



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Respuesta del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* var. tunkahuan) realizando modificaciones de densidad de siembra y enmiendas, bajo condiciones agroclimáticas de Loja

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Angel Jonathan Uchuari Marizaca

DIRECTORA:

Dra. Mirian Irene Capa Morocho

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 3 de marzo de 2023

Dra. Mirian Irene Capa Morocho

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Respuesta del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa var. tunkahuan*) realizando modificaciones de densidad de siembra y enmiendas, bajo condiciones agroclimáticas de Loja**, de autoría del estudiante **Angel Jonathan Uchuari Marizaca** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, con cedula de identidad Nro. **1150765301**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**MIRIAN IRENE CAPA
MOROCHO**

Dra. Mirian Irene Capa Morocho

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Angel Jonathan Uchuari Marizaca**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150765301

Fecha: 08/06/2023

Correo electrónico: angel.uchuari@unl.edu.ec

Teléfono: 0969565212

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de titulación.

Yo **Angel Jonathan Uchuari Marizaca**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Respuesta del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*) realizando modificaciones de densidad de siembra y enmiendas, bajo condiciones agroclimáticas de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de junio de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Angel Jonathan Uchuari Marizaca

Cédula: 1150765301

Dirección: Amable María (Barrio Virgenpamba)

Correo electrónico: angel.uchuari@unl.edu.ec

Celular: 0969565212

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de titulación: Dra. Mirian Irene Capa Morocho

Dedicatoria

Este trabajo investigativo va dedicado a mis padres Angel Uchuari y María Marizaca, ya que gracias a ellos estoy cumpliendo una etapa más en mi vida, gracias a su apoyo incondicional y nunca dejaron de creer en mí, a mis hermanos, Jessica Alex y Fernando, por su apoyo y por sus consejos lo cual me ayudaron para salir adelante. a lo largo de mi formación profesional y como persona.

Angel Jonathan Uchuari Marizaca

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a Dios por la salud y sabiduría que me ha brindado a lo largo de mi carrera universitaria para poder culminar de la mejor manera la carrera, a mis padres, Angel Uchuari y María Marizaca, ya que son el pilar fundamental de mi formación y gracias a ellos estoy cumpliendo una meta más en mi vida. A mis hermanos, Jessica, Alex y Fernando, ya que, gracias a sus oraciones, consejos y su apoyo me ayudaron a salir adelante.

A toda mi familia, quienes siempre me apoyaron con sus consejos y así crecer como persona.

A mi directora de tesis Dra. Mirian Capa, por guiarme y compartir su conocimiento a través de la enseñanza, me ayudó en cada etapa de mi proyecto de investigación.

A mis amigos y colegas: Manuel, Wagner, Liliana, Caty, Helen, quienes siempre estuvieron presentes con sus consejos y apoyo durante toda mi formación profesional.

Angel Jonathan Uchuari Marizaca

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Origen y distribución.....	6
4.2. Clasificación taxonómica	6
4.4. Condiciones edafoclimáticas del cultivo	7
4.5. Descripción botánica y agronómica	7
4.6. Variedad de quinua INIAP-TUNKAHUAN	9
4.7. Manejo del cultivo.....	10
4.8. Aplicación de enmiendas	11
5. Materiales y métodos	13
5.1. Ubicación	13
5.2. Diseño experimental.....	13
5.3. Modelo matemático del diseño experimental.....	15
5.4. Análisis estadístico	15
5.5. Procedimiento para el establecimiento del cultivo	15
6. Resultados	20
6.1. Biomasa.....	20
6.2. Altura de la planta	21
6.3. Cobertura vegetal.....	22
6.4. Área foliar.....	23

6.5. Índice de área foliar	24
6.6. Cuantificación de clorofila	26
6.7. pH del suelo	26
6.8. Número de granos/m ²	28
6.9. Peso de granos/m ²	28
6.10. Rendimiento	30
6.11. Índice de cosecha.....	31
7. Discusión...	33
8. Conclusiones	37
9. Recomendaciones	37
10. Bibliografía	38
11. Anexos	41

Índice de tablas:

Tabla 1. Descripción de los tratamientos de quinua var. Tunkahuan.....	14
Tabla 2. Biomasa (g/m ²) de Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas del suelo y densidades de siembra	20
Tabla 3. Altura (cm) de Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	21
Tabla 4. Cobertura vegetal (%) de Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	22
Tabla 5. Área foliar (cm ²) de Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	23
Tabla 6. Índice de área foliar de Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	25
Tabla 7. Cuantificación de clorofila en Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	26
Tabla 8. pH de Quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra.....	26
Tabla 9. Número de granos/m ² y peso de granos/m ² de quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	28
Tabla 10. Índice de cosecha de quinua var. Tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra	31

Índice de figuras:

Figura 1. Ubicación del terreno.....	13
Figura 2. Esquema del diseño experimental distribuidos en campo.	14
Figura 3. Efecto de la enmienda A y densidad B en la biomasa del cultivo de Quinua var. tunkahuan. Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias estadísticas ($P_{valor} < 0.05$).....	21
Figura 4. Dinámica de crecimiento de la quinua para diferentes enmiendas del suelo	22
Figura 5. Evolución de la cobertura vegetal de la quinua bajo diferentes enmiendas del suelo.....	23
Figura 6. Efecto de la enmienda en el área foliar de la quinua, aplicando cal dolomita, ácidos húmicos y un testigo. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P\text{-valor} < 0,05$).....	24
Figura 8. Efecto de la enmienda en el pH de suelo del cultivo de quinua en Loja.	27
Figura 9. Efecto de la enmienda (A) y densidad de siembra (B) sobre el número de granos/m ² en el cultivo de quinua. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P\text{-valor} < 0,05$).....	28
Figura 10. Efecto de la enmienda sobre el peso de grano/m ² en quinua var. tunkahuan. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P\text{-valor} < 0,05$)..	29
Figura 11. A. Efecto de la enmienda sobre el rendimiento (kg/ha). B. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento (kg/ha). C. Efecto de la interacción enmienda por densidad de siembra. Rojo: Testigo. Amarillo: Dolomita. Verde: Ácidos húmicos. a, ab, b: letras distintas, indican diferencias significativas.....	31
Figura 12. Efecto de la densidad de siembra sobre el índice de cosecha del cultivo de quinua var. tunkahuan en Loja.	32

Índice de anexos:

Anexo 1. Análisis químico de suelo.....	41
Anexo 2. Ficha técnica de la cal dolomita	42
Anexo 3. Ficha técnica de ácidos húmicos	43
Anexo 4. Plan de fertilización.....	44
Anexo 5. Preparación del terreno e intercalado en las parcelas correspondientes.....	44
Anexo 6. Siembra de quinua a chorro continuo.....	44
Anexo 7. Limpieza de arvenses y registro de datos en campo	45
Anexo 9. Registro de datos en laboratorio, análisis de pH.	46
Anexo 10. Cosecha y trillado de la quinua	46
Anexo 11. Registro de datos en laboratorio, peso de granos/parcela.	47
Anexo 12. Certificado de traducción del abstract.	48

1. Título

Respuesta del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* var. tunkahuan) realizando modificaciones de densidad de siembra y enmiendas, bajo condiciones agroclimáticas de Loja.

2. Resumen

La quinua es un alimento de gran importancia, debido a su valor nutritivo posee alto contenido de proteína, se asemejan a las proteínas presentes en la leche, se cultiva en Ecuador entre 2400 a 3400 m.s.n.m. La variedad INIAP Tunkahuan se cultiva desde el Carchi hasta Cañar, y se ha fomentado su cultivo en Azuay y Loja. El rendimiento de esta variedad oscila de (1500 a 3000 kg/ha). Aplicar densidades de siembra y enmiendas apropiadas antes de establecer el cultivo son factores fundamentales para garantizar el rendimiento. El objetivo de esta investigación consistió en determinar la influencia de la densidad de siembra y enmiendas sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de quinua var. tunkahuan. Se realizó en la Quinta experimental docente La Argelia, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con arreglo bifactorial, densidad de siembra y enmienda; en 3 densidades de siembra y aplicando 2 enmiendas. Se evaluó biomasa, altura, cobertura vegetal, área foliar, índice de área foliar, cuantificación de clorofila, pH del suelo, número de granos/m², peso de granos/m², rendimiento e índice de cosecha. Presentó efectos positivos al aplicar enmiendas en las siguientes variables: biomasa seca, altura de la planta, área foliar, índice de área foliar, cobertura vegetal. Mientras que, en la densidad de siembra se obtuvo efectos positivos en las variables de biomasa e índice de área foliar, con las densidades de 71428 plantas/ha y 166667 plantas/ha. El pH del suelo logró un equilibrio con cal dolomita, a diferencia de los ácidos húmicos bajó el pH. Se obtuvo efectos significativos con cal dolomita en el rendimiento, de 1687.44 kg/ha. La densidad de siembra que presentó mayor rendimiento fue de 166667 plantas/ha con un total de 1694.42 kg/ha. Se obtuvo buenos rendimientos, valores que se encuentran dentro del rango establecido por la variedad (1500 a 3000 kg/ha).

Palabras clave: Quinua, densidad de siembra, aplicación de enmiendas, pH de suelo, rendimiento.

2.1. Abstract

Quinoa is a food that has a great importance, due to its nutritional value, it has high protein content, like the proteins present in milk, it is grown in Ecuador between 2400 to 3400 m.a.s.l. The INIAP Tunkahuan variety is grown from Carchi to Cañar, and its cultivation has been promoted in Azuay and Loja. The yield of this variety ranges from (1500 to 3000 kg/ha). Applying stocking densities and appropriate amendments before establishing the crop are fundamental factors to guarantee the yield. The objective of this research was to determine the influence of planting density and amendments on the growth and yield of the quinoa var crop. Tunchahuan. It was carried out in the la Quinta experimental docente La Argelia, a completely random block design was used, with bifactorial arrangement, planting density and amendment; in 3 sowing densities and applying 2 amendments. Biomass, height, vegetation cover, leaf area, leaf area index, chlorophyll quantification, soil pH, number of grains/m², grain weight/m², yield and harvest index were evaluated. It presented positive effects when applying amendments in the following variables: dry biomass, plant height, leaf area, leaf area index, vegetation cover. While, in the density of planting positive effects were obtained in the variables of biomass and leaf area index, with the densities of 71428 plants / ha and 166667 plants / ha. The pH of the soil achieved an equilibrium with dolomite lime, unlike humic acids lowered the pH. Significant effects were obtained with dolomite lime on the yield of 1687.44 kg / ha. The planting density that presented the highest yield was 166667 plants / ha with a total of 1694.42 kg / ha. Good yields were obtained, values that are within the range established by the variety (1500 to 3000 kg/ha).

Key words: Quinoa, planting density, application of amendments, soil pH, yield.

3. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal nativo de América del Sur y se cultiva cultivado en la Región Andina desde hace 5 000 años(Gómez *et al.*, 2011), cultivo que crece desde el nivel del mar hasta los 4 000 m.s.n.m, se adapta a condiciones muy extremas de clima, humedad, incluyendo sequías ([Piedra et al., 2015](#)).

Según historiadores, la quinua ecuatoriana se cultivó antes y luego de la conquista española y ha sido una de las fuentes de alimentos más importantes en los pueblos indígenas y comunidades de la sierra ecuatoriana. Tradicionalmente, la quinua se cultiva en Ecuador entre 2 400 a 3 400 m.s.n.m. en diferentes sistemas de producción. Ecuador es el tercer mayor productor de quinua a nivel mundial, después de Perú y Bolivia que son los principales productores de quinua en el mundo ([Hinojosa et al., 2021](#)).

La superficie total sembrada para el año 2020 fue de 5 365 hectáreas, con una producción nacional de 4 903 Tm, liderada por la provincia de Carchi (1 070 ha y 1 818 Tm de producción) y seguida por Chimborazo (1 526 ha y 1 702 Tm de producción) ([ESPAC, 2020](#)).

El principal propósito de la densidad de siembra es lograr una población adecuada de plantas que tengan un crecimiento y desarrollo vigoroso, por ello las densidades de siembra recomendadas para producción de semilla son menores a aquellas recomendadas para producción comercial ([Deza Montoya, 2018](#)).

La corrección de la acidez del suelo es obligatoria para que las plantas alcancen su potencial de producción. Se realiza mediante la aplicación de productos que liberan aniones (OH-) para neutralizar protones ácidos (H+ y Al³⁺) que provocan la acidificación de la solución del suelo. ([Nolla et al., 2013](#)). Las enmiendas del suelo también pueden ser una fuente de nutrientes y, por lo tanto, también pueden actuar como un acondicionador del suelo, mejorando las propiedades fisicoquímicas y la fertilidad del suelo, lo que da como resultado un mejor establecimiento de plantas ([Lwin et al., 2018](#)).

