



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Ingeniería Agronómica

### Influencia del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sector La Argelia, Loja

Trabajo de Titulación previa la obtención del título de Ingeniera Agrónomo.

#### AUTORA:

Elisa Mishel Cordero Gaona

#### DIRECTORA:

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Loja - Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 17 de febrero del 2023

Dra. Marlene Molina Müller, PhD

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que, he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Influencia del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sector La Argelia, Loja**, de autoría de la estudiante **Elisa Mishel Cordero Gaona**, con cédula de identidad Nro. **1900678648**, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónomo. Una vez que el trabajo cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.



Dra. Marlene Molina Müller, PhD

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo **Elisa Mishel Cordero Gaona**, declaro ser la 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 del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:** 1900678648

**Fecha:** 18/04/2023

**Correo electrónico:** [elisa.cordero@unl.edu.ec](mailto:elisa.cordero@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997499480

## **Carta de autorización para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación**

Yo, **Elisa Mishel Cordero Gaona**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **“Influencia del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sector La Argelia, Loja”**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera 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 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 veintitrés días del mes de marzo de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autor:** Elisa Mishel Cordero Gaona

**Cédula:** 1900678648

**Dirección:** Loja, San Sebastián

**Correo electrónico:** [elisa.cordero@unl.edu.ec](mailto:elisa.cordero@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997499480

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de trabajo de titulación:** Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

## **Dedicatoria**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

Con todo el aprecio y consideración a mi ejemplo de vida, mis padres Wilfredo Cordero y Lida Gaona, por su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y por inculcarme valores que sin duda alguna ha hecho de mí una mejor persona.

A mi hermana, Analy por ser mi motivación para seguir siempre adelante, por inspirarme a ser un buen ejemplo para ella.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

*Elisa Cordero*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios y a la Virgen del Cisne por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

De manera especial, agradezco a mi directora de tesis la Dra. Marlene Molina Müller, quien, con sus conocimientos, apoyo y orientación durante el desarrollo y evolución de este trabajo fue posible su cumplimiento. De igual forma agradezco al Ing. Santiago Vásquez y a la Ing. Miriam por su ayuda brindada durante el desarrollo de este trabajo.

También quiero agradecer a la Universidad Nacional de Loja, por brindarme la oportunidad de formarme como una profesional. A la Ing. Tania Sarango, técnica del Laboratorio de Análisis Químico no hubiese podido culminar los resultados de no haber sido por su ayuda. Mi agradecimiento a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, quienes de una u otra manera han contribuido en mi formación académica y personal.

Le doy gracias a mis compañeros por su ayuda incondicional en la implementación y desarrollo del proyecto en campo, no hubiera logrado yo sola lo que con ustedes logré cumplir, no podría olvidar esos momentos de risas, estrés en los que entre nosotros nos brindábamos ese ánimo que necesitábamos.

Por último, quiero agradecer a mis familiares en general por apoyarme durante todo este largo camino, sin duda son el mejor regalo que Dios me pudo haber dado.

*Elisa Cordero*

## 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.....	ix
Índice de anexos .....	x
<b>1. Título .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. Origen y distribución de la Quinoa.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2. Importancia del cultivo .....</b>	<b>6</b>
4.2.1. <i>Por su valor nutritivo .....</i>	<i>6</i>
4.2.2. <i>Valor comercial.....</i>	<i>6</i>
4.2.3. <i>Por su adaptabilidad.....</i>	<i>7</i>
<b>4.3. Descripción taxonómica .....</b>	<b>7</b>
<b>4.4. Descripción botánica .....</b>	<b>7</b>
<b>4.5. Condiciones agro climáticas del cultivo.....</b>	<b>7</b>
4.5.1. <i>Regiones .....</i>	<i>8</i>
4.5.2. <i>Temperatura .....</i>	<i>8</i>
4.5.3. <i>Precipitación-Humedad .....</i>	<i>8</i>
4.5.4. <i>Suelos .....</i>	<i>8</i>
4.5.5. <i>pH.....</i>	<i>8</i>
<b>4.6. Fenología del cultivo .....</b>	<b>8</b>
<b>4.7. Métodos de siembra .....</b>	<b>10</b>
4.7.1. <i>Siembra directa .....</i>	<i>11</i>
4.7.2. <i>Trasplante.....</i>	<i>11</i>
<b>4.8. Arreglo espacial .....</b>	<b>11</b>

