



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

**Carrera de Ingeniería Agronómica**

**Influencia de la densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan en la Estación Argelia, Loja**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

**AUTORA:**

Zoila María Sanmartín Sanmartín

**DIRECTORA:**

Dra., Mirian Irene Capa Morocho PhD.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 27 de febrero del 2023

Dra. Mirian Irene Capa Morocho PhD.  
**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACION**

### **CERTIFICO:**


Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Influencia de la densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan en la Estación Argelia, Loja**, previo a la obtención del Título de **Ingeniera Agrónoma**, de la autoría de la estudiante Zoila **María Sanmartín Sanmartín**, con cedula de identidad Nro. **1150110896**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Dra. Mirian Irene Capa Morocho PhD.  
**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACION**

## **Autoría**

Yo, **Zoila María Sanmartín Sanmartín**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. 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:** 1150110896

**Fecha:** Loja, 10 de mayo de 2023

**Correo electrónico:** [zoila.sanmartin@unl.edu.ec](mailto:zoila.sanmartin@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0969231069

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

Yo, **Zoila María Sanmartín Sanmartín**, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado: **Influencia de la densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan en la Estación Argelia, Loja**, como requisito para optar al título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines Académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital 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 diez días del mes de mayo de dos mil veinte y tres.

**Firma:** 

**Autora:** Zoila María Sanmartín Sanmartín

**Cédula de Identidad:** 1150110896

**Dirección:** Quinara, Loja. (14 de febrero entre Piscobamba y los Quinches)

**Correo Electrónico:** [zoila.sanmartin@unl.edu.ec](mailto:zoila.sanmartin@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0969231069

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora del Trabajo de Titulación:** Dra. Mirian Irene Capa Morocho

## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo se lo dedico primeramente a Dios, por permitirme tener vida y salud para cumplir uno de mis sueños más anhelados, a mi querida madre, mi ejemplo de amor, lucha y perseverancia, a quien amo y extraño con todo el corazón, y que hoy es mi ángel, que desde el cielo me da su bendición, guía mis pasos y estoy segura de que se siente muy orgullosa de la mujer en la que me he convertido, y de manera especial se lo dedico a mi más grande amor, el regalo más bello que me dio la vida, mi pequeño ángel, que aun sin conocerlo se ha convertido en mi fortaleza y motivo para seguir de pie a pesar de las adversidades.

*Zoila María Sanmartín Sanmartín*

## **Agradecimiento**

Expreso mis sinceros agradecimientos a Dios, también a mi compañero de vida, a mis hermanos Ronal, Viviana y Alejandra, por su inmenso apoyo, gracias por no permitir que abandone mis sueños cuando me he sentido abatida, así mismo expreso mi gratitud a la Dra. Mirian Capa Directora de mi Trabajo de Investigación, por su paciencia y haber sido mi guía para culminar con éxito la presente investigación, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, que a lo largo de la carrera impartieron sus conocimientos para brindar una correcta formación profesional, finalmente, a mis compañeros mil gracias.

*Zoila María Sanmartín Sanmartín*

## Índice de contenidos

|  |            |
|--|------------|
| <b>Portada.....</b>  | <b>i</b>   |
| <b>Certificación .....</b>                                 | <b>ii</b>  |
| <b>Autoría.....</b>  | <b>iii</b> |
| <b>Carta de autorización .....</b>                         | <b>iv</b>  |
| <b>Agradecimiento .....</b>                                | <b>vi</b>  |
| <b>Índice de contenidos.....</b>                           | <b>vii</b> |
| <b>Índice de tablas: .....</b>                             | <b>x</b>   |
| <b>Índice de figuras:.....</b>                             | <b>xi</b>  |
| <b>Índice de anexos: .....</b>                             | <b>xii</b> |
| <b>1. Título.....</b>                                      | <b>1</b>   |
| <b>2. Resumen .....</b>                                    | <b>2</b>   |
| 2.1. Abstract.. .....                                      | 3          |
| <b>3. Introducción.....</b>                                | <b>4</b>   |
| 3.1. Objetivos.....  | 5          |
| 3.1.1. Objetivo General .....                              | 5          |
| 3.1.2. Objetivos específicos.....                          | 5          |
| <b>4. Marco teórico .....</b>                              | <b>6</b>   |
| 4.1. Generalidades del cultivo de quinua .....             | 6          |
| 4.2. Trabajos realizados sobre densidades de siembra ..... | 6          |
| 4.3. Requerimientos de pH de la quinua.....                | 6          |
| 4.4. Corrección de la acidez del suelo .....               | 7          |
| 4.5. Corrección de la acidez con Dolomita.....             | 7          |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.6. Corrección de la acidez con Ácidos húmicos.....  | 8         |
| <b>5. Metodología.....</b>  | <b>10</b> |
| 5.1. Ubicación.....   | 10        |
| 5.2. Procedimiento Experimental .....   | 10        |
| 5.2.1. Análisis de suelo.....   | 10        |
| 5.2.2. Preparación del suelo y siembra .....  | 11        |
| 5.2.3. Control de arvenses, plagas y enfermedades.....  | 11        |
| 5.3. Diseño experimental.....   | 11        |
| 5.3.1. Modelo matemático del diseño experimental.....   | 13        |
| 5.3.2. Esquema de disposición del ensayo en campo .....   | 13        |
| 5.4. Análisis estadístico .....   | 14        |
| 5.5. Metodología para el primer objetivo específico: Determinar el crecimiento de quinua variedad Tunkahuan bajo diferentes densidades de siembra y enmiendas. ....                               | 14        |
| 5.5.1. Fenología.. .....  | 14        |
| 5.5.2. Biomasa... .....   | 15        |
| 5.5.3. Altura de la planta.....   | 15        |
| 5.5.4. Cobertura vegetal.....   | 15        |
| 5.5.5. Medición del pH.....   | 15        |
| 5.5.6. Índice de clorofila SPAD.....  | 15        |
| 5.6. Metodología para el segundo objetivo específico: Evaluar el efecto de distintas enmiendas al suelo y densidades de siembra en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan en la Argelia..... | 15        |
| 5.6.1. Longitud de panoja .....   | 16        |
| 5.6.2. Número de granos por planta .....  | 16        |
| 5.6.3. Número de granos por m <sup>2</sup> .....  | 16        |



|  |    |
|--|----|
| 5.6.4. Peso de granos .....                    | 16 |
| 5.6.5. Rendimiento .....                       | 16 |
| 5.6.6. Índice de cosecha .....                 | 17 |
| <b>6. Resultados</b> .....                     | 17 |
| 6.1. Fenología.....                            | 17 |
| 6.2. Biomasa... ..                             | 17 |
| 6.3. Altura de la planta .....                 | 19 |
| 6.4. Cobertura vegetal.....                    | 20 |
| 6.5. Medición de pH .....                      | 21 |
| 6.6. Cuantificación de clorofila .....         | 21 |
| 6.7. Longitud de panoja .....                  | 23 |
| 6.8. Número de granos por planta .....         | 23 |
| 6.9. Número de granos por m <sup>2</sup> ..... | 24 |
| 6.10. Peso de granos .....                     | 25 |
| 6.11. Rendimiento .....                        | 26 |
| 6.12. Índice de cosecha.....                   | 26 |
| <b>7. Discusión</b> .....                      | 27 |
| <b>8. Conclusiones</b> .....                   | 31 |
| <b>9. Recomendaciones</b> .....                | 31 |
| <b>10. Bibliografía</b> .....                  | 32 |
| <b>11. Anexos..</b> .....                      | 37 |

Índice de tablas:

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> | Descripción de los tratamientos de quinua variedad Tunkahuan.....  | 12 |
| <b>Tabla 2.</b> | Etapas de crecimiento fenológico de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) basadas en la escala escala BBCH. ....   | 14 |
| <b>Tabla 3.</b> | Ciclo fenológico de la quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental la Argelia, 2022.....   | 17 |
| <b>Tabla 4.</b> | Efecto de la densidad de siembra y la enmienda en la biomasa de la quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia, 2022.....             | 18 |
| <b>Tabla 5.</b> | Efecto de la densidad de siembra en la biomasa (g planta) de la quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia. ....                     | 18 |
| <b>Tabla 6.</b> | Efecto de la densidad de siembra y la enmienda en la cobertura vegetal (%) de quinua variedad Tunkahuan en diferentes días después de la siembra en la Estación Experimental La Argelia..... | 20 |
| <b>Tabla 7.</b> | Efecto del tipo de enmienda y la densidad de siembra en la longitud de la panoja en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.....                                    | 23 |
| <b>Tabla 8.</b> | Efecto del tipo de enmienda y la densidad de siembra en el número de granos por planta en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.....                              | 24 |
| <b>Tabla 9.</b> | Efecto del tipo de enmienda y la densidad de siembra en el peso de granos en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.....   | 25 |

## Índice de figuras:

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación del experimento, Loja, Ecuador, 2022 .....  | 10 |
| <b>Figura 2.</b> Esquema del diseño experimental en campo del cultivo de quinua .....  | 13 |
| <b>Figura 3.</b> Efecto de la densidad de siembra en la altura de la quinua variedad Tunkahuan en diferentes días después de la siembra en la Estación Experimental La Argelia. ....                       | 19 |
| <b>Figura 4.</b> Efecto del tipo de enmienda en la altura de quinua variedad Tunkahuan en diferentes días después de la siembra en la Estación Experimental La Argelia. ....                               | 20 |
| <b>Figura 5.</b> Efecto la aplicación de enmiendas en el pH del suelo en la Estación Experimental La Argelia.....  | 21 |
| <b>Figura 6.</b> Efecto de la densidad de siembra en el contenido de clorofila de las hojas de quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia.....     | 22 |
| <b>Figura 7.</b> Efecto de la aplicación de enmiendas en el contenido de clorofila de las hojas de quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia..... | 22 |
| <b>Figura 8.</b> Efecto de la densidad de siembra en el número de granos por metro cuadrado en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.....                                       | 25 |
| <b>Figura 9.</b> Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia .....  | 26 |
| <b>Figura 10.</b> Efecto del tipo de enmienda en el índice de cosecha en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia. ....  | 27 |
| <b>Figura 11.</b> Preparación del suelo.....   | 44 |
| <b>Figura 12.</b> Establecimiento del cultivo .....  | 44 |
| <b>Figura 13.</b> Aplicación de ácidos húmicos.....  | 45 |
| <b>Figura 14.</b> Toma de variables .....  | 45 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 16.</b> Cosecha, trillado y peso de la quinua ..... | 45 |
|---|----|

Índice de anexos:

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexo 1.</b> Análisis de suelo .....                      | 37 |
| <b>Anexo 3.</b> Fotografías de experimento en campo .....    | 44 |
| <b>Anexo 4.</b> Certificado de gtraduccion del Abstract..... | 46 |

## **1 Título**

**Influencia de la densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan en la Estación Argelia, Loja.**

## 2 Resumen

La quinua es el principal cultivo de los Andes. Su valor nutritivo radica en el balance ideal de los aminoácidos que lo convierten en un excelente componente en las dietas. El objetivo de esta investigación fue analizar la influencia de densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de *Chenopodium quinoa* variedad Tunkahuan. Fue en la Estación La Argelia, utilizando tres densidades de siembra: 200000 plantas/ha (0.10 m \* 0.5 m), 133333 plantas/ha (0.15m\* 0.5m) y 66666 plantas/ha (0.30m\*0.5m) y enmiendas; dolomita y ácidos húmicos, bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), tres repeticiones. La altura y cobertura vegetal se tomaron cada 20 días, la fenología con la escala BBCH, la biomasa se registró en seis estados, el pH se midió tres veces durante el ciclo del cultivo, la cuantificación de clorofila fue en antesis e inicio de llenado de grano, la longitud de panoja en madurez fisiológica. El número de granos por planta, por m<sup>2</sup>, peso, rendimiento e índice de cosecha se midieron al final del ensayo. Los resultados sugieren que a mayor densidad mayores valores de biomasa y altura. Asimismo, la aplicación de ácidos húmicos favoreció en la altura y el pH del suelo. La aplicación de la enmienda dolomita mostro resultados favorables en el índice de clorofila y el número de granos por m<sup>2</sup> y con los ácidos húmicos se obtuvo mayores valores de longitud de panoja, rendimiento e índice de cosecha. Este estudio ayuda a los productores de quinua a implementar nuevas nuevas tecnologías en producción en cuánto a densidad y encalado.