En la región sur de Ecuador existen ambientes idóneos para la producción de quinua, dentro de la provincia de Loja no existe la producción intensiva de quinua a pesar de que Loja cuenta con las condiciones edafoclimáticas óptimas para el desarrollo de este cultivo. La presente propuesta está directamente vinculada con la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja:

Sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria, por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo cultivar quinua bajo 3 densidades de siembra distintas, aplicando dos tipos de enmiendas, una química aplicando cal dolomita y una orgánica aplicando ácidos húmicos con el propósito de mejorar el pH del suelo, para posteriormente observar qué densidad y qué enmienda resultó favorable en producción y rendimiento.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto de densidad de siembra y aplicación de enmienda sobre el crecimiento y el rendimiento en el cultivo de quinua en las quintas La Argelia, Loja.

Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la densidad de siembra y diferentes enmiendas en el crecimiento del cultivo de quinua var. Tunkahuan.
- Evaluar el efecto de la densidad de siembra y la aplicación de enmiendas aplicadas en el suelo sobre el rendimiento en el cultivo de quinua var. Tunkahuan

4. Marco teórico

4.1. Origen y distribución

La quinua es una semilla considerada como pseudocereal. Un alimento de gran importancia para los incas y aún permanece siendo en la actualidad para los pueblos Quechuas y Aymaras de las regiones rurales. Es originaria de los Andes, se remonta a más de 5 000 años atrás ([James, 2009](#)).

Es uno de los principales cultivos alimenticios en las montañas andinas, en los últimos años ha aumentado su interés en Estados Unidos, Europa y Asia. La quinua ha sido seleccionada por la FAO como un cultivo destinado a ofrecer seguridad alimentaria en el próximo siglo. ([Jacobsen, 2003](#)). Se cultiva en Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Chile y Colombia obteniendo buenos rendimientos ([Vilcacundo, 2017](#)).

4.2. Clasificación taxonómica

La planta de quinua pertenece: al reino: Plantae, división: Magnoliophyta, clase: Magnoliopsida, orden: Caryophyllales, familia: Amaranthaceae, subfamilia: Chenopodioideae, tribu: Chenopodieae, género: *Chenopodium*, especie: *Chenopodium quinoa* ([Cuadrado, 2012](#)).

4.3. Propiedades nutricionales

El grano de quinua es un alimento completo de alto valor nutritivo debido a su alto contenido de proteína de excelente calidad ([James, 2009](#)). En 1996, la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos más promisorios para la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades y sus múltiples usos, también es considerada para solucionar problemas de nutrición humana, se la considera como una de las mejores fuentes de proteína vegetal, ya que se asemejan a las proteínas que se encuentran en la leche, y superiores a las proteínas que se encuentra en el arroz, trigo y maíz([Nisar et al., 2017](#)).

([Bastidas et al., 2016](#)). Manifiesta que la quinua posee mayores cantidades de proteína y mayor equilibrio en la distribución de aminoácidos esenciales que los cereales, asemejándose al valor biológico de la proteína de la leche. Supera a los cereales en la cantidad de lípidos, proteínas, fibra, vitaminas B1, B2, B6, C y E y minerales, principalmente calcio, fósforo, hierro y zinc.

4.4. Condiciones edafoclimáticas del cultivo

A nivel mundial existen alrededor de 6 000 variedades de quinua cultivadas por los agricultores ([Rojas et al., 2015](#)). Esas variedades se pueden clasificar en cinco categorías principales o ecotipos, según su adaptación a condiciones agroecológicas específicas en las principales áreas de producción: La quinua de los valles interandinos crece en zonas entre 2 300 y 3 500 m.s.n.m., caracterizada por precipitaciones anuales entre 700 y 1 500 mm. En las tierras altas crece (también llamado Altiplano de los Andes) entre los 3 500 y 3 900 m.s.n.m. en áreas con una precipitación anual de 400–800 mm. En los bordes de los desiertos y salares de altura crece en áreas cercanas a los 4 000 m.s.n.m., caracterizadas por un volumen limitado de precipitaciones anuales (150-300 mm) y con muchos días de heladas. La quinua que se encuentra a nivel del mar se adapta a las regiones que se encuentran entre el nivel del mar y los 1 000 m.s.n.m., donde la precipitación anual oscila entre 500 y 1 500 mm ([Martnez et al., 2009](#)).

Debido a las diversas características de los cinco ecotipos, la quinua se puede cultivar en condiciones climáticas muy diferentes, en suelos franco arenosos con buen drenaje, con un alto contenido de materia orgánica y nutrientes son preferibles para que la quinua se adapte mejor a los nuevos entornos. También es recomendable trabajar en suelos neutros, aunque la quinua puede tolerar diferentes pH y crecer tanto en suelos alcalinos (hasta pH 9) como ácidos hasta pH 4,5 ([Narea, 1976](#)). El cultivo de quinua se puede llevar a cabo en muchas condiciones climáticas, incluidas las desérticas, cálidas, frías, secas, templadas y lluviosas o cálidas con alta humedad ([Sanchez et al., 2003](#)). Una temperatura promedio ideal para la quinua sería de alrededor de 15 a 20 °C, ([Bazile et al., 2015](#)). Los periodos de sensibilidad a las temperaturas se han registrado principalmente cuando la germinación de las semillas ocurre en temperaturas frías (heladas) y cuando la floración se da en temperaturas altas. ([Quinoa, 2011](#)). La quinua es capaz de soportar la radiación solar extrema, lo que le permite almacenar las horas de calor necesarias para llevar a cabo sus fases vegetativa y productiva. La quinua se cultiva en áreas desde los 2° de latitud norte hasta los 47° de latitud sur, desde Colombia hasta Chile en América del Sur ([Bazile et al., 2016](#)).

4.5. Descripción botánica y agronómica

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, su periodo vegetativo varía desde 90 hasta 240 días ([Apaza, 2013](#)).

I. Planta

Es erguida, alcanza alturas variables desde 60 cm a 3 m, dependiendo de la variedad, los genotipos y de la fertilidad de los suelos y las condiciones ambientales donde crece ([Apaza, 2013](#)).

II. Raíz

Posee raíz pivotante, vigorosa, profunda, puede alcanzar hasta 180 cm de profundidad, bastante ramificada y fibrosa, lo cual le confiere resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta ([Apaza, 2013](#)).

III. Tallo

Su tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y angulosos a partir de las ramificaciones, de coloración variable de verde a rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color, verde rojo o púrpura ([Apaza, 2013](#)).

IV. Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta ([Apaza, 2013](#)).

V. Inflorescencia

La inflorescencia es una panoja típica, formada por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. Su eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada) ([Apaza, 2013](#)).

VI. Flores

Posee flores pequeñas, con un tamaño máximo de 3 mm, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, tienen 10% de polinización cruzada ([Apaza, 2013](#)).

VII. Fruto

Es un aquenio de forma cilíndrica- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. Está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez ([Apaza, 2013](#)).

VIII. Semilla

Su fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas que son:

- **Episperma:** en ella se encuentra la saponina el cual le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos.
- **Embrión:** está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320°, es de color amarillo, mide 3,54 mm de longitud y 0,36 mm de ancho
- **Perisperma:** es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla ([Apaza, 2013](#)).

4.6. Variedad de quinua INIAP-TUNKAHUAN

La variedad Iniap Tunkahuan se cultiva desde el Carchi hasta Cañar, y se ha fomentado su cultivo en Azuay y Loja, ya que contienen los suelos y climas favorables para su producción. Esta variedad se la obtuvo por selección de una población de germoplasma recolectada en la provincia del Carchi Ecuador en el año 1985, en 1986 se identificó como una línea promisoriosa y se introdujo al banco de germoplasma del departamento nacional de recursos fitogenéticos del INEA con el código ecu 0621. Fue liberada oficialmente como variedad mejorada en 1992 ([Peralta, 2010](#)).

Esta variedad de quinua se la considera con un bajo contenido de saponina, por lo cual es denominada “dulce”. Requiere menor escarificado o cepillado del grano o menor cantidad de agua para eliminar las trazas de saponina. Es una variedad semiprecoz, se cosecha entre 5 y 7

meses, dependiendo de la altitud y la lluvia. Produce hasta 3 t/ha en ambientes favorables (66 qq/ha). Presenta resistencia parcial a ascoquita y es susceptible a mildiu ([Moreno, 2016](#)).

4.7. Manejo del cultivo

4.7.1. Preparación del suelo

Dependiendo del tipo de suelos y la presencia de mala hierba se debe realizar labores de arado rastra dado y surcado con tractor o con yunta ([Peralta, 2010](#)).

4.7.2. Densidad de siembra del cultivo

La profundidad de siembra más recomendable es de 1 y 2 cm (Risi & Galwey, 1991). Por otra parte, la distancia entre surcos es de 60 a 80 cm, se siembra a chorro continuo o con golpes pequeños a una distancia de 20 cm ([Peralta, 2010](#)).

4.7.3. Fertilización

Se requiere el análisis químico del suelo si no se dispone una recomendación general es aplicar 80-52-00 de N y P por hectárea que se cubre con 100 kg de 11-52-00 y 150 kg de urea. Se recomienda aplicar el fertilizante completo al momento de la siembra a chorro continuo, al fondo del surco y la urea a la deshierba ([Peralta, 2010](#)).

4.7.4. Deshierba

El cultivo de quinua como cualquier otro cultivo es muy susceptible al ataque de malezas de manera que provocarán competencia con las plantas de quinua restándole nutrientes, agua, luz haciéndolos más vulnerables al ataque de plagas y enfermedades. Los momentos para deshierbar serán adecuados a la incidencia y tipo de malezas en el cultivo. Es recomendable realizar dos deshierbas, la primera a los 30 días después de la emergencia y la segunda antes de la floración o cuando transcurrido 90 días después de la siembra ([Moreno, 2016](#)).

4.7.5. Riego

El cultivo de quinua requiere de riego, especialmente en los primeros 30 días a partir de la emergencia y posteriormente en la etapa de floración, formación de la panoja y llenado de grano. Los riegos se harán a través de los surcos por el sistema de gravedad. No se recomienda el riego por aspersión porque se corre el riesgo de que proliferen enfermedades ([Moreno, 2016](#)).

4.7.6. Cosecha y trilla

La cosecha manual (con hoz) debe realizarse cuando se detecta que el grano ofrece resistencia a la presión entre las uñas. La trilla se la ejecuta golpeando las gavillas con una vara sobre carpas o plásticos, si los lotes son muy pequeños. Si se la realiza de forma mecánica se usan trilladoras estacionarias de granos andinos, cereales o máquinas combinadas ([Moreno, 2016](#)).

4.8. Aplicación de enmiendas

4.8.1. Manejo y corrección de acidez del suelo

La corrección de la acidez del suelo es obligatoria para que las plantas alcancen su potencial de producción. Se realiza mediante la aplicación de productos que liberan aniones (OH⁻) para neutralizar protones ácidos (H⁺ y Al⁺³) que provocan la acidificación de la solución del suelo. Por lo tanto, es necesario utilizar correctivos que tengan componentes para liberar aniones y neutralizar la acidez del suelo ([Nolla et al., 2013](#)).

4.8.2. Enmiendas

Las enmiendas del suelo también pueden ser una fuente de nutrientes y, por lo tanto, también pueden actuar como un acondicionador del suelo, mejorando las propiedades fisicoquímicas y la fertilidad del suelo, lo que da como resultado un mejor establecimiento de plantas ([Lwin et al., 2018](#)).

4.8.2.1. Cal dolomita

La cal dolomita es una enmienda para corregir la acidez del suelo. Dado el alto porcentaje de calcio y magnesio (neutraliza el aluminio tóxico y sube el PH a niveles favorables para el cultivo). La dolomita consiste en un doble carbonato de calcio y magnesio. Su composición es un carbonato de calcio y carbonato de magnesio (CO₃) CaMg, CaO: 30,4%, MgO: 21,7%, CO₂:47,9%. Se considera que una cal es dolomítica si al menos el 15% es de MgO ([Armor, 2020](#)).

4.8.2.2. Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son mezclas polidispersas complejas de polielectrolitos heterogéneos, y se comportan como un débil ácido polielectrolítico. La mayor parte de la acidez en los ácidos

húmicos se debe al carboxílico, OH fenólico y/o grupos fenólicos que se disocian para desarrollar cargas negativas. Los grupos amidas (NH₂), secundarios e incluso las aminas terciarias, entre otras, se pueden protonar para desarrollar cargas positivas a pH muy bajo. El grado en que estos grupos son ionizados o protonados, en los valores de pH ambiental ([Campitelli et al., 2006](#)).