<b>4.9. Rendimiento de cultivos</b> .....	12
4.9.1. <i>Componentes del rendimiento</i> .....	12
<b>5. Materiales y Métodos</b> .....	14
<b>5.1. Ubicación geográfica del área de estudio</b> .....	14
<b>5.2. Diseño experimental</b> .....	14
5.2.1. <i>Descripción de los tratamientos evaluados</i> .....	14
5.2.2. <i>Esquema de disposición del ensayo</i> .....	15
<b>5.3. Establecimiento del cultivo</b> .....	15
5.3.1. <i>Arreglo espacial</i> .....	16
<b>5.4. Metodología para el primer objetivo específico</b> .....	17
<b>5.5. Metodología para el segundo objetivo específico</b> .....	18
<b>5.6. Análisis estadístico</b> .....	19
<b>6. Resultados</b> .....	20
<b>6.1. Fenología del cultivo</b> .....	20
<b>6.2. Biomasa</b> .....	21
<b>6.3. Altura de la planta</b> .....	21
<b>6.4. Cobertura vegetal</b> .....	22
<b>6.5. Área foliar</b> .....	23
<b>6.6. Contenido de clorofila</b> .....	24
<b>6.7. Rendimiento y sus componentes</b> .....	25
6.7.1. <i>Número de granos por metro cuadrado</i> .....	25
6.7.2. <i>Peso de mil granos</i> .....	26
6.7.3. <i>Rendimiento</i> .....	27
6.7.4. <i>Índice de cosecha (IC)</i> .....	28
<b>7. Discusión</b> .....	30
<b>8. Conclusiones</b> .....	34
<b>9. Recomendaciones</b> .....	35
<b>10. Bibliografía</b> .....	36
<b>11. Anexos</b> .....	43



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tratamientos utilizados en el ensayo .....	14
--	----

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Diseño experimental .....	15
<b>Figura 2.</b> Arreglo espacial utilizado para el establecimiento del cultivo quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) .....	16
<b>Figura 3.</b> Fenología de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. var. Chimborazo en siembra directa y trasplante.. .....	20
<b>Figura 4.</b> Biomasa de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).....	21
<b>Figura 5.</b> Altura de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).....	22
<b>Figura 6.</b> Cobertura vegetal de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).....	23
<b>Figura 7.</b> Área foliar de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).....	24
<b>Figura 8.</b> Contenido de clorofila de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). .....	25
<b>Figura 9.</b> Número de granos/m <sup>2</sup> mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).. .....	26
<b>Figura 10.</b> Peso de mil granos de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).....	27
<b>Figura 11.</b> Rendimiento de la quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).. .....	28
<b>Figura 12.</b> Índice de cosecha de la quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B).....	29

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Descripción de las etapas de crecimiento fenológico de la quinua basada en el código BBCH. ....	43
<b>Anexo 2.</b> Análisis de suelo.....	44
<b>Anexo 3.</b> Plan de fertilización.....	46
<b>Anexo 4.</b> Preparación del terreno e implementación .....	49
<b>Anexo 5.</b> Desinfección del suelo mediante cal .....	49
<b>Anexo 6.</b> Siembra mediante chorro continuo.....	49
<b>Anexo 7.</b> Preparación de almácigos para trasplante .....	49
<b>Anexo 8.</b> Control de diabrotica .....	49
<b>Anexo 9.</b> Fertilización del cultivo.....	49
<b>Anexo 10.</b> Toma de datos de altura.....	50
<b>Anexo 11.</b> Secado de muestras en la estufa. ....	50
<b>Anexo 12.</b> Toma de datos de peso de materia seca.....	50
<b>Anexo 13.</b> Toma de datos del área foliar. ....	50
<b>Anexo 14.</b> Registro de cobertura vegetal. ....	50
<b>Anexo 15.</b> Primera visita técnica. ....	50
<b>Anexo 16.</b> Segunda visita técnica. ....	51
<b>Anexo 17.</b> Exposición de avance de resultados. ....	51
<b>Anexo 18.</b> Certificado de traducción del Abstract.....	52