**Palabras claves:** *Chenopodium quinoa*, crecimiento, encalado, madurez fisiológica.

## 2.1 Abstract

Quinoa is the main crop in the Andes. Its nutritional value play a crucial role to the ideal balance of amino acids, which is an excellent component in diets. The objective of this research was to analyze the influence of planting density and pH amendments on the growth and yield of *Chenopodium quinoa* variety Tunkahuan. It was at La Argelia Station, using three planting densities: 200,000 plants/ha (0.10 m 0.5 m), 133,333 plants/ha (0.15m\*0.5m) and 66,666 plants/ha (0.30m\*0.5m) and amendments; dolomite and humic acids, under a completely randomized block design (DBCA), three replicates. The height and vegetation cover were taken every 20 days, the phenology with the BBCH scale, the biomass was recorded in six states, the pH was measured three times during the crop cycle, the quantification of chlorophyll was in anthesis and beginning of filling of grain, the length of the panicle at physiological maturity. The number of grains per plant, per m<sup>2</sup>, weight, yield and harvest index were measured at the end of the trial. The results suggest that the higher the density, the higher the biomass and height values. Likewise, the application of humic acids favored the height and the pH of the soil. The plants subjected to the dolomite treatment at higher density showed higher chlorophyll values, with the use of humic acids a high panicle length was obtained, the highest number and weight of grains was found with dolomite, the highest number of grains per m<sup>2</sup> it was obtained at higher densities, with the application of humic acids a higher yield and harvest index was obtained. This study helps quinoa producers to implement new production technologies in terms of density and liming.

**Words keys:** *Chenopodium quinoa*, growth, liming, maturity physiological.

### 3 Introducción

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sudamérica. Existen evidencias de que fue alimento básico para las poblaciones pre-hispánicas hasta la época de la conquista. Su valor nutritivo radica en el balance ideal de los aminoácidos de su proteína que lo convierten en un excelente componente en las dietas. Adicionalmente, contiene una cantidad adecuada de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que incrementan su valor nutracéutico (Gómez & Aguilar, 2016).

A pesar de los beneficios que aporta la quinoa, en la provincia no existe mucha demanda de este cultivo, es por ello por lo que la quinoa puede constituirse un cultivo importante para Loja, si se considera que gran parte de la superficie agrícola de esta provincia está subutilizada y tiene limitaciones hídricas, por lo tanto, este cultivo puede ser una alternativa para diversificar la producción de granos.

Se ha determinado que los suelos de Loja tienen la característica de ser ácidos (Villamagua, 2014), de aquí nace la necesidad de conocer el crecimiento y rendimiento de quinoa aplicando enmiendas, corrigiendo el pH del suelo para una mejor absorción de nutrientes y un desarrollo satisfactorio del cultivo; asimismo, probar diferentes densidades de siembra con el fin de determinar con cuál de estas se obtiene mejores resultados en el cultivo.

El estudio permitió identificar la densidad de siembra idónea para el cultivo de quinoa en las condiciones agroecológicas de Loja, así mismo con la aplicación de diferentes encalados determinar la mejor enmienda para el tipo de suelo que posee la estación la Argelia aplicando nuevas tecnologías en producción. Además, el proyecto ayuda en el ámbito social y económico porque permite a los productores un mejor manejo del cultivo en cuanto a densidad y encalado, lo que le genera un mejor ingreso y mejorar su calidad de vida.

La Universidad Nacional de Loja ha implementado varias líneas de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación como es: Sistemas de Producción Agropecuaria para la Soberanía Alimentaria. En esta línea se encuentra inmerso el proyecto de tesis: Influencia de la densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de quinoa



(*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan en la Argelia, Loja, el cual forma parte del proyecto titulado: Bases fisiológicas del uso de la radiación solar y el nitrógeno en genotipos de quinua ecuatoriana, financiado por la UNL.

### **3.1 Objetivos**

#### **3.1.1 Objetivo General**

- Determinar la influencia de diferentes densidades de siembra y enmiendas en el suelo sobre el crecimiento y rendimiento de quinua variedad Tunkahuan en las condiciones agroecológicas del sector La Argelia, Loja.

#### **3.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar el crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan bajo la influencia de tres densidades de siembra y enmiendas con dolomita y ácidos húmicos, en las condiciones agroecológicas de la Estación Experimental La Argelia, Loja.
- Evaluar el efecto de enmiendas con dolomita y ácidos húmicos al suelo y tres densidades de siembra en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan en las condiciones agroecológicas de la Estación experimental La Argelia, Loja.

## **4 Marco teórico**

### **4.1 Generalidades del cultivo de quinua**

La quinua tiene su centro de origen en la cuenca del lago Titicaca y valles interandinos de los Andes de Sudamérica. Posiblemente fue domesticada a partir de sus parientes silvestres, hace aproximadamente 6 mil años. Posteriormente, la especie fue distribuida y adaptada a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales, lo que hizo que el cultivo presente una amplia adaptación y diversos usos en las diferentes comunidades étnicas de acuerdo con sus necesidades alimentarias (Tejos, 2015). Es uno de los alimentos más completos que dispone el ser humano, ha sido reconocida por el mundo entero por sus cualidades nutricionales. Es reconocida debido a su aporte integral a la demanda de la nutrición humana; supera los requerimientos estándar y presenta compuestos de alto valor funcional como polifenoles, fitosteroles y flavonoides, que le dan no solo valor nutricional sino también terapéutico y farmacéutico. De la misma forma su contenido de ácidos grasos y su alta conservación por el notable contenido de vitamina E le hacen un alimento vital para la alimentación humana (Vargas *et al.*, 2019).

### **4.2 Trabajos realizados sobre densidades de siembra**

La densidad de siembra puede variar dependiendo de la región. Oscila entre 0,4 y 0,6 g/m<sup>2</sup> en el Altiplano boliviano, de 0,5 a 2,3 g/m<sup>2</sup> en Puno y de 0,8 a 1,4 g/m<sup>2</sup> en Ecuador (Jancurová *et al.*, 2009). La densidad de plantación es un factor importante para asegurar un alto rendimiento de semilla de quinua, que a su vez está influenciado por muchos factores, como variedades de cultivos, condiciones climáticas y estrategias de cultivo (Wang *et al.*, 2020); demostraron que la densidad de plantas que varía de 10 a 60 plantas m<sup>2</sup> no influye en el rendimiento de la semilla cuando se riega por aspersión.

### **4.3 Requerimientos de pH de la quinua**

La quinua tiene un amplio rango donde puede desarrollarse con buen crecimiento y producción, sin embargo, los suelos óptimos para su desarrollo están comprendidos entre pH 6,0 a 8,5 y con una conductividad eléctrica de 12 mhos/cm (Zaragoza, 2010).

La acidez de los suelos constituye un problema de suma importancia en la producción agrícola, ya que afecta las características químicas y biológicas del suelo, en términos generales, reduce el crecimiento de las plantas, causa la disminución de la disponibilidad de algunos

nutrimentos como son calcio, magnesio, potasio y fósforo, y favorece la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio y el manganeso (Ayerve y Yaguachi, 2010). La acidez, ya sea natural o provocada, por el proceso productivo presenta numerosos problemas, los cuales son: altera la disponibilidad de los nutrientes, disminuyen el contenido de calcio, magnesio y potasio, baja la solubilidad del fósforo del suelo y el agregado con fertilizantes, disminuye la tasa de mineralización de la materia orgánica y con ello el aporte de nitrógeno (Ayerve y Yaguachi, 2010).

#### **4.4 Corrección de la acidez del suelo**

Las enmiendas son productos de naturaleza mineral u orgánica que al incorporarse al suelo modifican favorablemente sus propiedades físicas y/o químicas, sin tener en cuenta su valor como fertilizantes. El término incluye a los correctivos de la acidez del suelo (Magra y Ausilio, 2015). La aplicación de enmiendas en suelos contaminados con elementos traza es una técnica de remediación *in situ* cuyo principal objetivo es acelerar los procesos naturales que ocurren en el suelo reduciendo la movilidad y biodisponibilidad de los elementos traza (Gómez y Aguilar, 2016). La corrección de la acidez del suelo se fundamenta en la necesidad de modificar el pH del suelo, ya que está demostrado que en un rango de pH 6,5 a 7,0 el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno alcanza su máxima eficiencia; además, en este rango el P, Ca, Mg y Mo presentan su máxima disponibilidad. Por otro lado, la solubilidad del Al, Fe y Mn aumenta en suelos ácidos, pudiendo alcanzar niveles tóxicos para los vegetales (Magra & Ausilio, 2015).

#### **4.5 Corrección de la acidez con Dolomita**

El carbonato doble de calcio y magnesio, se llama dolomita. Esta enmienda contiene 21.6 % de Ca Y 13.1 % de Mg. Pese a que la dolomita reacciona más lentamente en el suelo que la calcita, tiene la ventaja de suministrar Mg, elemento que se encuentra con frecuencia en los suelos ácidos, la calidad de esta enmienda depende del contenido de impurezas como arcilla y material orgánico (Espinosa & Molina, 2016).

La acidificación del suelo es uno de los principales problemas para la productividad de los cultivos, así como una potente fuente de óxido nitroso atmosférico (N<sub>2</sub>O). La práctica de encalado generalmente se realiza para mejorar los suelos ácidos, pero los efectos de la aplicación de dolomita en las emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos ácidos aún no se comprenden bien. Por lo tanto,

se aplicó dolomita a suelo ácido. Los tratamientos fueron los siguientes: se aplicó dolomita en 0, 1 y 2 kg de suelo bajo dos niveles de humedad, es decir, 55 y 90 % de espacio poroso lleno de agua. Todos los tratamientos de dolomita y humedad se modificaron aún más con 0 y 200 mg N kg de suelo como  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . La adición de dolomita significativamente ( $p \leq 0.01$ ) mitigó las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  a medida que aumentaba el pH del suelo. Los resultados demostraron que el encalado en suelos ácidos es una opción prometedora para mitigar las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  (Shaaban *et al.*, 2015).

En un estudio realizado por (Shaaban *et al.*, 2016), con un suelo ácido para examinar los efectos de la aplicación de dolomita y diciandiamida (DCD) en las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ . Se aplicaron tres niveles de DCD (0, 10 y 20 mg kg; DCD0, DCD10 y DCD20, respectivamente) al suelo ácido bajo dos niveles de dolomita (0 y 1 g kg) que luego se trataron con dos niveles de fertilizante nitrogenado (0 y 200 mg N kg). Obtuvieron resultados que mostraron que las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  fueron más altas a niveles bajos de pH del suelo en suelos tratados con fertilizantes sin aplicación de DCD y dolomita. El presente estudio sugiere que la aplicación de DCD y dolomita a suelos ácidos puede mitigar las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ .

#### **4.6 Corrección de la acidez con Ácidos húmicos**

Son moléculas complejas orgánicas compuestas por la descomposición de materia orgánica. Estos inciden directamente en la fertilidad del suelo, a su vez contribuyen significativamente a su estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa, en un crecimiento excepcional de la planta (Jisa, 2018).

Estudios realizados por (Khaled y Fawy, 2011), se investigaron los efectos de la salinidad, las aplicaciones foliares y al suelo de sustancias húmicas sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes minerales del maíz, y se llevó a cabo la comparación de las aplicaciones al suelo y foliares de los tratamientos con ácidos húmicos a diferentes niveles de NaCl. Se aplicó humus sólido al suelo un mes antes de la siembra y se rociaron ácidos húmicos líquidos sobre las hojas dos veces los días 20 y 40 después de la emergencia de las plántulas. Las dosis de aplicación de humus sólido fueron 0, 2 y 4 g/kg y las de ácidos húmicos líquidos fueron 0, 0,1 y 0,2%. La aplicación de humus al suelo aumentó la absorción de N del maíz, mientras que la aplicación foliar de ácidos húmicos aumentó la absorción de P, K, Mg, Na, Cu y Zn. Bajo estrés salino, las primeras

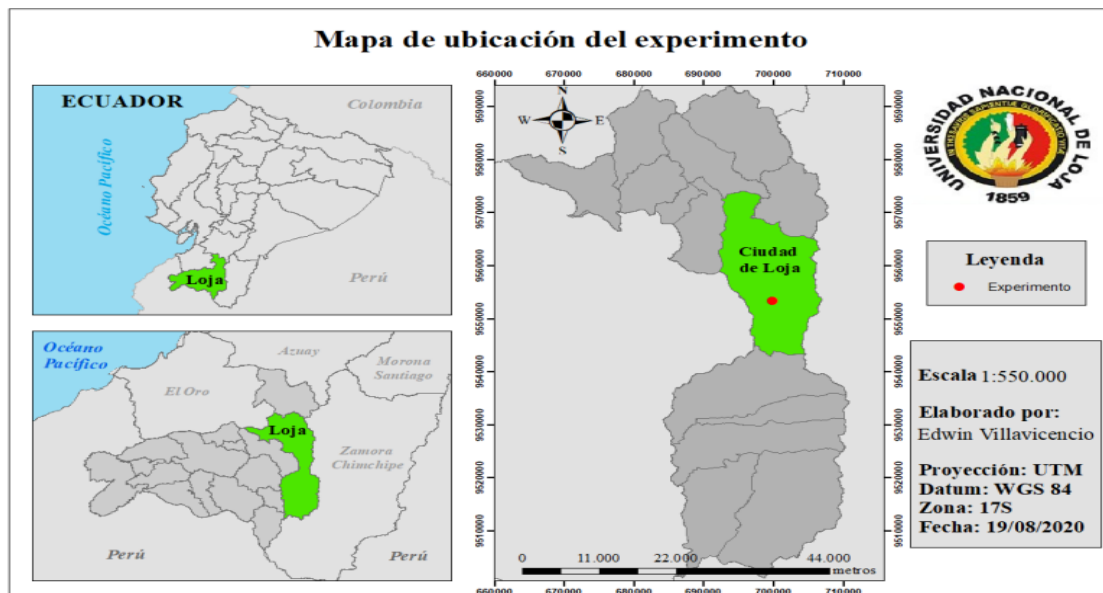
dosis de sustancias húmicas tanto en el suelo como en las hojas aumentaron la absorción de nutrientes.

Delfine *et al.* (2005), realizaron un estudio con el fin de monitorear el efecto de la aplicación foliar de ácido húmico sobre el crecimiento de las plantas, el metabolismo fotosintético y la calidad del grano de trigo duro cultivado en un clima de tipo mediterráneo. Aplicaron cuatro tratamientos de fertilización: un testigo sin fertilizar, un cultivo fertilizado con aplicación foliar de ácido húmico, un cultivo fertilizado con N mineral en suelo a la siembra. Dedujeron que la aplicación foliar de ácido húmico provocó una producción alta de masa seca de la planta con respecto al control sin fertilizar y la aplicación dividida de N al suelo. El ácido húmico tuvo efectos promotores limitados sobre el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la calidad del grano, y el metabolismo fotosintético de los cultivos de trigo duro cultivados en un agro ecosistema típico de tipo mediterráneo del sur de Italia. Estos estudios realizados permitieron evidenciar en el cultivo de quinua los resultados favorables que se obtuvo con la aplicación de ácidos húmicos.

## 5 Metodología

### 5.1 Ubicación

El ensayo se desarrolló en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, de la Universidad Nacional de Loja. Se encuentra ubicado a 2 135 m.s.n.m., con latitud de 04° 02’ 19.2” S y longitud de 79° 12’ 00.6” O (Figura 1). La temperatura media anual es de 16.3 °C, con una precipitación anual promedio 1 058 mm, sus suelos son de naturaleza franco limoso (Ayerve y Yaguachi, 2010).



**Figura 1.** Ubicación del experimento, Loja, Ecuador, 2022

**Fuente:** (VILLAVICENCIO, 2021)

### 5.2 Procedimiento Experimental

#### 5.2.1 Análisis de suelo

Se realizó dos tipos de enmiendas al suelo con dolomita (inorgánico) y ácidos húmicos. Para calcular la cantidad de dolomita a aplicar se lo hizo en base al análisis químico de suelo lo cual permitió conocer el pH del suelo, Ca y Mg presentes en el mismo. Se aplicó la dolomita una sola vez durante la preparación del suelo. En el caso de los ácidos húmicos se utilizó 500 ml de producto en 100 litros de agua, dosis recomendada por el distribuidor del producto, los cuales fueron aplicados mensualmente en la zona radicular. El muestreo del suelo se realizó antes de llevar a cabo el experimento en campo, el mismo consistió en recoger cuatro submuestras a una

profundidad de 20 a 30 cm, la muestra se mezcló y se obtuvo un 1 kg, estas fueron secadas al aire, se las mezcló y se las envió al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Santa Catalina para su análisis.

### **5.2.2 Preparación del suelo y siembra**

Se realizó un arado de disco y rastra, a su vez se aplicó un herbicida pre emergente (bromoxinil), **para** proceder a la delimitación de las unidades experimentales (UE) que tuvieron una dimensión de 2,5 m de largo por 2,5 m de ancho, dando un total de 6.25 m<sup>2</sup> cada una, en total fueron 27 (UE). El área total fue de 328 m<sup>2</sup>. La siembra se la realizó en 3 densidades, las cuales son 200 000 plantas/ha (10 cm\*50 cm), 133 333 plantas/ha (15 cm\*50 cm) y 66 666 plantas/ha (30 cm\*50 cm). Además, se hizo la aplicación de dos tipos de enmiendas y un testigo (SC). Durante el ensayo se efectuó dos fertilizaciones edáficas de acuerdo con los requerimientos del cultivo de quinua de N: P: K (100 - 80 – 70) citar; para ello se utilizaron los siguientes fertilizantes: sulfato de zinc (0.108 kg/parcela), K-mag (0.227 kg/parcela), muriato de K (0.207 kg/parcela), bórax pentahidratado (0.15 kg/parcela) y urea (0.136 kg/parcela). Además, se hizo el riego y control fitosanitario para garantizar las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

### **5.2.3 Control de arvenses, plagas y enfermedades**

Se llevó a cabo el control de arvenses cada 15 días manualmente, con la finalidad de mantener el cultivo en óptimas condiciones, se aplicó el insecticida Engeo (Thiametoxam y lambda cialotrina), para controlar la presencia de Diabrotica, también se usó el fungicida Score (Difenoconazol), para el control de Cercospora.

## **5.3 Diseño experimental**

Este experimento se llevó a cabo con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo bifactorial, donde el factor 1 es la densidad de siembra y el factor 2 tipo de enmienda. Se trabajó con la semilla de quinua variedad Tunkahuan, con 3 densidades de siembra de 200000 plantas/ha, 133 333 plantas/ha y 66 666 plantas/ha, se aplicó como enmiendas dolomita y ácidos húmicos, más un testigo (sin aplicación de enmienda). De cada tratamiento se hizo 3 repeticiones, dando un total de 27 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental tuvo dimensiones de 2.5 m \* 2.5 m, con un espaciamiento de 1 m entre UE (Tabla 1).

## Factores

### Factor densidad de siembra

- D1: 200000 plantas/ha (0.10 m \* 0.5 m)
- D2: 133333 plantas/ha (0.15m\* 0.5m)
- D3: 66666 plantas/ha (0.30 m\*0.5 m)

### Factor enmienda

- E1: Testigo sin enmienda
- E2: Dolomita
- E3: Ácidos húmicos

Numero de repeticiones: 3

Tratamientos:  $3*3=9$

Unidades experimentales:  $3*9=27$  UE

Parcelas de 2.5 m \* 2.5 m

Distancia entre parcela (camino): 0.75 m

Distancia entre bloque: 1m

Distancia extremos: 1m

Área total: 350.75 m

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos de quinua variedad Tunkahuan.

| Tratamiento | Factor Densidad (plantas/ha) | Factor Enmienda        | Nomenclatura |
|-------------|------------------------------|------------------------|--------------|
| 1           | 200000                       | Sin Enmienda (testigo) | D1E1         |
| 2           | 200000                       | Dolomita               | D1E2         |
| 3           | 200000                       | Ácidos húmicos         | D1E3         |
| 4           | 133333                       | Sin Enmienda (testigo) | D2E1         |
| 5           | 133333                       | Dolomita               | D2E2         |
| 6           | 133333                       | Ácidos húmicos         | D2E3         |
| 7           | 66666                        | Sin Enmienda (testigo) | D3E1         |
| 8           | 66666                        | Dolomita               | D3E2         |
| 9           | 66666                        | Ácidos húmicos         | D3E3         |

Fuente: Autor

Elaboración: Autor



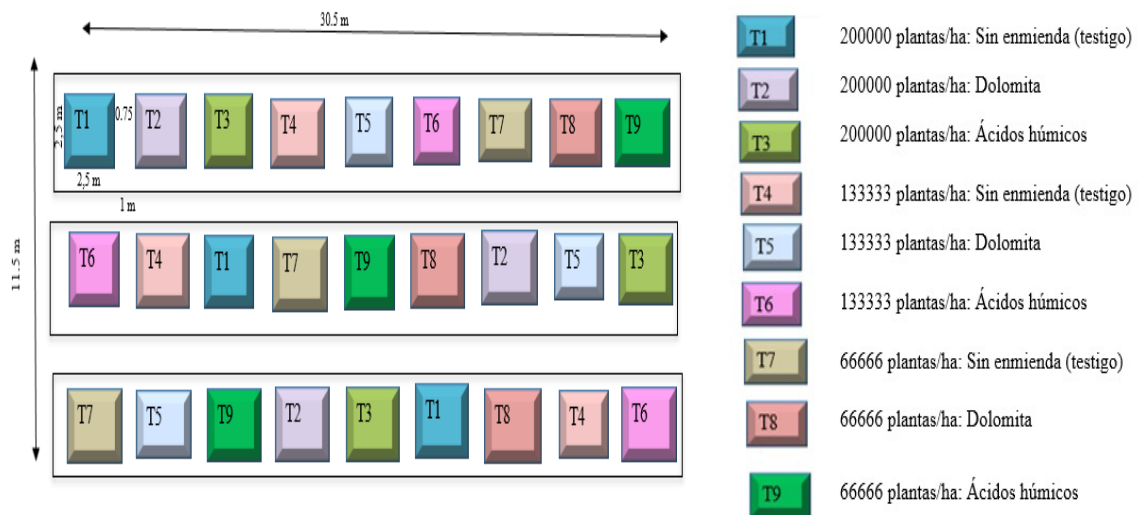
### 5.3.1 Modelo matemático del diseño experimental

El modelo matemático que se empleará en este diseño es:

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

- $Y_{ijk}$  = respuesta de las  $k$  repeticiones en los  $i$  niveles del factor densidad de siembra y  $j$  nivel del factor enmienda
- $\mu$  = media general de las observaciones
- $\alpha_i$  = efecto de los  $i$  niveles del factor densidad de siembra
- $\beta_j$  = 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
- $\varepsilon_{ijk}$  = error asociado a la  $ijk$  observación, que se supone normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza  $\sigma^2$ .