5. Materiales y métodos

5.1. Ubicación

El estudio se realizó en la Quinta experimental Docente La Argelia, ubicada a una latitud de 4°02'19,2"S, longitud de 79°12'00,6"W, altura de 2 150 msnm (Figura 1). Presenta una temperatura promedio de 18 °C y una precipitación media anual de 1 058 mm en un suelo de naturaleza franco limoso con un pH de 5.0 a 6.0.

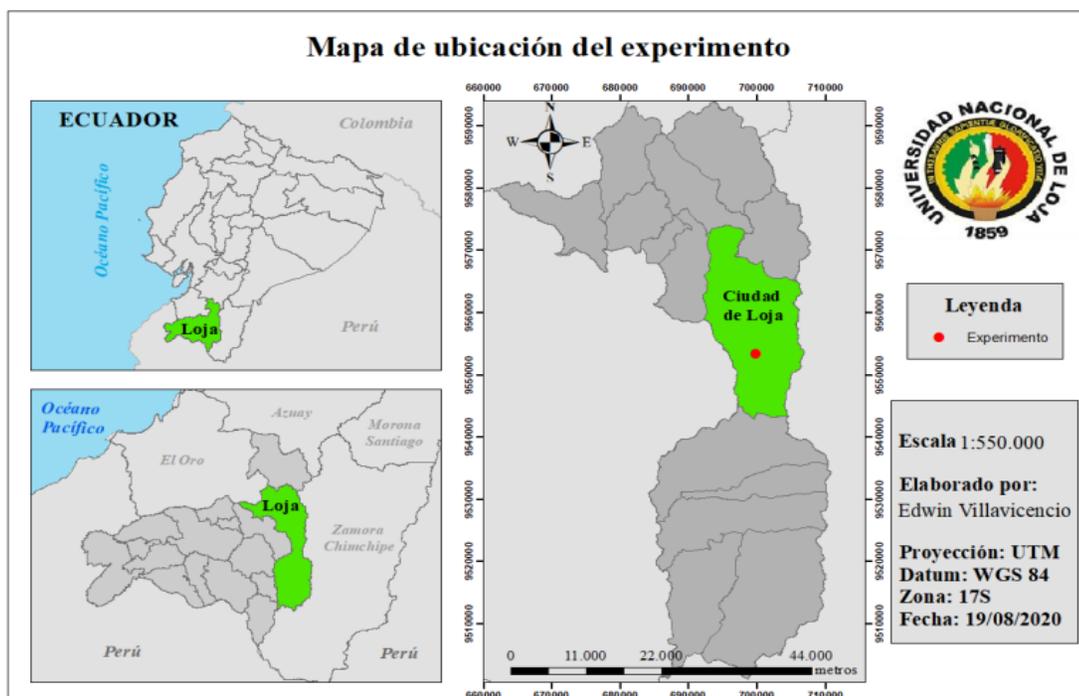


Figura 1. Ubicación del terreno.

5.2. Diseño experimental

Este experimento fue un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo bifactorial, donde el factor 1 fue la densidad de siembra y el factor 2 el tipo de enmienda. Se trabajó con la semilla de quinua var. Tunkahuan, en 3 densidades de siembra de 71 428 plantas/ha (20 cm*70 cm), 100 000 plantas/ha (25 cm*40 cm) y 166 667 plantas/ha (10 cm*60 cm), aplicando 3 enmiendas: E1: testigo (sin enmienda) E2: dolomita y E3: orgánico (ácidos húmicos). De cada tratamiento se realizó 3 repeticiones, dando un total de 27 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental presentó dimensiones de 2,5*2,5 m, con un espaciamiento de 1 m entre UE (Tabla 1)

Tabla 1. Descripción de los tratamientos de quinua var. tunkahuan

TRATAMIENTO	Factor densidad Plantas/ha	Factor enmienda	NOMENCLATURA
1	71 428	Sin enmienda (testigo)	D1E1
2	71 428	Dolomita	D1E2
3	71 428	Ácidos húmicos	D1E3
4	100 000	Sin enmienda (testigo)	D2E1
5	100 000	Dolomita:	D2E2
6	100 000	Ácidos húmicos	D2E3
7	166 667	Sin enmienda (testigo)	D3E1
8	166 667	Dolomita:	D3E2
9	166 667	Ácidos húmicos	D3E3

5.1.1. Esquema de disposición del ensayo en campo

En la figura 2, se muestra los 9 tratamientos distribuidos en campo, en 3 repeticiones.

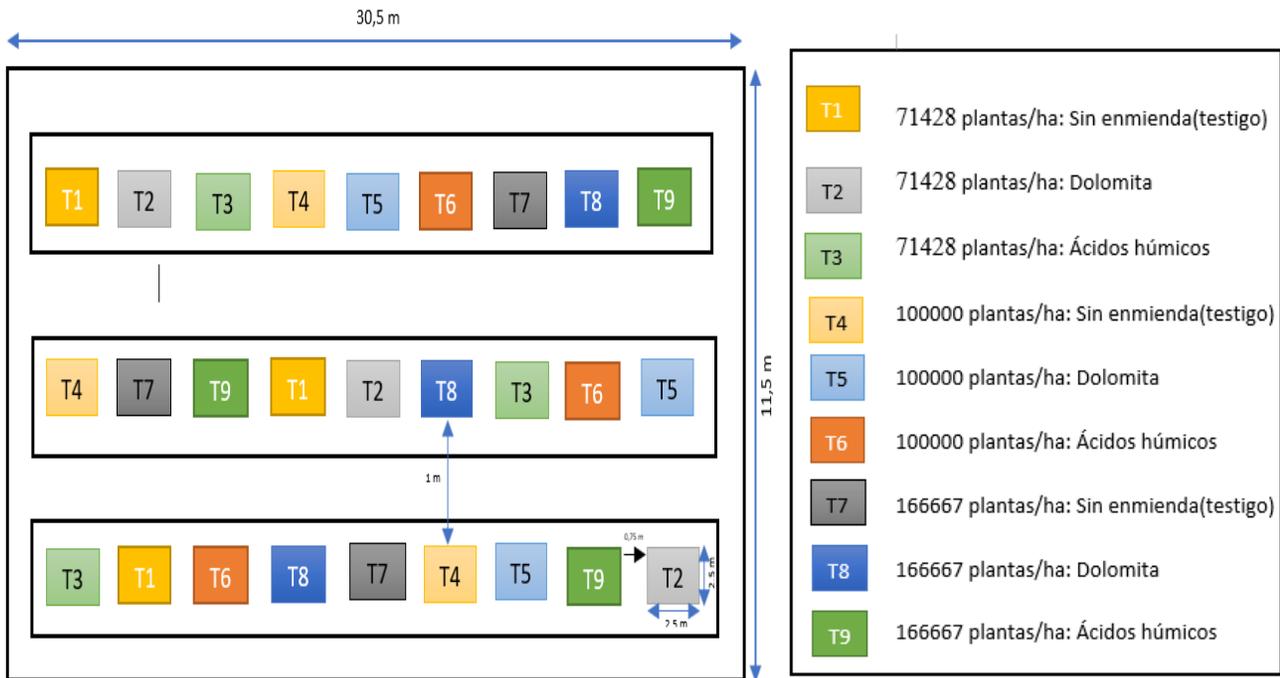


Figura 2. Esquema del diseño experimental distribuidos en campo.

5.3. Modelo matemático del diseño experimental

El modelo matemático que se utilizó en este diseño fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha * \beta)_{ij} + b_{ij} + E_{ij}$$

- Y_{ijk} = respuesta de las k repeticiones en los i niveles del factor densidad de siembra y j nivel del factor enmienda
- μ = media general de las observaciones
- α_i = efecto de los i niveles del factor densidad de siembra
- β_j = efecto de los j niveles del factor enmienda
- $(\alpha * \beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el nivel i de la densidad de siembra con el nivel j de enmienda
- b_{ij} = parámetro, efecto bloque
- ε_{ijk} = error asociado a la ijk observación, que se supone normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza σ^2

5.4. Análisis estadístico

Se tabularon los datos recolectados en una base de datos de Microsoft Excel, posteriormente se realizó el análisis estadístico haciendo uso del programa Infostat, los datos se los sometieron a un análisis de varianza (ANAVA) con arreglo bifactorial (Densidad de siembra y aplicación de enmiendas) con un nivel de significancia del 5% y determinar si existe o no diferencias significativas entre tratamientos. Se aplicó pruebas de comparación mediante el test de tukey ($P < 0.05$) con lo que se pudo identificar el mejor tratamiento.

5.5. Procedimiento para el establecimiento del cultivo

5.5.1. Manejo del experimento

Antes de establecer el cultivo se realizó un análisis completo del suelo con el propósito de ajustar el plan de fertilización correspondiente. Así mismo, se observó en qué condiciones de pH se encontraba el suelo para poder aplicar las enmiendas y en qué cantidades aplicar para corregir el pH del suelo. El muestreo del suelo para el análisis consistió en realizar un recorrido en zig-zag tomando 4 submuestras de 0,2 a 0,3 m de profundidad, la muestra total fue de 1 kg, estas fueron secadas al aire, se las mezcló y se las llevó al laboratorio para el análisis correspondiente.

5.5.2. Preparación del terreno y siembra

Una vez hecho el análisis del suelo se procedió a preparar el terreno, la labranza consistió en realizar un arado de discos y rastra. Se delimitó las parcelas (unidades experimentales) que tuvieron una dimensión de 6,25 m² cada unidad experimental, en total 27. El área total fue de 328 m², incluida la distancia entre parcela 0,75 m, distancia entre bloques 1m y los extremos 1m. La siembra se la realizó a chorro continuo en las hileras de acuerdo a la densidad que se estableció en el diseño experimental, posteriormente se realizó el raleo a la densidad deseada

5.5.3. Fertilización

Se realizó un plan de fertilización completo de acuerdo a los resultados del análisis del suelo y a las necesidades del cultivo, se aplicó: muriato de potasio (138 g/parcela), fosfato di amónico (54 g/parcela), sulfato de zinc (54 g/parcela), urea (46 g/parcela), Boro (2 g/parcela), en dos repeticiones.

5.5.4. Control de malezas, plagas y enfermedades

Se aplicó herbicidas pre emergentes para proceder a la delimitación de las unidades experimentales (UE). Para controlar las malezas en el cultivo ya establecido se utilizó lampas. Para el control de plagas y enfermedades se realizó monitoreos continuos y se aplicó un manejo integrado de plagas y enfermedades, se utilizó un insecticida (Engeo) y un fungicida (Score).

5.5.5. Tipo de investigación

Se realizó una investigación tipo descriptiva donde nos permitió determinar la respuesta del rendimiento de la quinua mediante la aplicación de densidades de siembra y enmiendas aplicadas al suelo durante el ciclo del cultivo, así se identificó que densidad y que enmienda son favorables para el desarrollo del cultivo; durante el ciclo del cultivo se tomaron diferentes variables como: biomasa, altura de la planta, cobertura vegetal, clorofila, área foliar, índice de área foliar, pH del suelo, mientras que, en la cosecha se midió, número de g/m², peso de g/m² y el índice de cosecha

5.5.6. Método

Se aplicó el método inductivo - deductivo el cual nos ayudó a razonar partiendo de varias observaciones en campo, donde se pudo distinguir las particularidades de densidades de siembra y efecto de la enmienda sobre el suelo y sobre la planta, ello nos permitió generar ideas y

conclusiones generales para nuestra investigación, esto a su vez ser aplicado o enseñado a los productores de la zona de Loja.

5.5.7. Metodología para el primer objetivo específico “Determinar la influencia de la densidad de siembra y diferentes enmiendas en el crecimiento del cultivo de quinua var. tunkahuan”

Para determinar la influencia de la densidad de siembra y diferentes enmiendas en el crecimiento de quinua var. Tunkahuan, se aplicó enmiendas química y orgánica para posteriormente realizar la siembra mediante chorro continuo, una vez germinadas las plantas se realizó un raleo, dejando las plantas a un distanciamiento de 20, 25 y 10 cm.

Las variables que se tomaron en cuenta en este objetivo son las siguientes:

- **Biomasa**

Para determinar la cantidad de biomasa se realizó el muestreo de 3 plantas seleccionadas que fueron tomadas de la parte central de la unidad experimental, esto se lo realizó en 5 repeticiones a los 59, 99, 127, 141 y 169 dds. Una vez obtenidas las muestras se procedió a secar las muestras en la estufa a $65 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por tres días, posteriormente se procedió a determinar su peso seco con ayuda de una balanza analítica.

- **Altura de la planta**

Para esta variable se tomaron los datos de 3 plantas seleccionadas en cada unidad experimental, los datos se los registró cada 15 días iniciando a los 80 dds una vez realizado el raleo de las parcelas a cada densidad de siembra. Las medidas de altura de la planta se realizaron con la ayuda de una cinta métrica, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la misma (cm).