## **1. Título**

**“Influencia del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sector La Argelia, Loja”**

## 2. Resumen

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo de grano andino que en los últimos años ha tomado gran importancia expandiéndose a nivel mundial, gracias a sus excelentes características nutritivas y de adaptabilidad. El Ecuador es el tercer país en producir quinua, principalmente en la Sierra con rendimientos que van de 1,5 a 3 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento está determinado por diversos factores entre los que destacan el genotipo, las condiciones ambientales y el manejo agronómico. El arreglo o distribución de las plantas en el campo, es una alternativa que puede diversificar la producción significativamente mediante la implementación de distanciamientos de siembra adecuados, con el fin de maximizar la cooperación y reducir la competencia entre plantas, logrando así un rendimiento óptimo. Esto hace que la disposición espacial y la densidad de población sean un factor importante para lograr dicho rendimiento. Con estos antecedentes, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes del crecimiento y rendimiento en el cultivo de quinua variedad Chimborazo en el sector la Argelia, Loja. El ensayo se realizó bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo bifactorial que consistió en dos métodos de siembra (siembra directa y trasplante) y cuatro arreglos espaciales (hilera simple a 25 cm, hilera simple a 50 cm, hilera doble 25-50 cm, hilera triple 25-25-50 cm), con 8 tratamientos y tres repeticiones. A lo largo del ciclo del cultivo se tomaron datos de las variables: fenología, biomasa, altura de la planta, cobertura vegetal, área foliar y contenido de clorofila, mientras que las variables número de granos/m<sup>2</sup>, peso de mil granos, rendimiento e índice de cosecha, se registraron cuando el cultivo llegó al punto de madurez fisiológica y con ello se realizó la cosecha. Al analizar las variables morfológicas, se observó que el tratamiento correspondiente a siembra directa y arreglo espacial a 50 cm obtuvo el mayor promedio en altura de planta, biomasa, área foliar y contenido de clorofila. Al final del experimento, el rendimiento obtenido superó al promedio nacional, con rendimientos de 4 t ha<sup>-1</sup> mediante siembra directa y 3,82 t ha<sup>-1</sup> en arreglo espacial a 50 cm, seguido del arreglo espacial a 25 cm con un rendimiento de 3,46 t ha<sup>-1</sup>; indicando así que las prácticas de manejo aplicadas a lo largo de todo el ciclo del cultivo influyen directamente en su producción.

**Palabras clave:** Amaranthaceae, trasplante, arreglo espacial

## 2.1. Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an Andean grain crop that in recent years has gained great importance, expanding worldwide, thanks to its excellent nutritional characteristics and adaptability. Ecuador is the third country to produce quinoa, mainly in the mountains with yields ranging from 1.5 to 3 t ha<sup>1</sup>. Yield is determined by various factors, including genotype, environmental conditions and management. The arrangement or distribution of plants in the field is an alternative that can significantly diversify production, through the implementation of adequate planting distances in order to maximize cooperation and reduce competition between plants, thus achieving optimal performance. This makes the spatial arrangement and population density an important factor to achieve said yield. With this background, the main objective of this research was to evaluate the effect of the sowing method and spatial arrangement on the components of growth and yield in the crop. Chimborazo variety quinoa in the Argelia sector, Loja. The trial was carried out under a Completely Randomized Block Design (DBCA) in a bifactorial arrangement that consisted of two sowing methods (direct sowing and transplanting) and four spatial arrangements (single row at 25 cm, single row at 50 cm, double row 25-50 cm, triple row 25-25-50 cm), with 8 treatments and three repetitions. Throughout the crop cycle, data was taken from the variables: phenology, biomass, plant height, plant cover, leaf area and chlorophyll content, while the variables number of grains/m<sup>2</sup>, thousand grain weight, yield and Harvest index, were recorded when the crop reached the point of physiological maturity and with it the harvest was carried out. When analyzing the morphological variables, it was observed that the treatment corresponding to direct sowing and spatial arrangement at 50 cm obtained the highest average in plant height, biomass, leaf area and chlorophyll content. At the end of the experiment, the yield obtained exceeded the national average, with yields of 4 t ha<sup>-1</sup> by direct seeding and 3,82 t ha<sup>-1</sup> in a 50 cm spatial arrangement, followed by a 25 cm spatial arrangement with a yield of 3,46 t ha<sup>-1</sup>; thus indicating that the management practices applied throughout the crop cycle directly influence its production.