### 5.3.2 Esquema de disposición del ensayo en campo



**Figura 2.** Esquema del diseño experimental en campo del cultivo de quinua

**Elaboración:** Autor

#### 5.4 Análisis estadístico

Se tabularon los datos recolectados en Microsoft Excel, posteriormente se realizó el análisis estadístico a través del programa Infostat. Los datos se los sometió a un análisis de varianza (ANAVA) con arreglo bifactorial (Densidad de siembra y tipo de enmienda) con un nivel de significancia del 5% para determinar diferencias significativas entre tratamientos. En caso de que haya diferencias significativas se aplicó pruebas de comparación múltiple mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para determinar el mejor tratamiento.

#### 5.5 Metodología para el primer objetivo específico: Determinar el crecimiento de quinua variedad Tunkahuan bajo diferentes densidades de siembra y enmiendas.

Para determinar el crecimiento de la quinua *var.* Tunkahuan, se realizó la aplicación de distintas enmiendas y posteriormente después de 15 días se procedió a la siembra mediante chorro continuo. Una vez ocurrida la germinación se retiró las plantas que no se necesitaron, dejando las plantas a un distanciamiento de 10, 15 y 30 cm.

Los indicadores que se tomaron en cuenta en este objetivo se detallan a continuación:

##### 5.5.1 Fenología

Se hizo el seguimiento semanalmente de la fenología en cada una de sus etapas de desarrollo de la quinua variedad Tunkahuan en base a la escala BBCH (Tabla 2). Se etiquetaron 3 plantas al azar de cada una de las parcelas para el registro de datos en cada una de las etapas fenológicas desde la germinación hasta la senescencia.

**Tabla 2.** *Etapas de crecimiento fenológico de la quinua (Chenopodium quinoa) basadas en la escala BBCH.*

| Código | Descripción                                  |
|--------|--|
| 0      | Germinación                                  |
| 1      | Desarrollo de hojas                          |
| 2      | Formación de tallos laterals                 |
| 3      | Elongación del tallo                         |
| 4      | Desarrollo de órganos vegetativos de consumo |
| 5      | Emergencia de inflorescencia                 |
| 6      | Floración                                    |
| 7      | Desarrollo del fruto                         |
| 8      | Maduración                                   |
| 9      | Senescencia                                  |

Fuente: (Sosa *et al.*, 2017)

### **5.5.2 Biomasa**

Para determinar la cantidad de biomasa, se realizó el muestreo de 3 plantas tomadas al azar, se lo realizo en 6 estados: 1. germinación, 2. Desarrollo de hojas, 3. inicio de formación de brotes laterales, 4. inicio de antesis, 5. fin de antesis y 6. Madurez fisiológica. Luego las muestras se secaron en estufa a  $65 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , posteriormente se procedió a determinar su peso seco con una balanza analítica.

### **5.5.3 Altura de la planta**

Para la variable de altura se tomaron los datos de las 3 plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental, los datos se los registro cada 20 días. Las medidas de la altura de la planta se efectuaron mediante un flexómetro, se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma (cm).

### **5.5.4 Cobertura vegetal**

Se evaluó cada 20 días el porcentaje (%) de cobertura del área foliar del cultivo, mediante fotografías digitales empleando la aplicación para celulares Canopeo.

### **5.5.5 Medición del pH**

Se midió mensualmente para comprobar si está cambiando o no con la aplicación de las enmiendas, para ello se le medirá el pH en agua con electrodo (pH electrodo) al cabo de tres minutos de agitación de la mezcla suelo: agua en una proporción 1:2,5. Esto se lo realizará con un medidor de pH en el laboratorio de suelos de la UNL.

### **5.5.6 Índice de clorofila SPAD**

Se realizó en el estado de antesis e inicio de llenado de grano, se tomaron muestras de 3 hojas de cada unidad experimental, se tomó las hojas más grandes que estaban cerca del ápice de la planta de quinua. Se midió con el medidor de clorofila SPAD Minolata 502.

## **5.6 Metodología para el segundo objetivo específico: Evaluar el efecto de distintas enmiendas al suelo y densidades de siembra en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan en la Argelia.**

Para evaluar el efecto de las distintas enmiendas al suelo y diferentes densidades de siembra en rendimiento de quinua variedad Tunkahuan se registró las siguientes variables:

### **5.6.1 Longitud de panoja**

Se registró en madurez fisiológica, midiendo con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la panoja principal en centímetros. Esto se efectuó en las mismas plantas seleccionadas anteriormente en cada una de las unidades experimentales.

### **5.6.2 Número de granos por planta**

Se hizo el conteo manual del número de granos por planta, se tomarán 3 plantas seleccionadas aleatoriamente en la parte central de cada unidad experimental.

### **5.6.3 Número de granos por m<sup>2</sup>**

Este elemento se lo obtuvo luego de haber cosechado las panojas y haber determinado el número de granos por planta, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

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

Donde:

$NGm^2$  = Número de granos por m<sup>2</sup>

$NGP$  = Número de granos por planta

$NPM^2$  = Número de plantas por m<sup>2</sup>

### **5.6.4 Peso de granos**

En madurez fisiológica, se tomaron 3 plantas de cada unidad experimental y se pesó una muestra representativa de 1 000 granos de cada UE, posteriormente se secaron en una estufa a  $65 \pm 5$  °C para obtener un porcentaje de humedad del 12 % y se procedió a determinar su peso seco mediante una balanza analítica.

### **5.6.5 Rendimiento**

Una vez obtenido el peso de granos y el número de granos por metro cuadrado se determinó el rendimiento mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

$R$  = rendimiento

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

$PG$  = peso de granos

### 5.6.6 Índice de cosecha

Se obtuvo al determinar el rendimiento en g/m<sup>2</sup> de cada unidad experimental, y luego se dividió para la biomasa en peso seco de la superficie cosechada (g/m<sup>2</sup>), para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\text{rendimiento del grano } gm^{-2}}{\text{biomasa aérea total } gm^{-2}}$$

## 6 Resultados

### 6.1 Fenología

En las condiciones de la estación Experimental La Argelia, el ciclo de crecimiento de la quinua variedad Tunkahuan fue de 170 días. El período vegetativo duró 75 días y el período reproductivo tuvo una duración de 95 días (Tabla 3).

**Tabla 3.** *Ciclo fenológico de la quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental la Argelia, 2022.*

| Estado                                   | Días después de la siembra |
|--|----------------------------|
| Germinación                              | 8                          |
| Desarrollo de 2 - 4 - 6 hojas verdaderas | 15-26-36                   |
| Formación de tallos laterales            | 45                         |
| Emergencia de la inflorescencia          | 75                         |
| Floración                                | 90                         |
| Desarrollo del fruto                     | 130                        |
| Maduración                               | 158                        |
| Senescencia                              | 170                        |

### 6.2 Biomasa

En la tabla 4 se observa que no se detectó un efecto significativo de la interacción densidad de siembra\* enmienda del suelo, para esta variable en ninguno de los estados fenológicos (*p-valor* > 0,05). Pero se observa un efecto de la densidad de siembra en los primeros estados fenológicos (germinación y desarrollo de hojas), donde la densidad de siembra más alta (200000 plantas/ha)

presenta los mayores valores de biomasa (0,64 g) en comparación a la densidad más baja (66666 plantas/ha) que obtuvo menores valores con (0,44g) (Tabla 5), encontrando una diferencia significativa entre los tratamientos, en este sentido se puede deducir que la densidad si influyo en la biomasa de las plantas.

**Tabla 4.** Efecto de la densidad de siembra y la enmienda en la biomasa de la quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia, 2022.

| Densidad       | Enmienda          | Biomasa (g planta <sup>-1</sup> ) |                     |                         |                |             |                     |
|----------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------|-------------|---------------------|
|                |                   | Germinación                       | Desarrollo de hojas | Inicio brotes laterales | Inicio antesis | Fin antesis | Madurez fisiológica |
| 66666          | Testigo           | 0,21                              | 0,37                | 2,47                    | 3,64           | 8,01        | 51,95               |
|                | Dolomita          | 0,27                              | 0,46                | 3,23                    | 4,48           | 9,60        | 64,05               |
|                | Ácidos húmicos    | 0,29                              | 0,49                | 2,90                    | 3,98           | 8,85        | 43,37               |
| 133333         | Testigo           | 0,33                              | 0,54                | 3,32                    | 4,76           | 8,95        | 55,28               |
|                | Dolomita          | 0,40                              | 0,67                | 2,64                    | 4,18           | 8,51        | 62,18               |
|                | Ácidos húmicos    | 0,32                              | 0,50                | 3,07                    | 4,52           | 9,39        | 50,71               |
| 200000         | Testigo           | 0,33                              | 0,54                | 2,88                    | 4,54           | 8,93        | 42,04               |
|                | Dolomita          | 0,40                              | 0,77                | 3,17                    | 4,85           | 8,51        | 50,22               |
|                | Ácidos húmicos    | 0,36                              | 0,61                | 2,96                    | 4,57           | 8,94        | 45,69               |
|                | EEM               | 0,53                              | 0,10                | 0,43                    | 0,47           | 0,79        | 0,86                |
| <i>P-valor</i> | Densidad          | 0,03                              | 0,05                | 0,90                    | 0,20           | 0,97        | 0,14                |
|                | Enmienda          | 0,11                              | 0,12                | 0,93                    | 0,85           | 0,80        | 0,59                |
|                | Densidad*Enmienda | 0,56                              | 0,82                | 0,57                    | 0,58           | 0,66        | 0,77                |

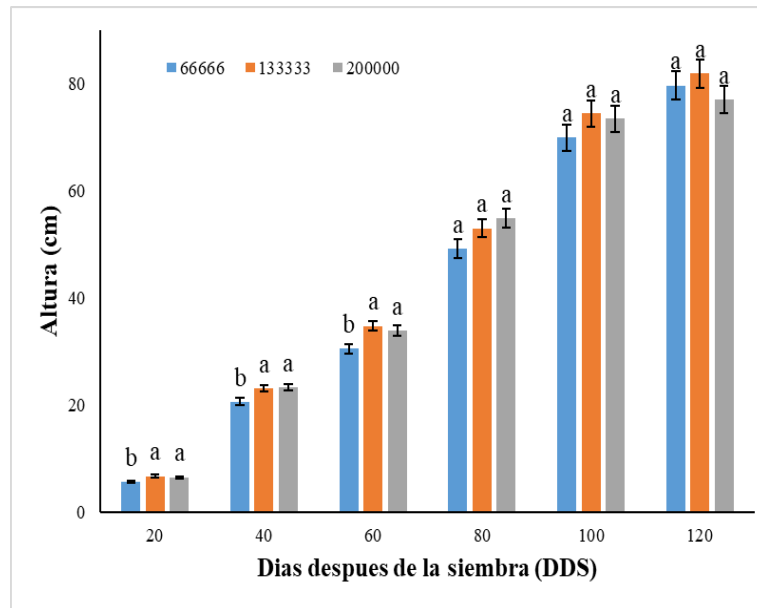
**Tabla 5.** Efecto de la densidad de siembra en la biomasa (g planta) de la quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia.