- **Cobertura vegetal**

Se evaluó cada 15 días el porcentaje (%) de cobertura vegetal presente en el cultivo, mediante fotografías digitales empleando la aplicación para celulares Canopeo desarrollada por (Patrignani & Ochsner, 2015).

- **Área foliar**

Con los datos de biomasa obtenidos en cada muestreo se realizó el área foliar, aplicando la siguiente fórmula:

$$y = 80.159x + 7.6076$$

Dónde:

y= Área foliar

x= Biomasa

- **Índice de área foliar**

Para obtener el índice de área foliar se utilizó los datos del area foliar (cm²) dividido para el marco de plantación (cm²)

- **Cuantificación de clorofila**

Se realizó en el estado de antesis e inicio de llenado de grano, se utilizó el medidor de clorofila spad 502 plus 2900P-C, se tomaron dos plantas de cada unidad experimental donde se colocó el spad en dos hojas de cada planta y se obtuvo el valor promedio de clorofila de cada parcela.

- **pH del suelo**

Se midió por tres ocasiones a los 89, 120 y 169 dds para comprobar el efecto de la aplicación de cal dolomita y ácidos húmicos, para ello se trabajó en el laboratorio de investigaciones de la Universidad Nacional de Loja. Una vez secada y tamizadas las muestras de suelo de cada unidad experimental, se utilizó una muestra de 20 g de suelo en 50 ml de agua destilada, luego se agitó con un agitador magnético por 5 minutos, luego se dejó reposar por 15 minutos y por último se midió el pH de las muestras con la ayuda de un medidor de pH.

5.5.8. Metodología para el segundo objetivo específico “Evaluar el efecto de la densidad de siembra y la aplicación de enmiendas aplicadas en el suelo sobre el rendimiento en el cultivo de quinua var. tunkahuan”

Para determinar el efecto de la densidad de siembra y la aplicación de enmiendas aplicadas al suelo sobre el rendimiento del cultivo de quinua var. tunkahuan se evaluó las siguientes variables:

- **Número de granos por m²**

En madurez fisiológica, se tomaron 5 plantas de la unidad experimental se procedió a secar en la estufa 65 ± 5 °C por 5 días, una vez retirada de la estufa y realizando el respectivo trillado de las muestras se procedió a determinar el número de granos por m² con la siguiente ecuación:

$$NGm^2 = NGP * NPM^2$$

Donde:

NGm^2 = Número de granos por m^2

NGP = Número de granos por planta

NPM^2 = Número de plantas por m^2

- **Peso de granos por m^2**

Para realizar el peso de granos por m^2 se utilizó la siguiente formula.

$$\frac{NGm^2 \times \text{peso de los 1000 granos}}{1000 \text{ granos}}$$

- **Rendimiento**

A partir del peso de granos y el número de granos por metro cuadrado se determinó el rendimiento mediante la siguiente formula:

$$R = NG m^2 * PG$$

Donde:

R = rendimiento

$NG m^2$ = número de granos por metro cuadrado

6. Resultados

6.1. Biomasa

No se encontró un efecto de interacción de enmienda por densidad en todo el ciclo del cultivo (Tabla 2). Pero se observó un efecto significativo de la enmienda en la biomasa (g/m^2), (Figura 3). La enmienda con dolomita presentó los valores más altos de biomasa durante todo el ensayo. Al final del ensayo la mayor biomasa la presentó la enmienda con dolomita y ácidos húmicos $6,47 \text{ g}/\text{m}^2$ y $5,66 \text{ g}/\text{m}^2$ respectivamente, en comparación con el testigo, que mostró el valor más bajo. Además, se observó un efecto significativo de la densidad de siembra destacándose la densidad de 71 428 plantas/ha la cual mostró valores altos durante todo el ensayo. Al final del ensayo la mayor cantidad de biomasa se obtuvo de la densidad más baja de (71 428 plantas/ha) con $7,75 \text{ g}/\text{m}^2$ que fue significativamente diferente de las densidades 100 000 plantas/ha y 166 667 plantas/ha respectivamente.

Tabla 2. Biomasa (g/m^2) de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas del suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	Días después de la siembra				
		59	99	127	141	169
Testigo	71 428	0,13	0,53	1,20	2,67	3,66
	100 000	0,01	0,14	0,71	0,71	2,26
	166 667	0,01	0,08	0,59	0,59	2,26
Dolomita	71 428	0,01	0,48	2,54	2,54	10,12
	100 000	0,01	0,53	1,67	1,67	5,80
	166 667	0,00	0,16	1,29	1,29	3,51
Ácidos húmicos	71 428	0,01	0,33	2,26	2,26	9,47
	100 000	0,01	0,33	1,09	1,09	4,88
	166 667	0,01	0,17	0,58	0,58	2,63
Error estándar medio (EEM)		0,04	0,14	0,32	0,57	1,16
P-valor	Enmienda	0,4366	0,4191	0,0050	0,4546	0,0040
	Densidad	0,3212	0,0360	0,0009	0,0050	0,0004
	Enmienda*Densidad	0,4799	0,4626	0,5967	0,8909	0,2452

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

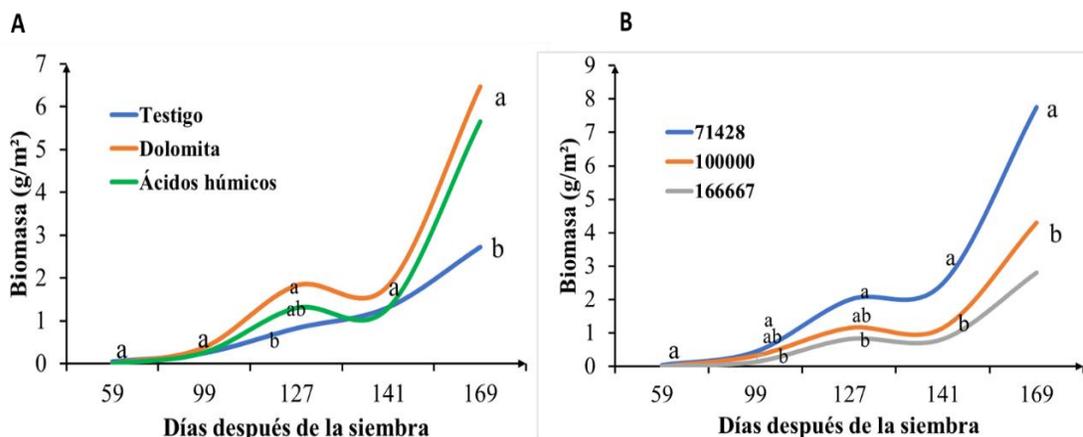


Figura 3. Efecto de la enmienda A y densidad B en la biomasa del cultivo de quinua var. tunkahuan. Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias estadísticas (Pvalor<0.05)

6.2. Altura de la planta

No se detectó un efecto significativo en la interacción enmienda por densidad durante todo el ciclo del cultivo (Tabla 3). Pero, se observó un efecto significativo de la enmienda en la altura de la quinua (Figura 4). La enmienda con dolomita presentó los mayores valores de altura durante todo el ensayo. Al final del ensayo las enmiendas realizadas con ácidos húmicos y dolomita (97,46 cm y 97,28 cm respectivamente), en comparación con el testigo, que mostró el valor más bajo

Tabla 3. Altura (cm) de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	Días después de la siembra				
		80	94	108	119	134
Testigo	71 428	0,05	34,78	51,44	63,5	80,45
	100 000	25,28	36,89	53,28	64,17	81,67
	166 667	0,06	31,78	48,45	63,5	82,33
Dolomita	71 428	26,78	40,72	66,06	83,5	100,72
	100 000	28,16	43,56	68,55	85,22	95,94
	166 667	24,55	42,33	67,72	84,05	95,16
Ácidos húmicos	71 428	0,05	37,34	60,66	77,5	96,39
	100 000	0,08	35,17	58,28	76,17	95,39
	166 667	0,07	34,28	59,72	80	100,61

Error estándar medio (EEM)		2,21	3,37	5,27	6	6,18
P-valor	Enmienda	0,0066	0,0243	0,049	0,0018	0,007
	Densidad	0,3956	0,6822	0,9482	0,9779	0,9339
	Enmienda*Densidad	0,9273	0,8784	0,9671	0,994	0,9368

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

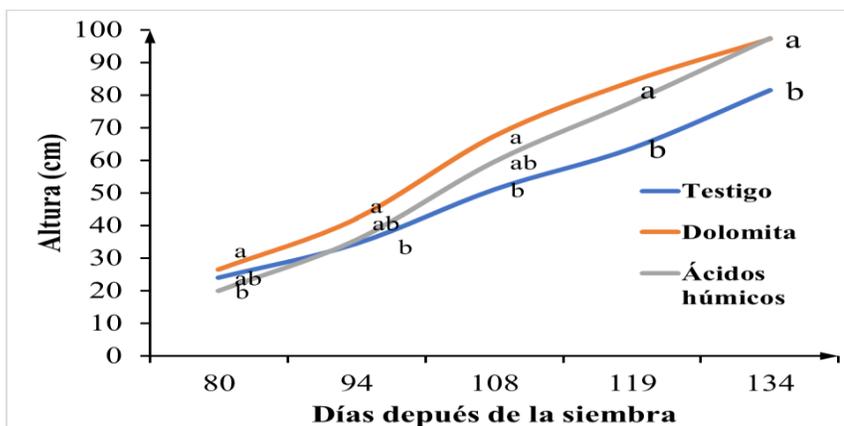


Figura 4: Dinámica de crecimiento de la quinua para diferentes enmiendas del suelo

6.3. Cobertura vegetal

La aplicación de enmienda realizada al suelo en el cultivo de quinua tuvo un efecto significativo en la cobertura vegetal al final del ensayo. La mayor cobertura vegetal la presentó los tratamientos con dolomita y ácidos húmicos (83,24% y 76,58% respectivamente). Sin embargo, en esta variable no se detectó un efecto significativo en la interacción enmienda por densidad durante todo el ciclo del cultivo (Tabla 4)

Tabla 4. Cobertura vegetal (%) de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	Días después de la siembra				
		80	94	108	119	134
Testigo	71 428	7,51	15,92	35,72	55,32	70,25
	100 000	14,42	19,06	33,59	45,04	58,6
	166 667	10,17	20,76	30,51	47,22	58,38
Dolomita	71 428	17,26	34,54	48,2	66,32	84,76
	100 000	22,43	37,36	45,47	59,55	79,87
	166 667	22,75	42,58	55,27	65,82	85,08

Ácidos húmicos	71 428	12,13	36,65	45,93	62,46	81,64
	100 000	14,63	33,48	40,15	55,33	76,62
	166 667	13,72	34	46,2	56,64	71,46
Error estándar medio (EEM)		5,02	11,52	9,35	7,4	6,19
Pvalor	Enmienda	0,0623	0,1128	0,1213	0,0749	0,0021
	Densidad	0,4962	0,9324	0,838	0,424	0,2815
	Enmienda*Densidad	0,9822	0,9925	0,9545	0,9878	0,8252

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

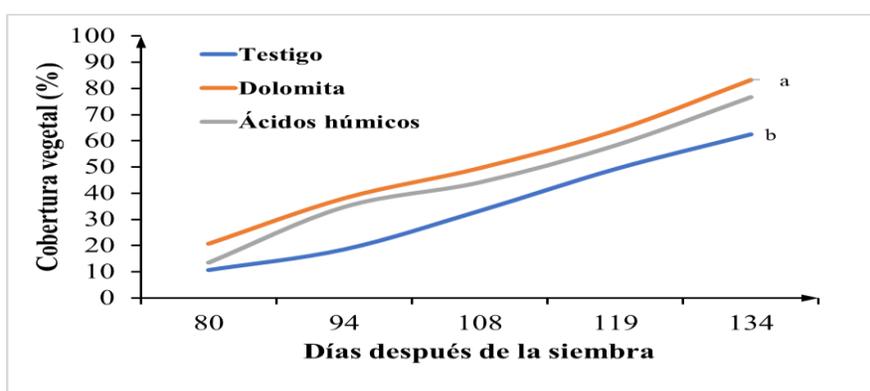


Figura 5. Evolución de la cobertura vegetal de la quinua bajo diferentes enmiendas del suelo.

6.4. Área foliar

Se observó un efecto significativo de la enmienda en el área foliar de la quinua (Figura 6). La enmienda con dolomita presentó los mayores valores de área foliar durante todo el ensayo. A partir del día 127 después de la siembra, la dolomita presentó un efecto significativo en el área foliar de la quinua, superando a los tratamientos con ácidos húmicos y testigo. Al final del ensayo la mayor área foliar la presentó la enmienda dolomita (5049.68 cm²), la cual aumento un 15 y 52%. en comparación con los ácidos húmicos y el testigo respectivamente.