**Keywords:** Amaranthaceae, transplant, spatial arrangement

### 3. Introducción

La quinua es un cultivo utilizado durante siglos por poblaciones rurales indígenas en Colombia, Ecuador Perú, Bolivia y Chile, por distintas comunidades nativas como los Quechuas y Aymaras ubicadas en Perú y Bolivia, y por las poblaciones Mapuches en Chile (Curicama, 2014), también es calificada como el alimento más completo con el que cuenta la humanidad, es por ello que se presenta como alternativa alimentaria particularmente en la alimentación infantil (Cordova, 2015).

Debido a la capacidad de adaptarse a diversas condiciones agroecológicas, mayor resistencia a temperaturas extremas (Carrasco, 2016; Koziol, 1992), y a la baja disponibilidad de agua, es considerado como un cultivo de importancia frente a la seguridad alimentaria regional y mundial (Soto et al., 2015); se produce en zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4 000 m.s.n.m (Gomez et al., 2019).

Es por ello que en la actualidad la expansión de este cultivo ha sido muy notable, en Ecuador presenta rendimientos de 1,5 a 3 t ha<sup>-1</sup>, ocupando alrededor de 2 390 hectáreas distribuidas en 6 provincias de la Sierra (MAG, 2022). La producción del cultivo de quinua se caracteriza por estar mayormente conformada por Unidades Productivas Agropecuarias con una superficie menor o igual a 1 hectárea (MAG, 2022).

El rendimiento del cultivo de quinua, como de cualquier otro cultivo está determinado por diversos factores entre los que destacan el genotipo, las condiciones ambientales (temperatura, radiación solar, fertilidad del suelo, disponibilidad hídrica, etc) y el manejo agronómico (Bazile et al., 2015). Según Agundis et al. (1962), el arreglo o distribución de las plantas en el campo, es una alternativa que puede diversificar la producción significativamente, siempre que se realice prácticas de manejo adecuado al cultivo. Por su parte, Chapepa et al. (2020) menciona que la distancia entre plantas es una de las opciones más convenientes para mejorar la captura de luz, a su vez el número de plantas necesarias para establecer la cobertura es función del área foliar de cada una y de la ubicación de sus hojas.

Cada cultivo debe tener un espacio adecuado para maximizar la cooperación y reducir la competencia para un rendimiento óptimo. Esto hace que la disposición espacial y la densidad de población sean un factor importante para lograr dicho rendimiento (FAO & MADS, 2018). La densidad y distribución de plantas manipula los microambientes y podría afectar el crecimiento, desarrollo y rendimiento debido a la intercepción de la radiación activa

fotosintética disponible (Sudduth et al., 1996). Exceder la población de plantas por encima del óptimo no incrementa el rendimiento debido a una disminución en la eficiencia del uso de la radiación y nutrientes (Purcell et al., 2002), sombra competitiva dentro de la arquitectura del dosel foliar (Hiyane et al., 2010), con la consiguiente reducción de radiación interceptada por las hojas del tallo medio e inferior (Boomsma et al., 2009). La distribución inadecuada de las plantas afecta significativamente la captura de la luz y provoca competencia entre ellas impulsado por la limitación de recursos, esto conlleva finalmente a un deficiente crecimiento y rendimiento del cultivo (Blanco & González, 2021).