| Fase                       | Biomasa Densidad (plantas <sup>-1</sup> ) |                    |                    | EEM  | <i>P- valor</i> |
|----------------------------|---|--------------------|--------------------|------|-----------------|
|                            | 66666                                     | 133333             | 200000             |      |                 |
| Germinación                | 0,26 <sup>b</sup>                         | 0,35 <sup>ab</sup> | 0,41 <sup>a</sup>  | 0,04 | <b>0,0274</b>   |
| Desarrollo de hojas        | 0,44 <sup>b</sup>                         | 0,55 <sup>ab</sup> | 0,64 <sup>a</sup>  | 0,06 | <b>0,0525</b>   |
| Inicio de brotes laterales | 2,87 <sup>a</sup>                         | 3,00 <sup>a</sup>  | 3,01 <sup>a</sup>  | 0,25 | 0,8981          |
| Inicio de antesis          | 4,03 <sup>a</sup>                         | 4,48 <sup>a</sup>  | 4,65 <sup>a</sup>  | 0,26 | 0,2004          |
| Fin de antesis             | 8,82 <sup>a</sup>                         | 8,95 <sup>a</sup>  | 8,79 <sup>a</sup>  | 0,45 | 0,9663          |
| Madurez fisiológica        | 53,20 <sup>a</sup>                        | 56,05 <sup>a</sup> | 45,98 <sup>a</sup> | 4,06 | 0,1408          |

*Letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey (p-valor < 0,05).*

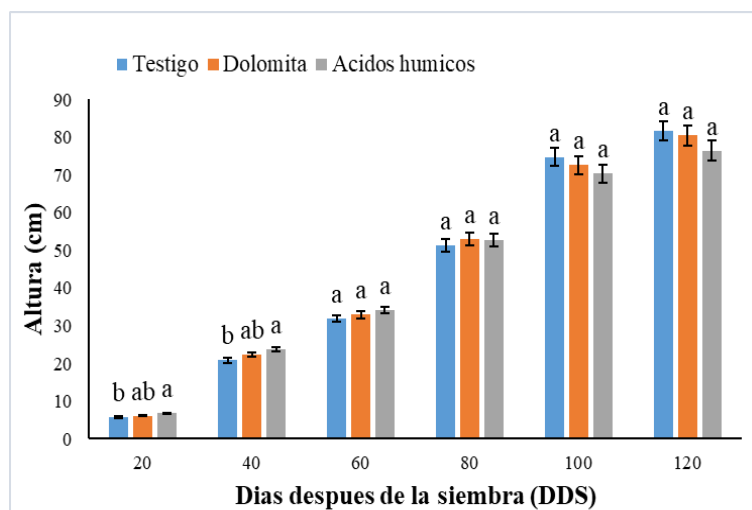
### 6.3 Altura de la planta

En la figura 3 se visualiza la altura de la planta de quinua, donde los primeros días después de la siembra entre los 20 – 60 días, con las densidades más altas (133333 y 200000 plantas/ha) presentaron los mayores valores de altura. Además, se detectó un efecto en el factor enmienda en los primeros estados de desarrollo de la quinua (20-40 DDS), donde la enmienda con ácidos húmicos incremento la altura aproximadamente en un 14 % en comparación con el testigo, al cual no se aplicó ninguna enmienda (Figura. 4). Encontrando diferencia significativas en los tratamientos, en este sentido se puede inferir que las densidades más altas y la aplicación de ácidos húmicos influyeron en el crecimiento de la planta.



**Figura 3.** Efecto de la densidad de siembra en la altura de la quinua variedad Tunkahuan en diferentes días después de la siembra en la Estación Experimental La Argelia.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Error estándar de la media: 2,61



**Figura 4.** Efecto del tipo de enmienda en la altura de quinua variedad Tunkahuan en diferentes días después de la siembra en la Estación Experimental La Argelia.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Error estándar de la media: 2,61

#### 6.4 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal de quinua a los 140 DDS (Tabla 6) presento un 85,94 % y 92,45% con valores mayores. Sin embargo, dentro del análisis de la prueba de Tukey no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos.

**Tabla 6.** Efecto de la densidad de siembra y la enmienda en la cobertura vegetal (%) de quinua variedad Tunkahuan en diferentes días después de la siembra en la Estación Experimental La Argelia.

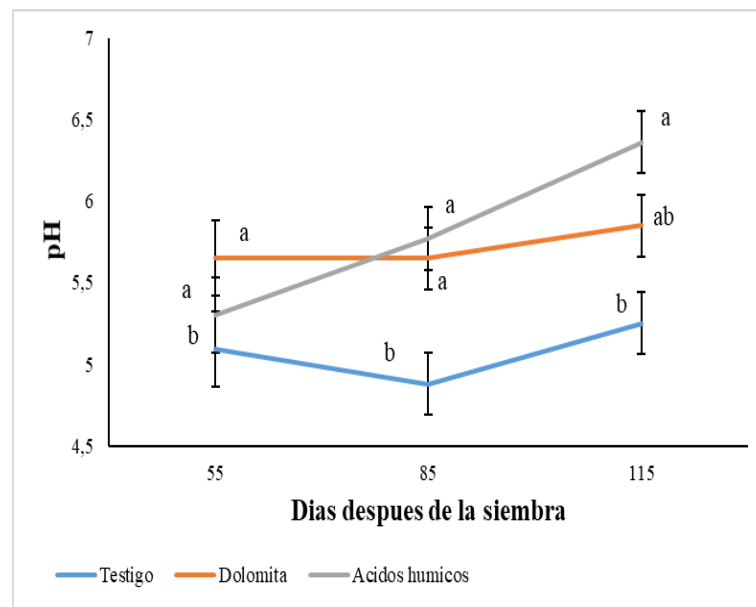
|          |                | Cobertura vegetal                |       |       |       |       |       |       |
|----------|----------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |                | Días después de la siembra (DDS) |       |       |       |       |       |       |
| Densidad | Enmienda       | 20                               | 40    | 60    | 80    | 100   | 120   | 140   |
| 66666    | Testigo        | 14,51                            | 25,23 | 41,23 | 47,62 | 62,89 | 77,36 | 85,94 |
|          | Dolomita       | 16,55                            | 25,17 | 42,8  | 51,42 | 66,79 | 72,81 | 90,57 |
|          | Ácidos húmicos | 15,01                            | 27,26 | 45,55 | 46,97 | 63,55 | 70,94 | 87,32 |
| 133333   | Testigo        | 21,3                             | 27,91 | 45,93 | 54,69 | 69,62 | 77,14 | 89,63 |
|          | Dolomita       | 17,09                            | 25,97 | 42,76 | 45,71 | 63,71 | 72,1  | 87,83 |
|          | Ácidos húmicos | 20,1                             | 27,99 | 51,19 | 63,19 | 71,63 | 75,25 | 92,45 |
| 200000   | Testigo        | 20,03                            | 32,8  | 39,08 | 52,13 | 61,86 | 69,16 | 88,86 |
|          | Dolomita       | 19                               | 30,96 | 39,08 | 60,93 | 71,47 | 77,42 | 91,33 |
|          | Ácidos húmicos | 21,98                            | 31,43 | 42,92 | 61,58 | 72,76 | 78,65 | 92,44 |
|          | EEM            | 5,96                             | 4,84  | 4,23  | 7,71  | 6,56  | 5,32  | 4,57  |



|                |                          |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | <b>Densidad</b>          | 0,46 | 0,17 | 0,14 | 0,23 | 0,59 | 0,93 | 0,65 |
| <b>P-valor</b> | <b>Enmienda</b>          | 0,94 | 0,92 | 0,21 | 0,54 | 0,62 | 0,98 | 0,71 |
|                | <b>Densidad*Enmienda</b> | 0,97 | 0,97 | 0,93 | 0,43 | 0,60 | 0,37 | 0,87 |

### 6.5 Medición de pH

En la figura 5 se observa el pH del suelo, presentando un aumento de 5,25 a 6,36 con la aplicación de ácidos húmicos, encontrando diferencia significativa, en este sentido se puede deducir que la aplicación de enmienda con ácidos húmicos influyo en el pH del suelo.



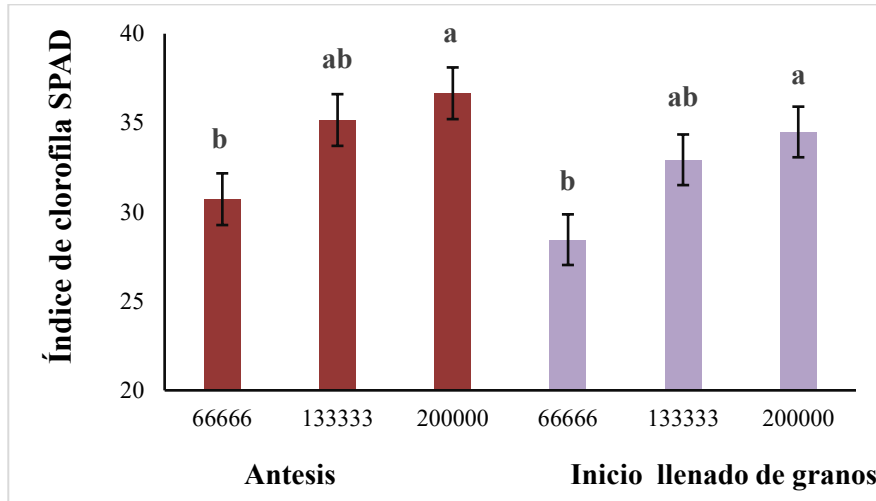
**Figura 5.** Efecto la aplicación de enmiendas en el pH del suelo en la Estación Experimental La Argelia.

*Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey (p-valor < 0,05). Error estándar de la media: 0,23*

### 6.6 Cuantificación de clorofila

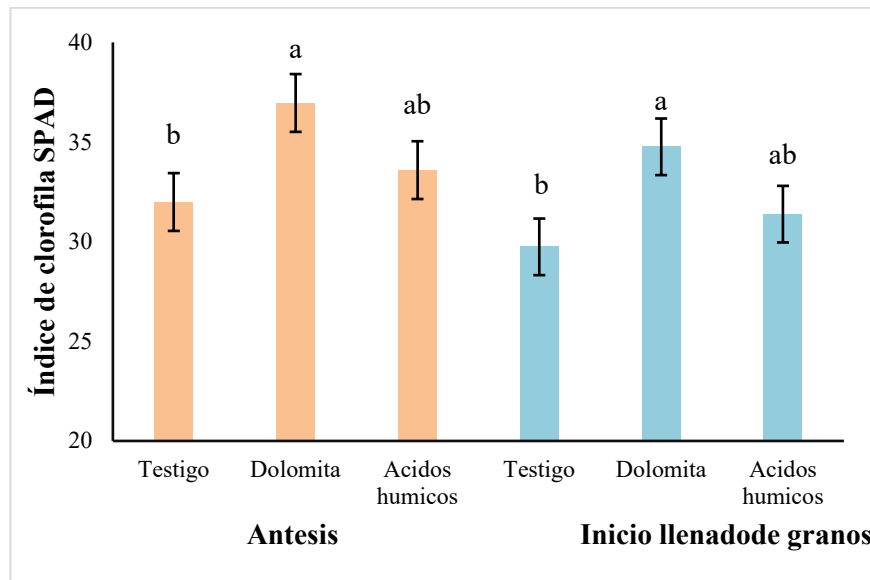
En la figura 6 se muestra el contenido de clorofila en quinua, donde mostró valores más altos de clorofila a la densidad de 200000 en los estados de floración (36,66) e inicio de llenado de granos (34,49) respectivamente. También se puede observar en la figura 7 que las plantas de quinua en las que se aplicaron dolomita, presenta los valores más altos de clorofila tanto en la etapa

de floración (36,96) y al inicio del llenado de grano (34,76), mostrando diferencias significativas entre tratamientos, en este sentido se puede inferir que la densidad de siembra más alta y la aplicación de la enmienda dolomita influye en el contenido de clorofila de las plantas de quinua.