Tabla 5. Área foliar (cm²) de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	DDS				
		59	99	127	141	169
Testigo	71 428	11,42	184,09	691,63	692,97	2450,37
	100 000	12,40	117,83	572,06	572,06	1823,10

	166 667	12,16	117,69	796,11	796,11	3034,57
	71 428	15,34	283,49	1462,49	1462,49	5803,53
Dolomita	100 000	13,73	431,51	1348,8	1348,8	4654,9
	166 667	12,59	223,5	1724,48	1724,48	4690,6
	71 428	11,98	197,85	1300,44	1300,44	5428,87
Ácidos húmicos	100 000	14,24	269,43	885,62	885,62	3918,14
	166 667	12,98	229,91	784,48	784,48	3523,01
Error estándar medio (EEM)		1,18	79,3	248,15	248,15	940,44
P-valor	Enmienda	0,1703	0,0493	0,0025	0,0025	0,0093
	Densidad	0,6600	0,4527	0,5473	0,5463	0,3554
	Enmienda*Densidad	0,4165	0,5918	0,6028	0,6033	0,7554

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

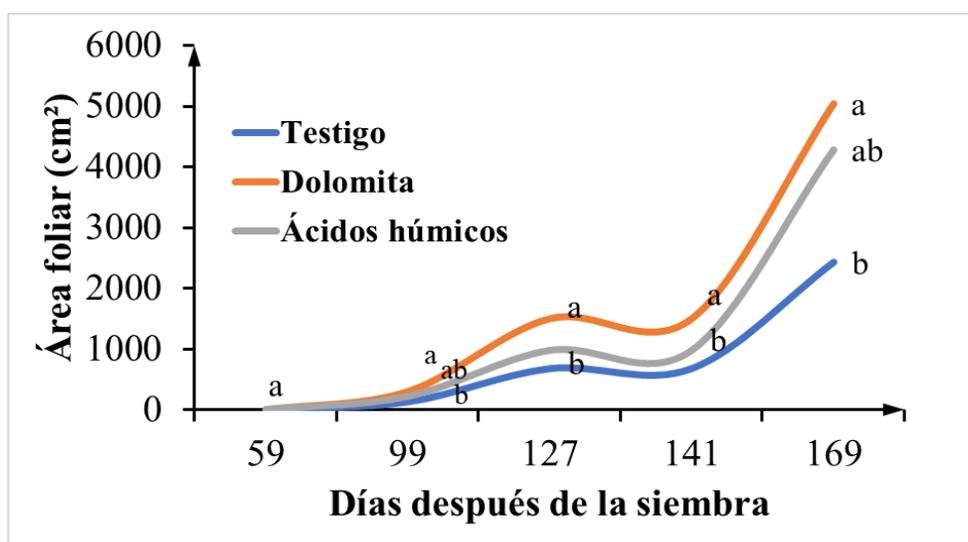


Figura 6. Efecto de la enmienda en el área foliar de la quinua, aplicando cal dolomita, ácidos húmicos y un testigo. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P-valor <0,05)

6.5. Índice de área foliar

Se observó un efecto significativo de la enmienda y de la densidad en el índice de área foliar de quinua (Figura 7). La enmienda con dolomita presentó los mayores valores de índice de área foliar durante todo el ensayo. Al terminar el ensayo, el mayor índice que se obtuvo fue con la enmienda dolomita con un valor de 5,54 estadísticamente diferente del testigo. Mientras que, en la densidad de siembra, el mayor número de índice de área foliar durante todo el ciclo del cultivo

se obtuvo con la mayor densidad de siembra usada (166 667 plantas/ha) que fue estadísticamente diferente de las densidades 100 000 plantas/ha y 71 428 plantas/ha, en las que se obtuvo los valores más bajos.

Tabla 6. Índice de área foliar de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	Días después de la siembra				
		59	99	127	141	169
Testigo	71 428	0,01	0,13	0,49	0,49	1,75
	100 000	0,01	0,12	0,57	0,57	1,82
	166 667	0,02	0,19	1,33	1,33	5,06
Dolomita	71 428	0,01	0,20	1,04	1,04	4,14
	100 000	0,01	0,43	1,35	1,35	4,65
	166 667	0,02	0,37	2,87	2,87	7,82
Ácidos húmicos	71 428	0,01	0,14	0,93	0,93	3,88
	100 000	0,01	0,27	0,89	0,89	3,92
	166 667	0,02	0,38	1,31	1,31	5,87
Error estándar medio (EEM)		0,01	0,08	0,30	0,30	1,26
P-valor	Enmienda	0,6147	0,0402	0,0031	0,0031	0,0558
	Densidad	0,0001	0,0861	0,0011	0,0011	0,0161
	Enmienda*Densidad	0,7361	0,5756	0,2078	0,2078	0,9636

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

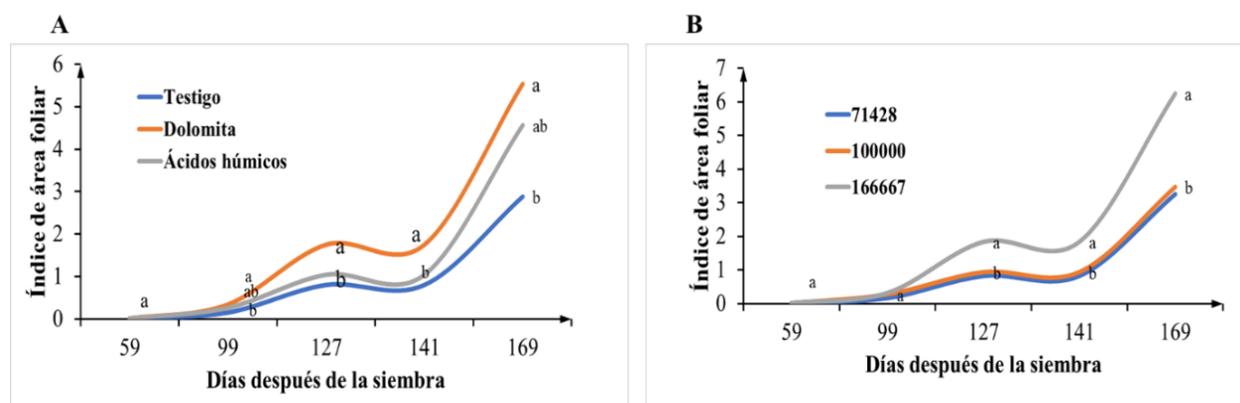


Figura 7. Efecto de la enmienda A y densidad B en el índice de área foliar del cultivo de quinua var. tunkahuan. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P-valor < 0,05)

6.6. Cuantificación de clorofila

Esta variable no fue afectada por factor enmienda y el factor densidad de siembra. Tampoco se observó una interacción enmienda * densidad. El índice de clorofila vario entre 42,65 y 53,83 a los 59 días después de la siembra (DDS), mientras que a los 127 DDS, se registró valores entre 50,07 y 62,18 (Tabla 7)

Tabla 7. Cuantificación de clorofila en quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	DDS	
		59	127
Testigo	71428	47,95	58,68
	100000	42,65	61,28
	166667	45,08	56,10
Dolomita	71428	48,88	59,57
	100000	55,83	51,03
	166667	43,63	62,18
Ácidos húmicos	71428	45,95	56,53
	100000	55,02	55,45
	166667	50,97	50,07
Error estándar medio EEM		4,59	7,02
P-valor	Enmienda	0,3376	0,7005
	densidad	0,4511	0,9032
	Enmienda*Densidad	0,3734	0,7480

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

6.7. pH del suelo

La interacción enmienda por densidad en el cultivo de quinua no presentó efecto significativamente al pH del suelo (Tabla 8). Tampoco se observó un efecto del factor densidad de siembra.

Tabla 8. pH de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	Días después de la siembra		
		89	120	169
Testigo	71 428	4,87	4,47	4,48

	100 000	4,83	4,44	4,43
	166 667	4,90	4,59	4,51
Dolomita	71 428	5,20	4,82	4,90
	100 000	4,97	4,52	4,69
	166 667	5,03	5,51	5,12
Ácidos húmicos	71 428	4,97	4,57	4,52
	100 000	4,90	4,35	4,37
	166 667	4,83	4,52	4,40
Error estándar medio (EEM)		0,13	0,14	0,10
P-valor	Enmienda	0,1556	0,001	0,0001
	densidad	0,5479	0,0048	0,0780
	Enmienda*Densidad	0,8813	0,0351	0,2431

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

El pH del suelo fue afectado significativamente por la enmienda utilizada en el suelo (Figura 8). El pH disminuye progresivamente en todos los tratamientos. La enmienda con dolomita presentó los valores más altos de pH en todo el ensayo. Al terminar el ensayo el mayor pH que se obtuvo fue con la enmienda dolomita con un valor de 4,9 que fue estadísticamente diferentes de los ácidos húmicos y testigo, que mostraron los valores más bajos de pH (4,43 y 4,48 respectivamente).

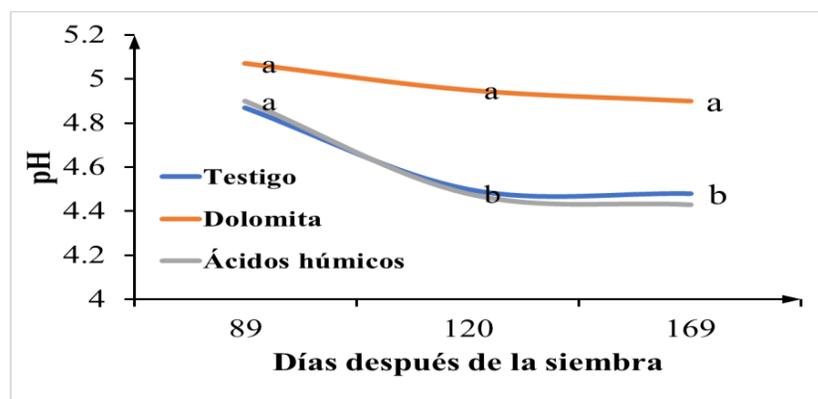


Figura 8. Efecto de la enmienda en el pH de suelo del cultivo de quinua en Loja.

6.8. Número de granos/m²

La interacción enmienda por densidad no presentó un efecto significativo en el número de granos/m² (Tabla 9). Pero si se observó un efecto significativo en los factores enmienda y densidad (Figura 9). Los tratamientos con enmienda (dolomita y ácidos húmicos) presentaron mayor número de granos/m² con un valor de 62 798,22 granos/m² con dolomita y 61 760,8 granos/m² con ácidos húmicos, siendo estadísticamente diferente del testigo al que no se aplicó enmienda. Por otra parte, la densidad de siembra con la que se obtuvo un elevado número de granos/m² fue de 166 667 plantas/ha (la densidad más alta usada) con un total de 71 173,3 granos/m² siendo estadísticamente superior en un 67 % a la densidad de 71 428 plantas/ha (la más baja usada) que presentó un total de 42 622,34 granos/m²

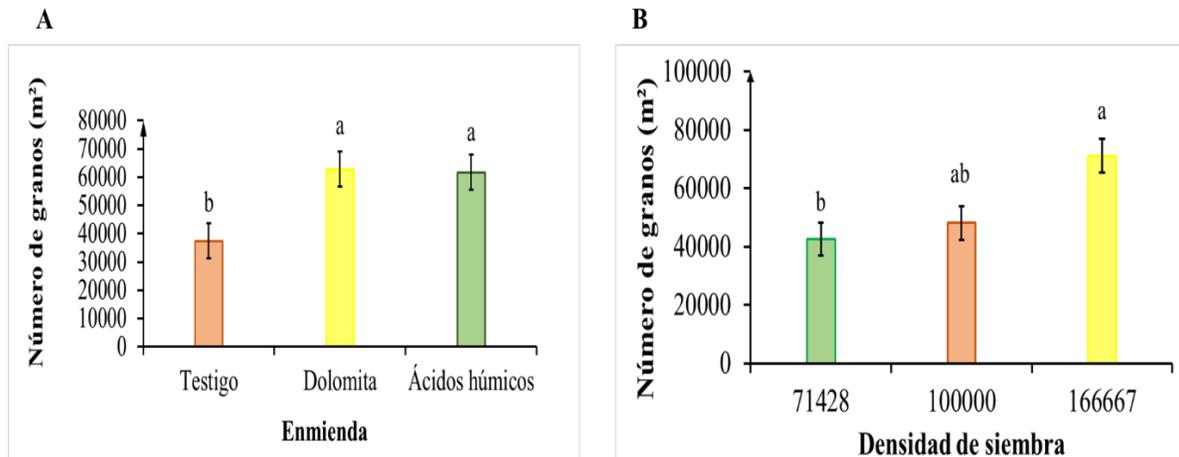


Figura 9. Efecto de la enmienda (A) y densidad de siembra (B) sobre el número de granos/m² en el cultivo de quinua. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P -valor < 0,05)

6.9. Peso de granos/m²

No se encontró un efecto de interacción de enmienda por densidad en el peso del grano/m² (Tabla 9). Tampoco un efecto del factor densidad de siembra. Sin embargo, el tipo de enmienda efecto significativo a esta variable (Figura 10). La enmienda con dolomita presentó los valores más altos en peso de grano/m² dando un total de 152,08 g/m². valor estadísticamente superior al testigo que presento un peso de 60 g/m².