Sin embargo, aún no existen investigaciones específicas acerca de los potenciales de rendimiento de distintos ecotipos de quinua, cultivados bajo distinta distribución espacial mediante siembra directa y trasplante en las condiciones interandinas de nuestro país, temas que son de gran importancia para determinar estrategias de manejo con el fin de mejorar el rendimiento y con ello mejorar la calidad de vida de los productores. Por lo tanto, la presente propuesta busca responder a la pregunta general: ¿Cómo influye el método de siembra y distribución de plantas sobre el crecimiento de la quinua? Así como también, ¿cuál es la distribución espacial que produce un mejor efecto sobre el rendimiento de la quinua var. Chimborazo?

#### **a. Objetivo General**

Evaluar el efecto del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes del crecimiento y rendimiento en el cultivo de quinua var. Chimborazo en el sector La Argelia, Loja.

#### **b. Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de cuatro arreglos espaciales y dos métodos de siembra sobre el crecimiento de la quinua var. Chimborazo en el sector La Argelia, Loja.
- Determinar la influencia de cuatro arreglos espaciales y dos métodos de siembra sobre el rendimiento de la quinua var. Chimborazo en el sector La Argelia, Loja.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Origen y distribución de la Quinoa**

La domesticación y descubrimiento de este cultivo tuvo sus inicios hace 2 000 a 3 000 años A.C., estimación que se realizó basándose en hallazgos arqueológicos como ramas terminales y granos sueltos, mismos que fueron encontrados en regiones de Perú y Chile (Tapia, 1979). Bojanic (2011) menciona haber encontrado semillas de quinoa en antiguas sepulturas indígenas en distintas regiones de Chile, como Tarapacá, Calama, Colchaqui-Diaguaita, Tiltil y Quíllagua.

La diversidad genética de este cultivo ha aportado ciertas características adaptativas de cada especie a diferentes áreas geográficas como son: I) Quinoa de los Intervalos Andinos (en Colombia, Ecuador y Perú); II) Quinoa del Altiplano (en Perú y Bolivia); III) Quinoa de los Yungas (en el bosque subtropical boliviano); IV) Quinoa de los Salares en los salares (en Bolivia, norte de Chile y Argentina); y V) Quinoa costera, de las tierras bajas o del nivel del mar (en el centro y sur de Chile) (Martínez et al., 2015).

### **4.2. Importancia del cultivo**

#### ***4.2.1. Por su valor nutritivo***

La gran importancia de este cultivo se manifiesta en la alta calidad como alimento, ya que presenta aminoácidos esenciales, ácidos grasos como omega 3, 6 y 9, vitaminas, y minerales como el calcio y el hierro (Mujica & Jacobsen, 2006). Es una fuente natural de proteína vegetal, que le confieren un alto valor biológico superior al trigo, arroz y maíz, y comparable solo con la leche, la carne y el huevo (Bastidas et al., 2016).

#### ***4.2.2. Valor comercial***

El Ecuador se ha definido como el tercer país en producir este cultivo, aportando el 30 % de ingresos de comunidades indígenas principalmente en zonas altas de la Sierra (Silva, 2021). En el 2010 el Ecuador presentó niveles de exportación de 304 toneladas métricas, correspondientes a 557 mil dólares, así mismo el costo de la quinoa orgánica equivale a 3 dólares por kg, encontrándose por encima del cultivo de soya y trigo (Valenzuela, 2016). La producción de este cultivo en nuestro país se ubica en varios sectores de seis provincias de la región sierra, de las cuales las que presentaron mayor superficie de cultivo son: Chimborazo,



Imbabura, Cotopaxi, respectivamente; seguidos de Tungurahua, Pichincha, Carchi (Peralta, 2009).

