	3,8591
T ₄ =8l/ha	2,8484	2,9840	2,8018	2,7932	11,4273	2,8568

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Fotografías



Fotografía 01. Extracción de la muestra del suelo del campo experimental



Fotografía 02. Preparación del terreno



Fotografía 03. Tendido de cintas de riego.



Fotografía 04. División del campo según los tratamientos



Fotografía 05. Fertilización del cultivo



Fotografía 06. Desahije del cultivo.



Fotografía 07. Aplicación de ácido húmico



Fotografía 08. Conducción del cultivo



Fotografía 09. Control de plagas y enfermedades



Fotografía 10. Llenado de granos en la planta de quinua