Tabla 9. Número de granos/m² y peso de granos/m² de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad	Nºgranos(m ²)	Peso_grano(m ²)
Testigo	71428	17551,45	50,90
	100000	22740,23	56,70
	166667	71850,37	90,16
Dolomita	71428	59998,35	173,99
	100000	65841,38	146,33
	166667	62554,93	135,92
Ácidos húmicos	71428	50317,24	145,92
	100000	55850,58	131,78
	166667	79114,59	99,28
Error estándar medio (EEM)		9930,16	25,79
P-valor	Enmienda	0,0373	0,0131
	Densidad	0,0355	0,7913
	Enmienda*Densidad	0,3197	0,7240

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra y la interacción: enmienda*densidad de siembra.

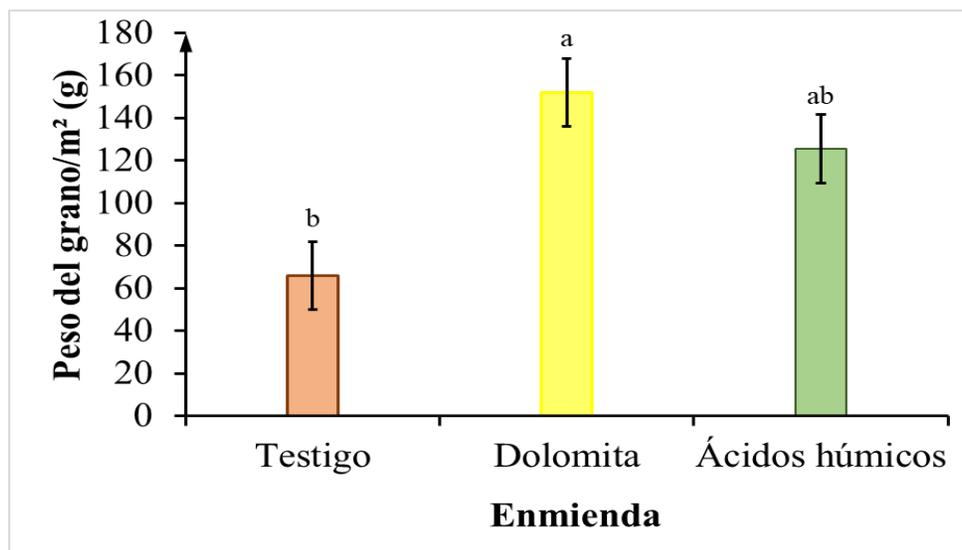


Figura 10. Efecto de la enmienda sobre el peso de grano/m² en quinua var. tunkahuan. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P -valor < 0,05)

6.10. Rendimiento

Al finalizar el ensayo se encontró un efecto significativo de la enmienda en el rendimiento (kg/ha) (Figura 11). La enmienda con dolomita aumentó el rendimiento de quinua a (1 687,44 kg/ha), seguido de los ácidos húmicos que presentaron un rendimiento de (1 256,56 kg/ha) y por último se encuentra el testigo presentando un rendimiento de (659,18 kg/ha), siendo mayor la dolomita en un 15 y 61 % de los ácidos húmicos y testigo respectivamente. Además, se observó un efecto significativo en la densidad de siembra, el cual se obtuvo un efecto significativo con la densidad 166 667 plantas/ha, presentando un rendimiento de (1 694,42 kg/ha), seguido de la densidad más baja de 71 428 plantas/ha, presentando un rendimiento de (1 236,05 kg/ha) y por último el testigo que presentó los valores más bajos en rendimiento, siendo mayor la densidad 166 667 plantas/ha, en un 27 y 34% respectivamente. Por último, se encuentra la interacción enmienda por densidad destacándose la enmienda dolomita y la densidad 166 667 plantas/ha teniendo un rendimiento de (2 441,7 kg/ha) siendo significativamente superior en comparación a las demás interacciones enmienda por densidad.

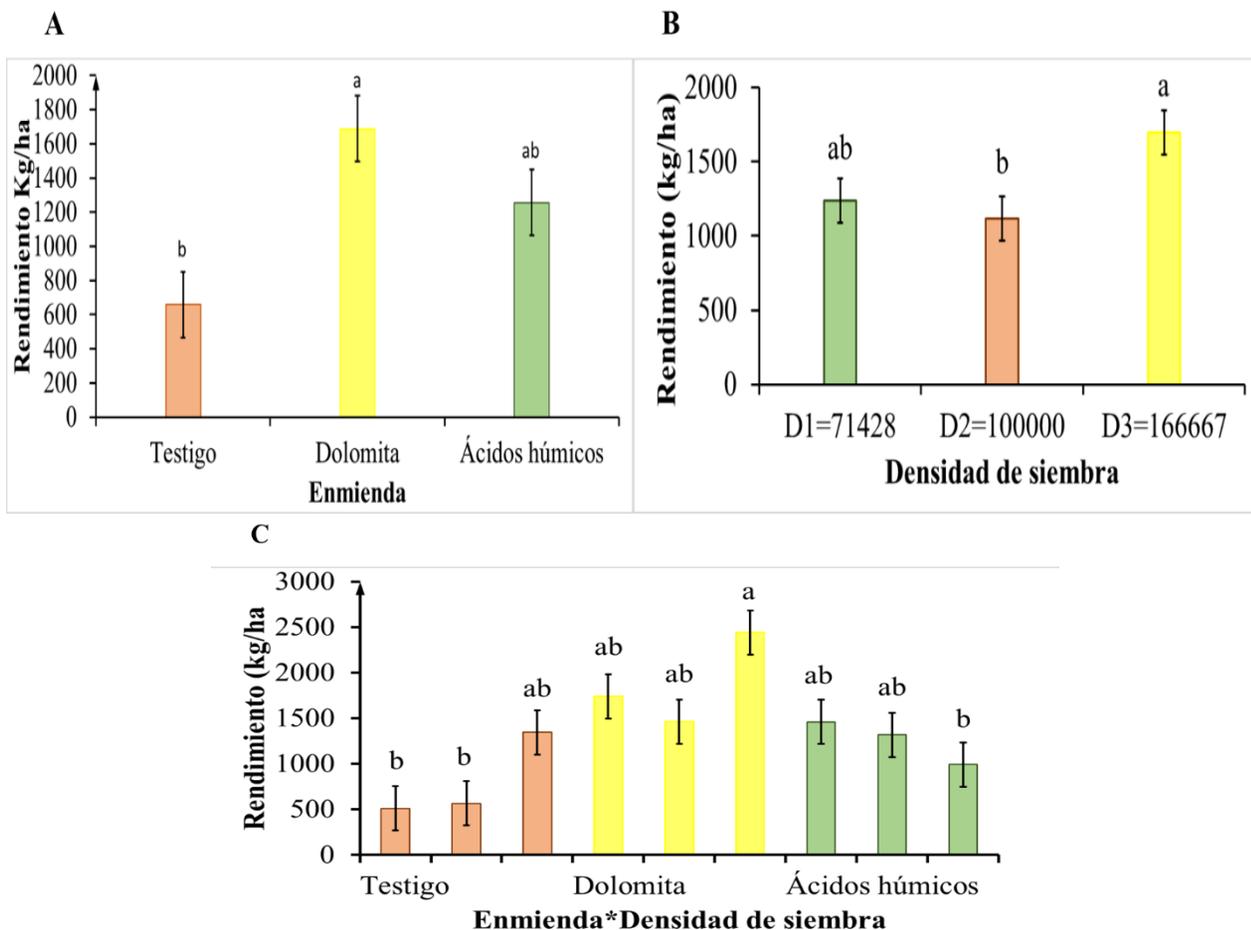


Figura 11. A. Efecto de la enmienda sobre el rendimiento (kg/ha). B. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento (kg/ha). C. Efecto de la interacción enmienda por densidad de siembra. Rojo: Testigo. Amarillo: Dolomita. Verde: Ácidos húmicos. a, ab, b: letras distintas, indican diferencias significativas.

6.11. Índice de cosecha

En esta variable no se detectó un efecto significativo en la interacción de enmienda por densidad de siembra (Tabla 10). Pero en el factor densidad de siembra si se obtuvo un efecto significativo en el índice de cosecha (Figura 12). La densidad de siembra 166 667 plantas/ha obtuvo el mayor índice de cosecha presentando un valor de 3,68 seguido de la densidad 100 000 plantas/ha con un índice de cosecha de 2,61 y por último la densidad 71 428 plantas/ha que presentó los valores más bajos

Tabla 10. Índice de cosecha de quinua var. tunkahuan bajo diferentes enmiendas en el suelo y densidades de siembra

Enmienda	Densidad de siembra	Índice de cosecha
Testigo	71 428	1,83
	100 000	2,53
	166 667	4,43
Dolomita	71 428	2,43
	100 000	2,57
	166 667	4,20
Ácidos húmicos	71 428	2,30
	100 000	2,73
	166 667	2,40
Error estándar medio	EEM	0,06
P-valor	Enmienda	0,5395
	densidad	0,0444
	Enmienda*Densidad	0,3741

Pvalor<0,05 indica diferencias significativas en la enmienda, densidad de siembra e interacción: enmienda*densidad de siembra.

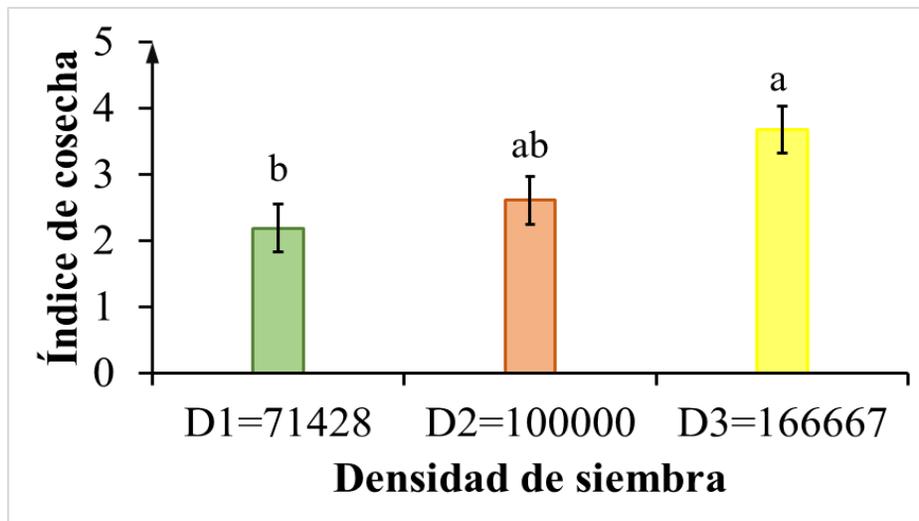


Figura 12. Efecto de la densidad de siembra sobre el índice de cosecha del cultivo de quinua var. tunkahuan en Loja.

7. Discusión

El presente estudio se realizó con la finalidad de conocer el efecto de la densidad de siembra y aplicación de enmiendas sobre el crecimiento y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* var. tunkahuan) bajo las condiciones agroclimáticas de Loja. La aplicación de enmiendas y densidades de siembra en la quinua, es importante al establecer el cultivo con el propósito de garantizar el crecimiento de la planta y a su vez garantizar el rendimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo la enmienda presentó un efecto significativo en la variable de biomasa, donde la aplicación de dolomita alcanzó los valores más altos de biomasa (6,47 g/m²). Esto se explica debido a que la dolomita aporta cal y magnesio, nutrientes que son esenciales para la planta ya que el calcio hace que las paredes de la célula sean más fuertes porque forma parte de los pectatos de calcio y juega un papel en la formación de proteína y el movimiento de hidratos de carbono en las plantas por lo que es vital para la formación de nuevas células lo cual se ve traducido en un mayor crecimiento de hojas y tallos y por ende en una mayor biomasa ([Marcelo, 2015](#); [Plaster, 2000](#)). La aplicación de ácidos húmicos alcanzó un valor mayor al obtenido con el testigo 5,66 g/m² frente a 2,73 g/m², al respecto [Reyes et al. \(2017\)](#) señalan que las sustancias húmicas tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas, además pueden actuar como fitohormonas, debido a que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bioactividad está relacionada con un mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura, muy parecida a la actividad de promoción de crecimiento del ácido indol acético ([Nardi et al., 2002](#); [Pasqualoto et al., 2002](#)).