#### **4.2.3. Por su adaptabilidad**

La gran variabilidad genética que presenta este cultivo, le brinda la capacidad de adaptarse a diferentes ambientes agroecológicos, siendo capaz resistir a la sequía y los suelos deficientes de nutrientes (Khaitov et al., 2020). Es por ello que es una notable alternativa de cultivo frente al cambio climático que está afectando el calendario agrícola y el hambre a nivel mundial (Sharma & Lakhawat, 2017).

#### **4.3. Descripción taxonómica**

La quinua taxonómicamente se clasifica en la división Magonoliophyta, clase Magnoliopsida, subclase Caryophyllidae, orden Caryophyllales, familia de las Amaranthaceae, pertenece al género *Chenopodium* especie *Chenopodium quinoa* Willd (Apaza et al., 2013; Bhargava & Srivastava, 2013; Clifton, 1968).

#### **4.4. Descripción botánica**

Botánicamente es una planta herbácea de desarrollo anual que alcanza una altura que va desde 50 a 200 cm (CEAZA., 2016). Su coloración varía de verde hasta rojo dependiendo de los genotipos, fase fenológica y lugar de cultivo (Izquierdo et al., 2003). Posee una raíz pivotante, profunda, ramificada y fibrosa que puede alcanzar una longitud de 0,8 a 1,5 m (Alvarez et al., 2014), por tal motivo lo hace ser un cultivo resistente a la sequía y a otros factores (Valencia, 2015). Su tallo es cilíndrico, con corteza firme y compacta, constituida por tejidos vigorosos y lignificados (Bhargava et al., 2006).

Presenta hojas dentadas de 15 cm de largo por 12 cm de ancho, este tamaño disminuye a medida que asciende la planta, su inflorescencia corresponde a una panoja de 15 a 17 cm de longitud (Haros & Schoenlechner, 2017). Sus flores son pequeñas de 1 a 2 mm, incompletas y carecen de pétalos (Abdelbar, 2018). El fruto es un aquenio indehiscente pequeño, de 2 mm de diámetro y 1 mm de espesor, constituido por el pericarpio y la semilla (Abdelbar, 2018; Pando & Aguilar, 2016).

#### **4.5. Condiciones agro climáticas del cultivo**

La obtención de una quinua de calidad depende de factores agroclimáticos, las cuales se detallan a continuación:

#### **4.5.1. Regiones**

La quinua al haber sido domesticada, se puede cultivar desde el nivel de mar (0 a 500 m.s.n.m.) hasta la sierra alta o Altiplano (3 500 a 4 000 m.s.n.m.) (Del Castillo et al., 2008); dando lugar al surgimiento de distintos ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar, dependiendo de la zona (Miranda et al., 2011).

#### **4.5.2. Temperatura**

Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 10 a 25 °C (Becker et al., 2017).

#### **4.5.3. Precipitación-Humedad**

Durante los primeros estadios fenológicos requiere de 40 a 50 mm de agua, después de la emergencia este cultivo tiene un buen desarrollo con 250 a 500 mm de agua anuales (Mujica & Jacobsen, 2006).

#### **4.5.4. Suelos**

La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semi profundos con un alto contenido de materia orgánica (Mujica & Jacobsen, 2006). Se debe evitar suelos con problemas de inundación, ya que dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular (García et al., 2020).

#### **4.5.5. pH**

Se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 4,5 (en los valles interandinos del Norte del Perú) hasta 9 (altiplano peruano boliviano y los salares de Bolivia) (García et al., 2020), sin embargo, el rango óptimo va de 6,5 a 8, esto depende de la variedad o genotipo (Pando & Aguilar, 2016).

### **4.6.Fenología del cultivo**

El cultivo de quinua, presenta los siguientes estados fenológicos, mediante la escala BBCH, descrita por Sosa et al. (2017):

#### **Estado fenológico principal 0: Germinación**

La fase de germinación comienza con las semillas secas (00). Bajo una humedad adecuada, oxígeno y temperatura las semillas pueden germinar muy rápidamente; este estado presenta a su vez subetapas como son a la imbibición de las semillas (01) y la aparición de la

radícula (05), seguidamente la emergencia del coleóptilo (08). El estado de germinación finaliza con la subetapa de emergencia de los cotiledones (09).