**Figura 6.** Efecto de la densidad de siembra en el contenido de clorofila de las hojas de quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Error estándar de la media: 1,45



**Figura 7.** Efecto de la aplicación de enmiendas en el contenido de clorofila de las hojas de quinua variedad Tunkahuan en diferentes estados fenológicos en la Estación Experimental La Argelia.

*Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey (p-valor < 0,05). Error estándar de la media: 1,45*

### 6.7 Longitud de panoja

En la tabla 7 se muestra que se obtuvieron mayores longitudes de panoja en las tres densidades utilizando la enmienda ácidos húmicos, Estos rangos variaron entre 80,33 cm y 84,11 cm. Sin embargo, dentro del análisis de la prueba de Tukey no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 7.** Efecto del tipo de enmienda y la densidad de siembra en la longitud de la panoja en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia

| Densidad | Enmienda          | Longitud de panoja (cm) |
|----------|-------------------|-------------------------|
| 66666    | Testigo           | 81,56                   |
|          | Dolomita          | 82,67                   |
|          | Ácidos húmicos    | 84,11                   |
| 133333   | Testigo           | 81,89                   |
|          | Dolomita          | 83,00                   |
|          | Ácidos húmicos    | 81,44                   |
| 200000   | Testigo           | 80,33                   |
|          | Dolomita          | 83,22                   |
|          | Ácidos húmicos    | 81,89                   |
| P-valor  | EEM               | 2,46                    |
|          | Densidad          | 0,89                    |
|          | Enmienda          | 0,68                    |
|          | Densidad*Enmienda | 0,95                    |

### 6.8 Número de granos por planta

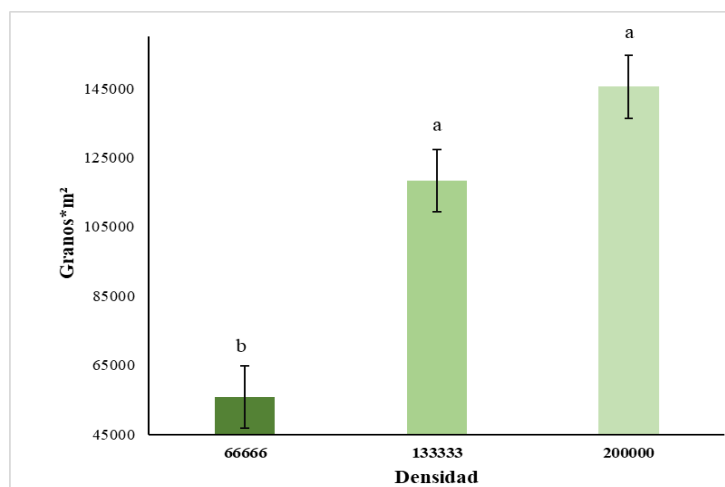
En la tabla 8 se observa el número de granos dónde, usando la enmienda dolomita a la densidad de 133333, se encontró el mayor número de granos por planta. El número de granos por planta varió entre 6594 y 9854. Sin embargo, dentro del análisis de la prueba de Tukey no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 8.** Efecto del tipo de enmienda y la densidad de siembra en el número de granos por planta en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.

| Densidad       | Enmienda          | granos*planta |
|----------------|-------------------|---------------|
| 66666          | Testigo           | 8387          |
|                | Dolomita          | 8227          |
|                | Ácidos húmicos    | 8496          |
| 133333         | Testigo           | 8694          |
|                | Dolomita          | 9854          |
|                | Ácidos húmicos    | 8067          |
| 200000         | Testigo           | 6594          |
|                | Dolomita          | 7673          |
|                | Ácidos húmicos    | 7551          |
| <i>P-valor</i> | EEM               | 1184          |
|                | Densidad          | 0,24          |
|                | Enmienda          | 0,75          |
|                | Densidad/Enmienda | 0,89          |

### 6.9 Número de granos por m<sup>2</sup>

En la figura 8 se muestra 118287 granos siendo el mayor número de granos por metro cuadrado, el cual se encontró a una densidad de 200000, encontrándose diferencias significativas, de esta manera se deduce que la densidad influye en el número de granos por m<sup>2</sup>.



**Figura 8.** Efecto de la densidad de siembra en el número de granos por metro cuadrado en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Error estándar de la media: 9039,62

### 6.10 Peso de granos

La aplicación de dolomita a una densidad de 66666 dio el mayor peso de grano, consecuentemente el peso más bajo se encontró con la aplicación de ácidos húmicos en la misma densidad. El peso de granos oscila entre 2,46 g y 2,56 g (Tabla 9). Sin embargo, mediante el análisis de la prueba de Tukey no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 9.** Efecto del tipo de enmienda y la densidad de siembra en el peso de granos en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia

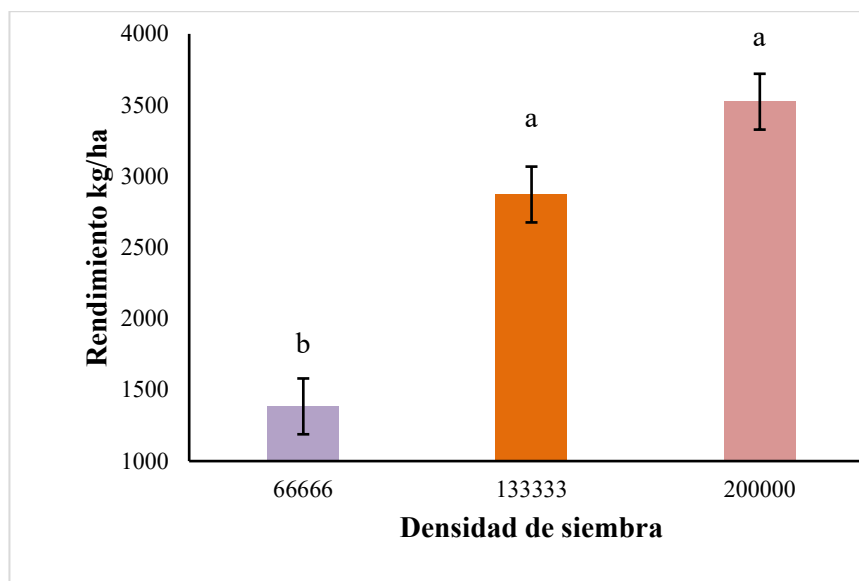
| Densidad | Enmienda       | Peso de 1000 granos (g) | Rendimiento (kg <sup>-1</sup> ) |
|----------|----------------|-------------------------|---------------------------------|
| 66666    | Testigo        | 2,48                    | 1380,89b                        |
|          | Dolomita       | 2,56                    | 1391,67b                        |
|          | Ácidos húmicos | 2,46                    | 1380,33b                        |
| 133333   | Testigo        | 2,49                    | 2839,22ab                       |
|          | Dolomita       | 2,47                    | 3155,22a                        |
|          | Ácidos húmicos | 2,48                    | 2621,56ab                       |
| 200000   | Testigo        | 2,49                    | 3247,11a                        |
|          | Dolomita       | 2,47                    | 3563,33a                        |
|          | Ácidos húmicos | 2,52                    | 3760,89a                        |
|          | EEM            | 0,09                    | 339,48                          |

|                |                          |      |        |
|----------------|--------------------------|------|--------|
|                | <b>Densidad</b>          | 0,96 | 0,0001 |
| <b>P-valor</b> | <b>Enmienda</b>          | 0,98 | 0,74   |
|                | <b>Densidad*Enmienda</b> | 0,93 | 0,77   |

*Letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor < 0,05)*

### 6.11 Rendimiento

En la tabla 9 se muestra el rendimiento en el cual no se encontraron diferencias significativas para la interacción densidad\* enmienda ( $p$ -valor > 0,05). Sin embargo, hubo un efecto significativo cuando se usaron diferentes densidades de siembra, con rendimientos más altos obtenidos a densidades más altas y, rendimientos más bajos a las densidades más bajas utilizadas en este estudio (Figura 9). Encontrando diferencias significativas, lo cual infiere que la densidad de siembra si influye en el rendimiento de quinua.

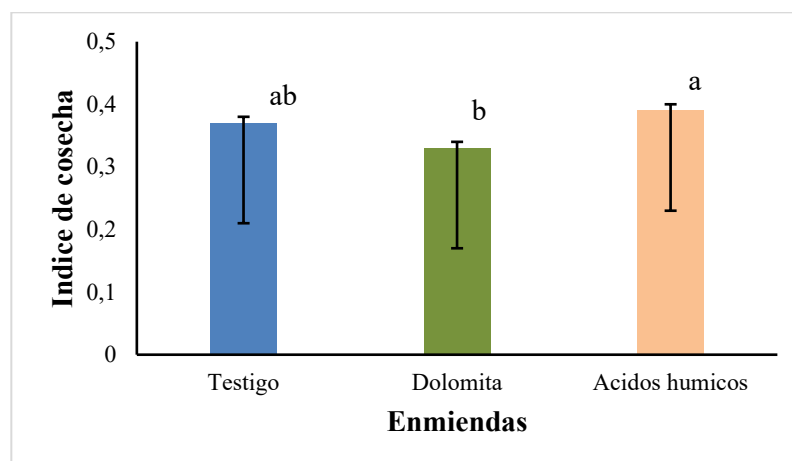


**Figura 9.** Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.

*Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor < 0,05). Error estándar de la media: 196,00*

### 6.12 Índice de cosecha

Con la aplicación de ácidos húmicos el índice de cosecha fue de 0,39 g/m<sup>2</sup> (Figura 10), con valores mayores, encontrando diferencia significativa entre los tratamientos, en este sentido se puede deducir que la enmienda con ácidos húmicos influye en el índice de cosecha.



**Figura 10.** Efecto del tipo de enmienda en el índice de cosecha en quinua variedad Tunkahuan en la Estación Experimental La Argelia.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Error estándar de la media: 0,01

## 7 Discusión

Velástegui - Espín, (2018), señalan que la fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente. En un estudio realizado por el mismo autor en quinua variedad Tukahuan el ciclo del cultivo fue de 183 días, con una duración de 23 días en la etapa inicial, 52 días la etapa de desarrollo, 55 días la etapa intermedia y finalmente con 53 días la etapa final. Estos resultados difieren a los encontrados en el estudio puesto de que en las condiciones de la estación Experimental La Argelia, el ciclo de crecimiento de la quinua variedad Tunkahuan fue de 170 días. El período vegetativo duró 75 días y el período reproductivo tuvo una duración de 95 días, esto pudo ser debido a la aplicación de las enmiendas.