En cuanto a la variable de altura, las enmiendas presentaron un efecto significativo siendo la aplicación de dolomita el tratamiento con mayor altura (97,46 cm) seguido de ácidos húmicos (97,28 cm). Esto concuerda con lo reportado por [Carvajal and Gómez \(2016\)](#) quienes al evaluar la aplicación de dolomita en variables de desarrollo en sorgo no se observó ninguna diferencia significativa para la altura en los primeros 40 días de desarrollo del cultivo, sin embargo para los días 60 y 80 días existió una diferencia significativa ($P \leq 0,05$), teniendo mayor altura con la dosis de, 1,5 y 3 t/ha en comparación con el testigo. Por otra parte, [Aguilar \(2015\)](#), menciona que las aplicaciones de ácidos húmicos en dos variedades de quinua, en Magollo-Tacna, influyeron sobre la altura de la planta, del mismo modo [Calisaya \(2017\)](#) señala que los niveles de ácido

húmicos aplicados al suelo en su experimento, influyeron de manera visible en la variable altura de planta.

Las variables cobertura vegetal, área foliar e índice de área foliar presentaron comportamientos similares donde la aplicación de dolomita mostró los valores más altos, seguido de la aplicación de los ácidos húmicos obteniendo resultados positivos en comparación con el testigo. Al respecto [Cuenca et al. \(2020\)](#) reportaron que al aplicar dolomita combinada con compost, gallinaza y humus en fréjol el área foliar se incrementó en un 42, 44 y 50% respectivamente en contraste al tratamiento testigo. Por otro lado [Kulikova et al. \(2003\)](#) mencionan que las sustancias húmicas facilitan la absorción de nutrimentos por las plantas, especialmente aquellos que se encuentren deficientes. Así mismo [Reyes et al. \(2017\)](#) señalan que la aplicación de ácidos húmicos induce un incremento en la absorción de nutrientes. Esto podría explicar los resultados obtenidos en el presente trabajo si comparamos la aplicación de ácidos húmicos con respecto al testigo ya que una mejor absorción de nutrientes se puede ver reflejado en una mayor biomasa, área foliar y cobertura vegetal. Los resultados coinciden con los obtenidos por [Fernández-Luqueño et al. \(2010\)](#) quienes plantean que la aplicación de ácidos húmicos provenientes de vermicompost incrementa la biomasa fresca de la parte aérea en frijoles independientemente de la forma en la que se realice la aplicación, Del mismo modo [Acevedo and Pire \(2004\)](#), reportan que al aplicar lombricompost como fuente de ácido húmico en el cultivo de papaya evaluando área foliar, altura de la planta, diámetro del tallo y biomasa obtuvieron incrementos significativos respecto al control.

La cuantificación de clorofila se determinó mediante medición de SPAD, según [Xiong et al. \(2015\)](#) la medición del SPAD estima la intensidad del color verde en las hojas lo cual se considera como una medida directa del contenido de clorofila. En el presente trabajo esta variable no se vio afectada ni por la aplicación de enmiendas ni por la densidad de siembra, sin embargo es importante mencionar que las sustancias húmicas están relacionadas a una mayor producción de energía metabólica en forma de ATP y propician el incremento del contenido de la clorofila de las hojas de la planta [Reyes et al. \(2020\)](#). En cuanto a la cal dolomita esta aporta magnesio, elemento que asume un papel importantísimo en la vida de la planta porque forma parte de la molécula de clorofila ([Píccoli et al., 2004](#)).

El pH del suelo disminuyó progresivamente tanto en dolomita como en ácidos húmicos y testigo, lo cual difiere con lo reportado por [Ortiz \(2008\)](#), quien menciona que la dolomita ayuda a reducir la acidez de los suelos aumentando las unidades de pH. La aplicación de dolomita presentó un valor más alto de pH con respecto a ácidos húmicos y testigo. Al respecto [Carvajal and Gómez \(2016\)](#) al evaluar la aplicación de dolomita en sorgo encontraron que las unidades de pH aumentaron en un 0,98 y 0,85 para las dosis de 1,5 y 3 t/ha respectivamente, lo que reduce su acidez. Por otro lado al igual que la cal, los ácidos húmicos tienen un efecto similar en el suelo y en los cultivos, neutralizan el valor del pH en el suelo ácido, lo que aumenta la capacidad de amortiguación del suelo, lo que significa que la precipitación ácida tiene un efecto menos negativo en las reacciones del suelo ([Humintech, 2022](#)). [Mesa et al. \(1992\)](#) al evaluar la aplicación de ácidos húmicos en suelos en Colombia concluye que el pH del suelo no sufrió ninguna modificación si no que permaneció estable.

En cuanto al factor densidad de siembra, [González et al. \(2018\)](#) señala que la densidad de siembra afecta los parámetros morfológicos externos y los anatómicos en quinua, por lo que resulta esperable que los procesos fisiológicos, como la fotosíntesis, también resulten afectados; esto se vería reflejado en variables de desarrollo como altura, biomasa, IAF, cobertura y variables de rendimiento del cultivo. Así mismo [Erazzú et al. \(2016\)](#) demostró que la densidad de siembra afectó tanto la morfología externa como la anatomía de la hoja y el rendimiento de granos de quinua variedad cica, estos autores utilizando dos densidades de siembra (4,2 y 27,9 plantas/m lineal con entresurcos a 0,50 m), encontraron que tanto la altura de las plantas como el diámetro del tallo resultaron mayores en la densidad más baja. El área foliar específica (AFE), así como la densidad estomática también resultaron incrementadas en el tratamiento de densidad baja. El mayor número de índice de área foliar se obtuvo con la mayor densidad de siembra (166 667 plantas/ha), en tanto que el pH y la clorofila no fueron afectados por factor densidad.

En cuanto al rendimiento y sus componentes (número de granos/m² y peso de granos/m²), la aplicación de enmiendas alcanzó los mayores valores con respecto al testigo, donde el rendimiento obtenido con dolomita fue 1 687,44 kg/ha, y ácidos húmicos 1256,56 kg/ha, en contraposición de un testigo que alcanzó 659,18 kg/ha. Resultados similares fueron hallados por [Carvajal and Gómez \(2016\)](#) aplicando dolomita en sorgo donde se obtuvo mejores rendimientos con la aplicación de 1,5 y 3 t/ha de cal dolomita en comparación con el testigo ($P \leq 0,05$). Del

mismo modo [Parra \(2016\)](#) al aplicar ácidos húmicos señala que no existieron diferencias estadísticamente significativas en la producción de trigo, sin embargo, se observó una tendencia a aumentar el rendimiento en un 24% con respecto al testigo, lo que destaca la acción del ácido húmico como una alternativa concreta para alcanzar el potencial productivo de los cultivos.

El rendimiento de un cultivo depende en gran parte de la densidad de plantas sembradas, debido a la competencia que se establece entre ellas por el agua, los nutrientes y la captura la radiación fotosintéticamente activa (RFA) fundamentalmente ([Lambers et al., 2008](#)). En lo correspondiente a este factor de densidad en el presente estudio se obtuvo un efecto significativo con la densidad 166 667 plantas/ha con un rendimiento de 1 694,42 kg/ha siendo esta la densidad más alta, seguido de la densidad más baja de 71 428 plantas/ha, presentando un rendimiento de 1 236,05 kg/ha, Esto difiere con lo hallado por [Cruz et al. \(2021\)](#) quienes al evaluar tres densidades de siembra en quinua (65 500, 83 333 y 156 250 plantas por ha) encontraron que las bajas densidades de siembra presentaron el mejor peso seco de la panícula en el ciclo de producción final, mejores rendimientos y el mejor peso del grano, así mismo, concluyen que la densidad de siembra afecta los diferentes componentes del rendimiento y la suma de ellos permite que la planta obtenga la mejor respuesta en el ciclo de producción. Por otro lado, [Rojas et al. \(2020\)](#) al evaluar el comportamiento del ecotipo de quinua Blanca del Cauca bajo 3 niveles de fertilización, con 3 densidades de siembra y 3 métodos de siembra mencionan que la quinua responde mejor con siembra a chorrillo y alta aplicación de materia orgánica, además hallaron que la mejor producción por planta se obtuvo con la Blanca del Cauca con densidad 0,8 x 0,8 m fertilización.

8. Conclusiones

- Mediante la aplicación de enmiendas cal dolomita y ácidos húmicos, se obtuvo efectos positivos sobre las variables morfológicas, alcanzando el mayor contenido de biomasa seca, altura de la planta, área foliar, índice de área foliar, cobertura vegetal. Al aplicar cal dolomita y ácidos húmicos influyen de manera positiva sobre el cultivo. Mientras que, en la densidad de siembra se obtuvo efectos positivos durante todo el ciclo del cultivo en las variables de biomasa e índice de área foliar, con las densidades de 71 428 plantas/ha y 166 667 plantas/ha
- Al finalizar el ensayo se logró mantener el pH del suelo al aplicar la cal dolomita, mientras que, al aplicar los ácidos húmicos no mostró diferencias significativas de pH del suelo, durante todo el ensayo.
- Se obtuvo un buen rendimiento al aplicar cal dolomita, siendo mayor en comparación a los ácidos húmicos el cual presentó 1 687,44 kg/ha y 1 256,56 kg/ha respectivamente. En cuanto a las densidades de siembra, la densidad que presentó mayor rendimiento fue de 166 667 plantas/ha, el cual se obtuvo un rendimiento de 1 694,42 kg/ha

9. Recomendaciones

Realizar nuevos estudios aplicando más densidades de siembra y enmiendas (orgánicas e inorgánicas) con el fin de corregir problemas en el suelo por déficit de nutrientes y pH, y así garantizar un buen rendimiento.

Al realizar el intercalado se recomienda aplicar las enmiendas por lo menos dos meses antes de establecer el cultivo con el fin de dar tiempo para que actúe y corrija problemas de acidez en el suelo.

Incrementar la dosis de ácidos húmicos con el fin de obtener resultados favorables en ensayos posteriores.

10. Bibliografía

- Acevedo, I. C., & Pire, R. (2004). Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.). *Interciencia*, 29(5), 274-279.
- Aguilar, G. E. (2015). Efecto de la aplicación de cinco ácidos húmicos comerciales en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Magollo Tacna 2015.
- Apaza, G. C., Rigoberto Estrada, Rember Piden. (2013). CATÁLOGO DE VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA EN EL PERÚ [Libro]. 17-18.
- Armor, Z. (2020). Manual de enmienda para la aplicación de cal dolomita. 4.
- Bastidas, E. G., Roura, R., Rizzolo, D. A. D., Massanés, T., & Gomis, R. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2016, vol. 6, num. 3.
- Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (2015). State of the art report on quinoa around the world in 2013. In: FAO.
- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., . . . Otambekova, M. (2016). Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in Plant Science*, 7, 850.
- Calisaya, E. M. (2017). Efecto de cinco niveles de ácido húmico en el crecimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), variedad salcedo inia Cerro Blanco-Calana, Tacna-2015.
- Campitelli, P. A., Velasco, M. I., & Ceppi, S. B. (2006). Chemical and physicochemical characteristics of humic acids extracted from compost, soil and amended soil. *Talanta*, 69(5), 1234-1239.
- Carvajal, K. G., & Gómez, C. A. (2016). Efecto de la aplicación de cal dolomita sobre el pH del suelo y rendimiento de sorgo sureño en suelos de uso agrícola, Zamorano, Honduras.
- Cruz, I., Chaparro, H. N., Díaz, L. I., & Romero, G. A. (2021). Effect of sowing density on the agronomic performance of Quinoa Nariño cultivar and the transmissivity of photosynthetically active radiation in the high tropics of Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(2), 9491-9497.
- Cuadrado, S. (2012). *La quinua en el Ecuador situación actual y su industrialización*
- Cuenca, A. C., Castro, N. I., Cargua, J. E., Cedeño, G. A., & Cedeño, J. L. (2020). Efectividad de enmiendas sobre el crecimiento y rendimiento de fréjol común en suelo andisol ácido. *Temas agrarios*, 25(1), 54-65.
- Deza Montoya, D. P. (2018). Rendimiento y calidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina.
- Erazzú, L. E., González, J. A., Buedo, S. E., & Prado, F. E. (2016). Efectos de la densidad de siembra sobre *Chenopodium quinoa* (quinua). Incidencia sobre variables morfológicas y rendimiento de grano en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). *Lilloa*, 53(1), 1-11.
- ESPAC. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Fernández-Luqueño, F., Reyes-Varela, V., Martínez-Suárez, C., Salomón-Hernández, G., Yáñez-Meneses, J., Ceballos-Ramírez, J., & Dendooven, L. (2010). Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource technology*, 101(1), 396-403.