### **Estado fenológico principal 1: Desarrollo de hojas**

El desarrollo de hojas inicia con una subetapa de expansión de los dos cotiledones (10), posterior a ello la subetapa de aparición de dos de hojas (11). Con la presencia de al menos 10 pares de hojas verdaderas, las yemas axilares de las hojas iniciales empiezan a formar las ramas.

### **Estado fenológico principal 2: Formación de ramas laterales**

Esta etapa se manifiesta cuando las yemas presentes en las axilas de las primeras hojas se ubican en forma secuencial; dando inicio primeramente con la yema axilar de la primera hoja y así sucesivamente. Esta fase presenta subetapas, como son la presencia de yemas laterales visibles (20), el tallo lateral ya se torna visible (21), presencia de dos tallos laterales visibles (22); posteriormente el sistema continua igual hasta la subetapa 29 donde la planta presenta nueve o más ramas laterales visibles.

### **Estado fenológico principal 3: Elongación del tallo principal**

Esta fase es omitida, debido a que la elongación continúa hasta incluso después de antesis, considerándose por ello un parámetro que no indica alguna información relevante.

### **Estado fenológica principal 4: Desarrollo de órganos de cosechables**

Esta fase es omitida debido a que la escala está diseñada para un cultivo de quínoa donde el producto cosechado sean los frutos

### **Estado fenológica principal 5: Aparición de la inflorescencia**

El estadio principal 5 se evidencia cuando la planta presenta alrededor de 5 pares de hojas. Esta fase presenta subetapas, entre ella está la aparición de la inflorescencia con presencia de hojas jóvenes que la cubren (50). La fase finaliza cuando la inflorescencia tiene flores cerradas y sus hojas que se encuentran a su alrededor están expandidas (59) quedando así la inflorescencia expuesta hacia el exterior.

### **Estado fenológico principal 6: Floración**

El estadio principal 6, explica la apertura de las flores, inicia cuando las primeras anteras se pueden observar a simple vista (60), la etapa de floración culmina cuando se observa que anteras empiezan a adquirir otra coloración esto dependiendo del genotipo en estudio (69).

### **Estado fenológico principal 7: Desarrollo del fruto**

La etapa fenológica principal 7 se da con la fecundación, el proceso que marca el inicio de la formación de los frutos es el cuajado. Este proceso está determinado por una serie de señales que por lo general son hormonales, por ejemplo tiene lugar el comienzo del crecimiento de las paredes del ovario u otras estructuras que van a generar el fruto y a su vez los primeros granos se observan a simple vista (70). Durante esta fase los granos se encuentran llenos de una sustancia acuosa.

### **Estado fenológico principal 8: Madurez del fruto**

La etapa fenológica principal 8 supone la fase final del desarrollo del fruto en la que se manifiestan distintos cambios en su apariencia, sabor y textura. Como primer subetapa se presenta el grano lechoso (81), en donde la sustancia acuosa es reemplazada con una sustancia lechosa, y por tanto al ejercer presión sobre el mismo, dejan salir un líquido lechoso de coloración blanca, este estado ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, dependiendo del genotipo utilizado. Los granos pastosos (85) por otro lado, se identifican cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia más densa de color blanquecino. Finalmente, los granos maduros (89) se determinan cuando al presionar el grano con las uñas, presenta resistencia a la penetración.

### **Estado fenológico principal 9: Senescencia**

Cuando cultivo finalmente ha llegado a su madurez fisiológica la planta comienza a secarse. Esta fase presenta subetapas, primero inicia con el envejecimiento de las hojas basales (91), luego continúa con las hojas de la mitad del tallo hacia arriba (93), todas las hojas envejecen y mueren, a su vez el tallo principal se torna desde color amarillo a marrón (95), posteriormente ocurre el amarillamiento completo de la planta y procede a secarse (97) y esta fase finaliza con la cosecha del grano (99).