La aplicación de enmiendas no provocó un efecto significativo en la biomasa de las plantas de quinua, a diferencia de la densidad de siembra que sí mostró efecto significativo, dado que al aumentar la densidad se incrementa el número de plantas/ha, lo que favorece el control indirecto de malezas debido a que la densidad es alta y en consecuencia se tiene una mayor producción de materia seca o biomasa (Deza, 2018). El resultado encontrado difiere a lo dicho por Arias (2017) que menciona que una densidad muy alta implica un área más tupida, dando como resultado plantas

pequeñas, raquílicas y con rendimientos bajos; más aún, favorece el establecimiento rápido de las malezas en el campo y proliferación de hongos. Mientras que a menor número de plantas el resultado generalmente son plantas vigorosas y ramificadas. Así mismo, Noda & Martín (2008) menciona que el uso de altas densidades de siembra trae consigo problemas de competencia dentro del cultivo de morera ya que la luz influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas de varias maneras, según la intensidad puede provocar un crecimiento tardío. Por lo tanto, el autor sugiere utilizar densidades de siembra no muy altas.

Los resultados de la variable altura de planta, muestran que la aplicación de ácido húmico al suelo influyó notoriamente en la altura de planta de quinua. Este resultado concuerda con lo que menciona Calisaya, (2017) que considera que el ácido húmico, no influye de manera negativa en la expresión de altura de planta quinua, sino que favorece el crecimiento registrándose plantas de mayor tamaño. Asimismo menciona que las sustancias húmicas tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, con un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas.

En el presente estudio el mayor porcentaje de cobertura vegetal se lo obtuvo con la densidad de 333333 a lo largo del ciclo del cultivo. Estos resultados hacen referencia a lo que manifiesta López *et al.*, (2013), que los cultivos tupidos de alta densidad presentan más eficiencia en el porcentaje de cobertura vegetal. Huerta-Olague *et al.*, (2018) menciona que la cobertura vegetal y manejo que se proporcione al cultivo podría incrementar de la degradación del suelo, principalmente en el inicio de la siembra o plantación del cultivo.

La aplicación de la enmienda con Ácidos húmicos (AH), mostró un efecto positivo y significativo en el pH del suelo, aumentando el mismo de 5.3 a 6.3. La aplicación de AH mejora el suelo y el crecimiento de las plantas, debido a que se aumenta la capacidad de la planta para la captación de nutrientes, y por ende ayuda en a incrementar el pH del suelo (Pazmiño, 2016).

En este estudio se obtuvieron altos valores de clorofila a mayores densidades. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por González *et al.*, (2018) probando distintas densidades de siembra en quinua, el cual dedujo que la clorofila total, fue más elevada en las plantas de densidad alta. Esto puede deberse a que las hojas utilizadas para las determinaciones de los pigmentos se colectaron de la parte superior del follaje, donde la incidencia de la radiación solar para ambos tipos de plantas es la misma. Por otra parte, la aplicación de la enmienda dolomita ha mostrado mejores resultados en el contenido de clorofila. Estos resultados concuerdan con lo dicho por Ruiz, (2012) el cual manifiesta que el uso de dolomita ayuda a



obtener nutrientes esenciales que son importantes para el desarrollo de las plantas, como el calcio y el magnesio. Además, en un estudio realizado por Ruiz, (2012) usando diferentes dosis de dolomita, concluyó que a medida que aumentaba la dosis de dolomita, mayor era el contenido de clorofila en las hojas.

Al aplicar la enmienda de ácidos húmicos, se obtuvo mayor longitud de panoja en las tres densidades de siembra. Aguilar (2015) al aplicar ácidos húmicos en dos variedades de quinua, mostró un positivo sobre la longitud de panoja, asimismo menciona que las sustancias húmicas tienen gran efecto sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, especialmente sobre aquellos que presentan malas condiciones físicas (arenosos, baja fertilidad), que dificultan la producción de cultivos y pueden tener un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas.

La aplicación de dolomita aumentó el número de granos por planta y número de granos por metro cuadrado. La obtención de las harinas integrales a partir de rocas molidas, como la dolomita, fueron las bases de los primeros fertilizantes usados en la agricultura, y representan los elementos minerales esenciales para el equilibrio nutricional de las plantas a través del suelo (Mamani, 2018). Estudios previos en quinua con el uso de harinas de rocas han determinado resultados similares, donde los tratamientos con aplicación de harina de rocas presentan mayor número de semillas (Mamani, 2018). Sin embargo, en otros cultivos como la soja, la aplicación de correctores básicos y fertilizantes cálcicos/magnésico no influyeron significativamente en el número de granos por metro cuadrado (Girón *et al.*, 2016). También, se pudo observar que el mayor número de granos por metro cuadrado se encontró a una densidad de 200000 plantas/ha. En este sentido, Erazzú *et al.*, (2016), mencionan que la relación entre el rendimiento de grano y la densidad de plantas podía ser mejor explicado por medio de una relación cuadrática. Esto implica que existe un máximo en el rendimiento a partir del cual disminuye en función de una disminución o un aumento en la densidad de plantas.

Se obtuvo mayor peso de grano con 13 plantas por metro lineal, es decir, a una densidad de 133333. Esto concuerda con lo manifestado por Bárcena *et al.*, (2022) que un distanciamiento entre plantas de 8 a 10 cm, que significa 15 a 20 plantas por metro lineal, tiende a una mayor producción y peso de grano. El peso de granos es una variable importante en cuanto a calidad y tamaño (Bárcena *et al.*, 2022).

Se encontró mayor rendimiento con la mayor densidad de siembra utilizada, 200000 plantas/ha. Estos resultados coinciden con Deza (2018), quien manifiesta que existe una relación estrecha entre la densidad de siembra, la respuesta morfológica y la productividad (rendimiento en granos), en el cual obtuvieron un mayor rendimiento de quinua a una densidad de 200000 plantas/ha en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). Por otra parte Rosas - Tomás, (2019), menciona que en el cultivo de quinua sí hay competencia de agua, luz y nutrientes; donde a mayor densidad hay una respuesta negativa del rendimiento, y por el contrario a menor densidad no hay suficiente producción de granos para llegar a máximo rendimiento de  $\text{kg ha}^{-1}$ , debido a la competencia que existe por los nutrientes.

En los resultados que se obtuvieron en esta investigación, presentaron mayor índice de cosecha con la aplicación de ácidos húmicos. Esto concuerda con otros trabajos relacionados a la aplicación de ácidos húmicos en dos variedades de quinua en el cual, obtuvo el mayor índice de cosecha para la variedad Real Boliviana y la variedad Salcedo INIA (Pilco, 2018).

## **8 Conclusiones**

Se concluye que la densidad de siembra influye en la biomasa y altura de plantas, lo cual se incrementa con la aplicación de enmiendas con ácidos húmicos y dolomita, junto con el pH del suelo y el contenido de clorofila.

Se concluye, además, que con el uso de ácidos húmicos favorece en la longitud de panoja siendo los valores más altos en este experimento, mientras que la aplicación de dolomita tiene un efecto más evidente en el número y el peso de granos por planta. No obstante, un efecto bastante evidente es que las densidades de siembra más altas muestran mejores resultados en el número de granos por metro cuadrado, rendimiento e índice de cosecha.

## **9 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar una prueba de germinación de las semillas antes de efectuar la siembra y realizar la siembra con otras distancias, como por ejemplo 15 cm por golpe para evaluar el rendimiento.
- Utilizar en aplicaciones foliares ácidos húmicos como estimulante foliar para las plantas y potenciador de los suelos, para mejorar la producción en cantidad.
- Realizar investigaciones del cultivo de quinua con otro tipo de enmiendas.

## 10 Bibliografía

- Aguilar Huamani, 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, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Minagri. [http://200.123.25.24:8080/jspui/bitstream/inia/76/1/Apaza-Catalogo\\_de\\_variedades...quinua.pdf](http://200.123.25.24:8080/jspui/bitstream/inia/76/1/Apaza-Catalogo_de_variedades...quinua.pdf)
- Arias, d. N. (2017). "Evaluación de tres densidades de siembra sobre el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd.) variedad hualhuas en la comunidad campesina de Manco Cápac, distrito y provincia de Recuay" [universidad nacional "Santiago Antunez de Mayolo"]. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2774/T033\\_70361111\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2774/T033_70361111_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ayerve, G., & Yaguachi, P. (2010). *Influencia del encalado y aporte de materia orgánica en las propiedades del suelo y en el rendimiento del cultivo de uvilla (*Physis peruviana* L.), en la Estación experimental la Argelia* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5572/1/Ayerve%20Gonzaga%20Goffre%20%26%20Yaguachi%20%20c3%81lvarez%20Pablo.pdf>
- Calisaya Sarmiento, E. M. (2017). Efecto de cinco niveles de ácido húmico en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedad Salcedo Inia Cerro Blanco-Calana, Tacna-2015.
- Carrasco, F. (2016, diciembre). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997—2014. *Comunicación*, 7(2), 10.
- Carrasco, J., & Riquelme, J. (2017). Preparación de suelos para el establecimiento de quinua. En *Preparación de suelos para el establecimiento de quinua*. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6731>
- Delfino, S., et al. (2005). "Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat." *Agronomy for Sustainable Development* 25(2): 183-191.

- Demarez, V., Duthoit, S., Baret, F., Weiss, M., & Dedieu, G. (2008). Estimation of leaf area and clumping indexes of crops with hemispherical photographs. *agricultural and forest meteorology*, 14.
- 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. *Agronomy*, 10
- Eisa, S. S., et al. (2018). "Quinoa in Egypt-Plant density effects on seed yield and nutritional quality in marginal regions."
- Espinosa, J., & Molina, E. (2016). *Acidez y encalado de los suelos*. IPNI. file:///C:/Users/DELL/Zotero/storage/J23I96TK/Espinosa%20y%20Molina%20-%20ACIDEZ%20Y%20ENCALADO%20DE%20LOS%20SUELOS.pdf
- Estrada, R., Gonza, V., Anccasi, H., & Gallegos, A. (2018). *Manejo integrado del cultivo de quinua en El Cusco* (Rigoberto Estrada Zuñiga). file:///C:/Users/DELL/Downloads/MANEJO%20INTEGRADO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20QUINUA%20EN%20EL%20CUSCO\_1.pdf
- 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.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua* (Universidad Nacional Agraria La Molina Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía, Vol. 1-2016-03359). <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- 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 ("quinua") en el Noroeste Argentino. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53(1), 1-10.
- Girón, P., Macchiavello, A., Barraco, M., Ottaviano, C., Ferro, D. A., & Vázquez, M. E. (2016). Aplicación de correctores básicos y fertilizantes cálcicos/magnésicos en el cultivo de soja.

- XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (Río Cuarto, 27 de junio al 1º de julio de 2016),
- Huerta-Olague, J. d. J., Oropeza Mota, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Ríos Berber, J. D., Martínez Menes, M. R., Barreto García, O. A., . . . Mancilla Villa, O. R. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia (Arica)*, 36(2), 153-162.
- INIA. (2013). *Quinoa Salcedo INIA*. file:///C:/Users/hp/Zotero/storage/N5GEN2HA/Trip-Quinoa\_Salcedo\_INIA.pdf
- Jancurová, M., et al. (2009). "Quinoa—a review." *Czech Journal of Food Sciences* 27(2): 71-79.
- Jisa. (2018, junio 27). *Ácidos Húmicos | ACIDOS HUMICOS: Fertilizantes agrícolas Jisa*. Acidos Humicos. <https://www.acidoshumicos.com/acidos-humicos/>
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., & Baret, F. (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and forest meteorology*, 121 (1-2).
- Khaled, H. and H. A. Fawy (2011). "Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity." *Soil and Water Research* 6(1): 21-29.
- López, H. E. F., de la Mora Orozco, C., Corral, J. A. R., & Durán, Á. A. C. (2013). Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica. *Revista chapingo Serie zonas aridas*, 12(1), 19-25.
- Magra, G., & Ausilio, A. (2015). *Corrección de la acidez del suelo*. <https://core.ac.uk/download/61695602.pdf>
- Mamani Falcon, E. (2018). *Comportamiento agronomico de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) con la aplicacion de harina de rocas y compost, en la comunidad Chuca provincia Pacajes-Altiplano Central*
- Mendoza, A. (2008). *Estrategias de riego en tres épocas de siembra para el desarrollo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Altiplano central* [Universidad mayor de San Andrés].

file:///C:/Users/DELL/Zotero/storage/NKXEA8MF/Adrian%20-%202008%20-%20ESTRATEGIAS%20DE%20RIEGO%20EN%20TRES%20%C3%89POCAS%20DE%20SIEMBRA%20PAR.pdf

- Nieto, C., Vimos, C., Monteros, C., Caicedo, C., & Rivera, M. (1992). *Producción de la semilla de quinua*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/270/4/iniapscbd228.pdf>
- Noda, Y., & Martín, G. (2008). Efecto de la densidad de siembra en el establecimiento de morera para su inclusión en sistemas ganaderos. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 339-341.
- Pazmiño Valenzuela, A. E. (2016). *Efectos de la aplicación de ácidos húmicos sobre el desarrollo y rendimiento del frejol (Phaseolus vulgaris L.), en la zona de Babahoyo Babahoyo: UTB*].
- Pilco Osco, A. P. (2018). Comparativo de rendimiento de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en el proyecto: productividad tecnología y riesgo del distrito de Sama Inlán.
- Portilla, A. (1955). La quinua. *Revista de la Facultad de Medicina*, 23(4), 178-189.
- Rojas, C. M., Burbano-Catuche, G. A., & Muñoz-Certuche, E. F. (2020). *Evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra en Cauca*. 18(1), 10.
- Ruiz Pinedo, V. (2012). Efecto de la dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo, en el cultivo de cacao (*Theobroma Cacao L.*) bajo condiciones de acidez, en Ridardo Palma-Naranjillo.
- Shaaban, M., et al. (2015). "Dolomite application to acidic soils: a promising option for mitigating N<sub>2</sub>O emissions." *Environmental Science and Pollution Research* 22(24): 19961-19970.
- Shaaban, M., et al. (2016). "Effects of dicyandiamide and dolomite application on N<sub>2</sub>O emission from an acidic soil." *Environmental Science and Pollution Research* 23(7): 6334-6342.
- Sosa, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). *Escala estandarizada de fenología para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) basada en el sistema de codificación de la BBCH*. [file:///C:/Users/DELL/Downloads/Fenologaquinua\\_PUC%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/Fenologaquinua_PUC%20(1).pdf)



- Tejos, I. M. (2015). *El cultivo de Quinoa en Chile* (Iván Matus Tejos., Vol. 1-362). [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6727/NR41416.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Sistema%20tradicional%20de%20siembra%20y,condiciones%20clim%C3%A1ticas%20\(Bazile%20et%20al.](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6727/NR41416.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Sistema%20tradicional%20de%20siembra%20y,condiciones%20clim%C3%A1ticas%20(Bazile%20et%20al.)
- Vargas, P., Arteaga Solorzano, R., Cruz Viera, L., Vargas Zambrano, P., Arteaga Solorzano, R., & Cruz Viera, L. (2019). Analisis bibliografico sobre el potencial nutricional de la quinoa (*Chenopodium quinoa*) como alimento funcional. *Centro Azúcar*, 46(4), 89-100.
- Veas, E., & Cortés, H. (2019). *Manual del cultivo de quinoa* (Patricio Jofré, Leonardo Cifuentes, Pilar Molina Claudio Vásquez). CEAZA. [http://www.ceaza.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-de-la-quinoa\\_FINAL.pdf](http://www.ceaza.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-de-la-quinoa_FINAL.pdf)
- Villamagua. (2014). Almacenamiento de carbono y evolución de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre granodiorita, en la fase inicial de una plantación de Gmelina arbórea y Schizolobium parahybum con enmiendas de carbón vegetal, en la zona sur de la amazonia ecuatoriana.
- VILLAVICENCIO, E. (2021). “*Periodo crítico para el rendimiento y calidad del grano de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) mediante la aplicación de sombra en distintos estados fenológicos, en el sector La Argelia Loja*” [Universidad Nacional de Loja]. [file:///C:/Users/DELL/Downloads/tesis%20publicada%20EdwinIsrael\\_VillavicencioSanchez.pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/tesis%20publicada%20EdwinIsrael_VillavicencioSanchez.pdf)
- Wang, N., et al. (2020). "Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality." *Agronomy* 10(3): 445.
- Zaragoza. (2010) *Cultivo de quinoa organica*. Sephu. [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/051---15.07.10---Cultivo-de-la-Qui--769-noa-Orga--769-nica-2.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/051---15.07.10---Cultivo-de-la-Qui--769-noa-Orga--769-nica-2.pdf)



## 11 Anexos

### Anexo 1. Análisis de suelo

MC-LASPA-2201-01

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p><b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b><br/> <b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b><br/> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b><br/>                 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.<br/>                 Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240</p> |  |
|---|---|---|

**INFORME DE ENSAYO No: 22-0210**

|  |  |
|--|--|
| <b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b> Cordero Gaona Elisa Mishel  | <b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 16/03/2022 |
| <b>PETICIONARIO:</b> Cordero Gaona Elisa Mishel        | <b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 14:00       |
| <b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b> Cordero Gaona Elisa Mishel | <b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 21/03/2022             |
| <b>DIRECCIÓN:</b> La Argelia                           | <b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 25/03/2022              |
|  | <b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> CIC                  |

| 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 | meq/100 g suelo | meq/100 g suelo | 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**



LABORATORISTA



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.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p><b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b><br/> <b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b><br/> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b><br/>                 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.<br/>                 Tfs. (02) 3007294 / (02)2504240<br/>                 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:** 84 + CIC

| Análisis | Ph   | N   | P   | S   | B   | K        | Ca       | Mg       | Zn  | Cu   | Fe  | Mn   | Ca/Mg | Mg/K | Ca+Mg/K | Σ        | MO | CO* | Textura (%) |      |         |                | IDENTIFICACIÓN |      |   |      |      |       |      |     |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|----------|----------|----------|-----|------|-----|------|-------|------|---------|----------|----|-----|-------------|------|---------|----------------|----------------|------|---|------|------|-------|------|-----|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|          |      | ppm | ppm | ppm | ppm | meq/100g | meq/100g | meq/100g | ppm | ppm  | ppm | ppm  |       |      |         | meq/100g | %  | %   | Arena       | Limo | Aroilla | 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       | 32,3           | A              | 16,5 | A | 5,72 | 7,90 | 53,12 | 2,88 | 0,3 | B |  |  |  |  |  |  |  |  | Wagner Oriedo, Angel Uchuari, Elisa Cordero, Lote 1, Muestra 1 |

| Análisis | Al+P* | AP* | Na* | C.E.* | N. Total* | N-NO3* | K H2O* | P H2O* | CP* | pH KCl* | IDENTIFICACION |
|----------|-------|-----|-----|-------|-----------|--------|--------|--------|-----|---------|----------------|
|          |       |     |     |       |           |        |        |        |     |         |                |

**OBSERVACIONES:**

\* Ensayos no solicitados por el cliente

| METODOLOGIA UNIDA |   |
|-------------------|---|
| pH                | Suelo Agua (1:1) PE Ca Mg + Clen Modificado     |
| CE                | Potasio de Calcio Ca Fe Mn Ba + Clen Modificado |
|                   | B + Curculita                                   |

| INTERPRETACION     |                     |           |  |
|--------------------|---------------------|-----------|--|
| pH                 |                     |           |  |
| Elemento           |                     |           |  |
| Ac = Acido         | N = Neutro          | B = Bajo  |  |
| LA = Liger Acido   | LA = Liger Alcalino | M = Medio |  |
| PN = Pres. Neutro  | Al = Alcalino       | A = Alto  |  |
| NO = Regulador Cal | T = Trabajo (Bar)   |           |  |

| ABREVATURAS |                         |
|-------------|-------------------------|
| C.E. =      | Conductividad Eléctrica |
| M.O. =      | Materia Orgánica        |

| METODOLOGIA UNIDA |                    |
|-------------------|--------------------|
| C.E.              | Pasta Saturada     |
| M.O.              | Clorato de Potasio |
| MO                | Titulación Nafci   |

| INTERPRETACION |                  |                 |
|----------------|------------------|-----------------|
| AN/LI y Na     | C.E.             | NO y Cl         |
| B = Bajo       | NS = No Salino   | S = Salino      |
| M = Medio      | LS = Lig. Salino | MS = Muy Salino |
| T = Trabajo    |                  | A = Alto        |

**LABORATORISTA**

**RESPONSABLE DE 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 dirigida 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.

\* Opiniones de Interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

**Anexo 2. Escala BBCH para quinua**



### Anexo 3. Fotografías de experimento en campo



**Figura 11.** *Preparación del suelo*



**Figura 12.** *Establecimiento del cultivo*

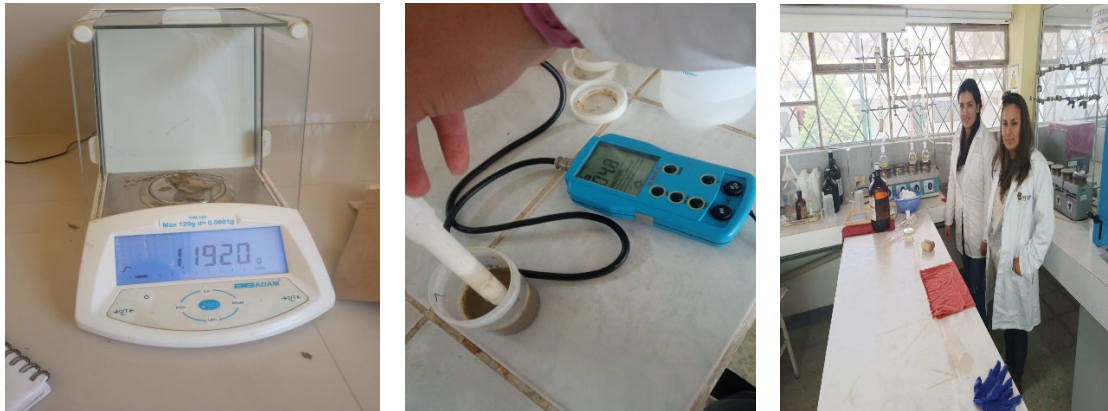




**Figura 13.** *Aplicación de ácidos húmicos*



**Figura 14.** *Toma de variables*



**Figura 15.** *Análisis en laboratorio*

**Figura 16.** *Cosecha, trillado y peso de la quinua*



#### Anexo 4. Certificado de traducción del Abstract

Loja, 04 de abril de 2023

Carlos Ramiro Ordoñez Rojas con número de cédula 1101988473, Profesor de Segunda Educación en la Especialización de Idioma Inglés con número de registro 1008-02-152596 y Licenciado en Ciencias de la Educación en la Especialidad de Idioma Inglés con número de registro 1008-15-1380454.

#### CERTIFICO:

Haber realizado la traducción textual correspondiente al resumen del Trabajo de Titulación, denominado: **Influencia de la densidad de siembra y enmiendas de pH en el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Tunkahuan en la Estación Argelia, Loja**, de autoría de la señorita Zoila Maria Sanmartin Sanmartin, con número de cédula 1150110896.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la portadora del presente documento para el trámite correspondiente.

  
**Carlos Ramiro Ordoñez Rojas**  
C.I.: 1101988473  
E-mail: [carlinrami@hotmail.com](mailto:carlinrami@hotmail.com)