- González, J. A., Erazzú, L. E., Buedo, S. E., & Prado, F. E. (2018). Efecto de la densidad de siembra sobre la actividad fotosintética en *Chenopodium quinoa* var. CICA (“quinoa”) en el Noroeste Argentino. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53(1), 1-10.
- Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J., . . . Monar, C. (2021). Quinoa in Ecuador: Recent advances under global expansion. *Plants*, 10(2), 298.
- Humintech. (2022). Sustancias húmicas_ El secreto de los suelos fértiles. *GESTIÓN DEL PH CON ÁCIDOS HÚMICOS*.
- Jacobsen, S.-E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international*, 19(1-2), 167-177.
- James, L. E. A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, 58, 1-31.
- Kulikova, N., Dashitsyrenova, A., Perminova, I., & Lebedeva, G. (2003). Auxin-like activity of different fractions of coal humic acids. *Bulgarian J. Ecol. Sci*, 2(3-4), 55-56.
- Lambers, H., Chapin, F. S., & Pons, T. L. (2008). *Plant physiological ecology* (Vol. 2). Springer.
- Lwin, C. S., Seo, B.-H., Kim, H.-U., Owens, G., & Kim, K.-R. (2018). Application of soil amendments to contaminated soils for heavy metal immobilization and improved soil quality—A critical review. *Soil science and plant nutrition*, 64(2), 156-167.
- Marcelo, C. (2015). Enmienda con dolomita en la instalación del cultivo de *Coffea arábica* L. variedad Catuai, en Satipo. *Prospectiva Universitaria*, 12(1), 21-26.
- Martnez, E., Veas, E., Jorquera, C., San Martn, R., & Jara, P. (2009). Re-introduction of *Chenopodium quinoa* Willd. into arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195, 1-10.
- Mesa, L. J., Castro, J., & Méndez, P. (1992). Efecto de la aplicación de ácidos húmicos en Hapludult típico de los llanos orientales y su interacción con elementos micronutrientes. *Agronomía Colombiana*, 9(1), 160-178.
- Moreno, V. (2016). *Validación del protocolo de control interno de calidad para la producción de semilla de quinua variedad (INIAP-Tunkahuan), bajo dos tipos de fertilización, CADET, 2015* Quito: UCE].
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
- Narea, A. (1976). La producción de quinua en el Perú. *Segunda Convención Internacional de las Quenopodiáceas (Potosí: Universidad Boliviana Tomas Frias)*, 170-177.
- Nisar, M., More, D. R., Zubair, S., & Hashmi, S. I. (2017). Physico-chemical and nutritional properties of quinoa seed: A review. *J Pharmacogn Phytochem*, 6, 2067-2069.
- Nolla, A., Korndouml, G. H., Da Silva, C. A. T., Da Silva, T. R. B., Zucarelli, V., & Goncedil, M. A. (2013). Correcting soil acidity with the use of slags. *African Journal of Agricultural Research*, 8(41), 5174-5180.
- Ortiz, E. (2008). Evaluación del efecto de la cal dolomita sobre algunas características químicas del suelo y la absorción de nutrientes en el cultivo de piña (*Ananas comosus*)(L) Merr. *Híbrido md-2 en finca ganadera la Flor SA en Río Cuarto, Grecia, Costa Rica. Instituto tecnológico de costa rica. San Carlos, Costa Rica*.
- Parra, C. n. I. n. (2016). Efecto de la aplicación de ácido húmico sobre las propiedades físicas de un suelo cultivado con trigo en la Región de la Araucanía.
- Pasqualoto, L., Lopes, F., Okorokova, A. L., & Rocha, A. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma

- membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant physiology (Bethesda)*, 130(4), 1951-1957.
- Peralta, I. (2010). INIAP Tunkahuan: Variedad mejorada de quinua.
- Píccoli, A. B., Martínez, G. C., & Rodríguez, V. A. (2004). Comportamiento de concentraciones foliares de Ca y Mg en naranjo (*Citrus sinensis*) variedad valencia late en dos épocas del año.
- Piedra, J. L. L., Inga, D. H. H., & Guerrero, C. A. S. (2015). Evaluación del cultivo de *Chenopodium quinoa* “quinua” bajo condiciones edafoclimática del distrito de puerto eten-Lambayeque. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1), 83-83.
- Plaster, E. J. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Madrid, ES: Edit. Paraninfo.
- Quinoa, F. (2011). An ancient crop to contribute to world food security. *Regional Office for Latin America and the Caribbean*, 2, 73-87.
- Reyes, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebato, M. Á., Rodríguez-Pedroso, A. T., & Falcón-Rodríguez, A. (2020). Efecto de ácidos húmicos, micorrizas y quitosano en indicadores del crecimiento de dos cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(3), 653-666.
- Reyes, J. J., Rodríguez, W. O., Abasolo, F., Yépez, Á. J., Luna, R. A., Zambrano, D., . . . Torres, J. A. (2017). ACIDOS HÚMICOS Y SU EFECTO SOBRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS EN PLANTAS DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.). *Biotecnia*, 19(2), 25-29.
- Rojas, C., Burbano, G., & Muñoz, E. (2020). Evaluacion del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilizacion y métodos de siembra en Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18, 46-55.
- Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gomez Pando, L., Leon-Lobos, P., Alercia, A., . . . Bazile, D. (2015). Quinoa genetic resources and ex situ conservation.
- Sanchez, H. B., Lemeur, R., Damme, P. V., & Jacobsen, S. E. (2003). Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international*, 19(1-2), 111-119.
- Vilcacundo. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1-6.
- Xiong, D., Chen, J., Yu, T., Gao, W., Ling, X., Li, Y., . . . Huang, J. (2015). SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific reports*, 5(1), 13389.

11. Anexos

Anexo 1. Análisis químico de suelo

MC-LASPA-2201-01

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 22-0210

NOMBRE DEL CLIENTE: Cordero Gaona Elisa Mishel
PETICIONARIO: Cordero Gaona Elisa Mishel
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Cordero Gaona Elisa Mishel
DIRECCIÓN: La Argelia

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16/03/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14.00
FECHA DE ANÁLISIS: 21/03/2022
FECHA DE EMISIÓN: 25/03/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: S4 + CIC

Análisis	Ph	N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Ca+Mg/K		Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN				
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural													
22-0557	5,81	Me	Ac	55	M	22	A	7,8	B	0,31	B	0,05	B	2,41	M	0,42	M	0,9	B	5,4	A	323	A	16,3	A	5,72	7,90	53,12	2,88	0,3	B				41	41	18	Franco	Wagner Oviedo, Angel Uchuari, Elisa Cordero, Lote 1, Muestra 1

Análisis	Al+H*	Al*	Na *	C.E. *	N. Total*	N-NO3 *	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA			
pH =	Suñto: Agua (1-2,5)	P K Ca Mg =	Oren Modificado
S.B =	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn =	Oren Modificado
		B =	Curumina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAJ = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titración NaOH

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

Nº muestra	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación de la muestra
	meq/100 g suelo	(%)	meq/100 g suelo					
22-0557	0,06	2,59	0,43	0,23	3,31	34,22	9,67	Wagner Oviedo, Angel Uchuari, Elisa Cordero, Lote 1, Muestra

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado digitalmente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA



Firmado digitalmente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 2. Ficha técnica de la cal dolomita



DATOS del producto

Nombre Comercial	: Dolomina
Nombre Genérico	: Cal Dolomita, Dolomita
Fórmula	: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + \text{SiO}_2$
Registro	
Agrocalidad	Dolomina 5Mg : 1211-F-AGR Dolomina 8Mg : 1075-F-AGR Dolomina 31Mg : 1074-F-AGR

PRESENTACIÓN

Sacos de polipropileno laminado con marca Dolomina de 50 Kg.

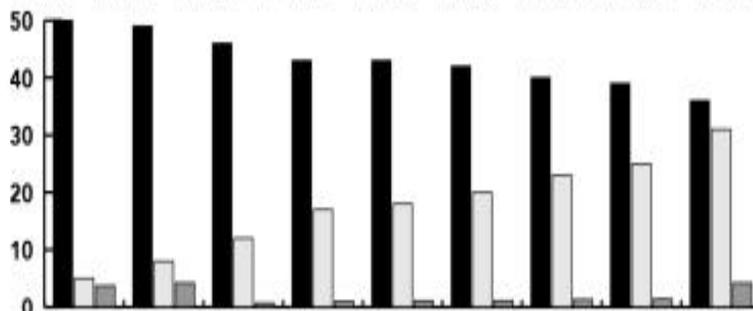
APLICACIÓN

En polvo, tal como viene en el envase.



CARGA MINERAL

Dolomina	5Mg	8Mg	10Mg	12Mg	17Mg	18Mg	20Mg	23Mg	25Mg	31Mg	31Mg
Calcio (CaO)	: 50%	: 49%	: 49%	: 46%	: 43%	: 43%	: 42%	: 40%	: 0.39%	: 36%	: 30%
Magnesio (MgO)	: 5%	: 8%	: 10%	: 12%	: 17%	: 18%	: 20%	: 23%	: 0.25%	: 31%	: 40%
Silicio (Si)	: 3.7%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 4.2%	: 0.042	: 4.2%	: 4.7%



Anexo 3. Ficha técnica de ácidos húmicos

HUMIC PLUS

FÓRMULA A BASE DE ÁCIDOS
HÚMICOS Y FÚLVICOS EXTRAÍDOS
DE LEONARDITA



01 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Ácidos Húmicos totales (Húmicos y Fúlvicos)	16.0
Materia orgánica total	17.8

02 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

Estado físico	Líquido
Color	Marrón/Negro
Olor	Característico
pH	10 – 11
Densidad	1,080 ± 0,05 kg/l
Solubilidad en agua	Completamente soluble en agua
Persistencia de espuma	No aplica, el producto no provoca formación de espuma en diluciones en agua



03 TOXICOLOGÍA

No existen estudios específicos de toxicidad del producto. No existe peligro averiguable en la ordinaria utilización como abono, sin embargo en base al sistema de cálculo toxicológico señalado en la ley CE sobre "La clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos" (Directiva 1999/45/CE y Directiva 2001/58/CE) el producto es clasificado NO PELIGROSO y sin efectos tóxicos para la salud humana.

04 MODO DE ACCIÓN

HUMIC PLUS es un corrector orgánico fluido, caracterizado por un elevado contenido en ácidos húmicos y fúlvicos; Humic Plus es extraído de una sustancia fósil natural de elevada calidad, la Leonardita, constituida exclusivamente por sustancias húmicas concentradas.

05 MECANISMO DE ACCIÓN

Los ácidos húmicos y fúlvicos contenidos en Humic Plus desarrollan numerosas acciones que mejoran, al aplicar sobre el suelo o directamente sobre las plantas:

- Contribuyen a mejorar la estructura y la capacidad de retención hídrica en los suelos arenosos.
- Aumentan el poder de intercambio entre suelo y planta, la disponibilidad de los nutrientes, en particular del fósforo, del potasio, del hierro y de todos los microelementos.
- Facilitan el mantenimiento del pH del suelo en valores cercanos a neutro y estimulan directamente el desarrollo del aparato radicular y la germinación de semillas.

HUMIC PLUS puede ser, por tanto, empleado en fertirrigación en combinación con los abonos normales y con los formulados a base de hierro y microelementos, aumentando así su eficacia.

HUMIC PLUS se puede también utilizar como aditivo de fertilizantes foliares, pesticidas o fungicidas aumentando así su efectividad y reduciendo su toxicidad.

Anexo 4. Plan de fertilización

Fertilizante	g/parcela	2 aplicaciones (g)	Dosis para las 27 unidades experimentales
Muriato de potasio	276	138	7,45
Fosfato di amónico	108	54	2,93
Sulfato de zinc	108	54	2,92
Urea	92	46	2,5
Borax	4	2	0,14

Evidencias fotográficas

Anexo 5. Preparación del terreno e intercalado en las parcelas correspondientes



Anexo 6. siembra de quinua a chorro continuo



Anexo 7. Limpieza de arvenses y registro de datos en campo



Anexo 8. Aplicación de ácidos húmicos, primera visita de campo



Anexo 9. Registro de datos en laboratorio, analisis de pH.



Anexo 10. Cosecha y trillado de la quinua



Anexo 11. Registro de datos en laboratorio, peso de granos/parcela.



Anexo 12. Certificado de traducción del abstract.

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de Identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: "**Respuesta del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*) realizando modificaciones de densidad de siembra y enmiendas, bajo condiciones agroclimáticas de Loja**", perteneciente al señor **Angel Jonathan Uchuari Marizaca**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



Maholy Katherine Morocho Merino

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés
Registro N° 1008-2016-1695982 SENECYT.