## **4.7.Métodos de siembra**

La siembra debe ser efectuada apenas se haya realizado la preparación del suelo, ya que así la semillas captará humedad, un suelo suelto y se reducirá la competencia con malezas (Erazzu et al., 2016). Debido a que las semillas de quinua son de pequeño tamaño y la siembra se debe realizar de la forma más cuidadosa posible para lograr una germinación eficiente y establecimiento del cultivo (Cruz et al., 2021). La quinua puede ser sembrada de forma directa o mediante trasplante (Awadalla & Morsy, 2017).

#### **4.7.1. Siembra directa**

**4.7.1.1. Siembra manual.-** Es recomendable realizar la siembra en surcos, ya que facilita la ejecución de distintas prácticas culturales que se realizan a lo largo del desarrollo del cultivo (Valdivia & Poull, 2018). La distancia a su vez va a depender el tipo de maquinaria o tracción animal que utilizemos, puede variar de 40 a 80 cm, a una profundidad de 15 – 20 cm aproximadamente (Ludvigson et al., 2019).

La siembra en camellones es muy utilizada, consiste en sembrar al voleo y cuando las plantas presenten algunas hojas verdaderas, se abren surcos de 1 a 2 m, esta técnica se realiza debido a que presenta demasiada densidad de plantas (Pando & Aguilar, 2016).

**4.7.1.2. Siembra mecanizada.-** La mecanización de la siembra es inevitable cuando se instalan grandes extensiones y se desea ahorrar mano de obra, semilla y tiempo, así como obtener precisión y uniformidad en la siembra (Walsh, 2020). El tipo de sembradora a utilizar para la quinua debe considerarse en función a la cantidad adecuada de plantas por hectárea (12-15 kg/ha), distanciamiento preciso entre ellas, así como la profundidad exigida por esta planta (Gomez et al., 2019). La profundidad es un aspecto importante, ya que no debe exceder los 2 cm y cubriéndose la semilla con una capa muy fina de suelo mediante herramientas sencillas que facilitan un ligero desplazamiento del mismo (Pando & Aguilar, 2016).

#### **4.7.2. Trasplante**

Este método de siembra es recomendable en sitios donde se dispone de agua de riego, primeramente se prepara el almácigo en un lugar apropiado (Ruffino et al., 2010). Luego que las plántulas hayan alcanzado a formar cuatro a seis hojas verdaderas se procede a iniciar el trasplante, para ello se las debe sumergir en una solución de agua con lejía, con la finalidad de protegerlas de patógenos. La distancia de siembra entre planta es de 10 cm (Pando & Aguilar, 2016).

A su vez es necesario mantener una constante vigilancia, ya que hasta que se adapte al campo requerirá de condiciones propicias. La ventaja de este método es la menor competencia con malezas y la eliminación de la labor de raleo de plantas (Rodas & Bonifacio, 2018).

#### **4.8. Arreglo espacial**

Es considerado como la distribución de las plantas en el terreno, la cual se obtiene mediante la modificación del distanciamiento entre hileras de siembra, por lo que van a estar

influyendo en la productividad de los cultivos (Satorre et al., 2003). Las plantas pueden distribuirse en diversos arreglos espaciales tanto indefinidos o definidos, correspondientes a surcos, franjas o bordes y las combinaciones de éstos, a su vez mediante hileras simples, dobles y triples (Zulkadir, 2021).

La correcta distribución de las plantas en campo, requiere un distanciamiento de las plantas dentro de la hilera, la distancia entre las hileras y el número de semillas que se necesitan plantar por cada metro (Wang et al., 2017). La forma en que el arreglo espacial de las plantas determina el rendimiento, está relacionado no solamente con la generación del sistema de captura de recursos sino también con las relaciones entre los individuos de la población (Evers & Bastiaans, 2016). Es por ello que a la hora de establecer un cultivo es importante considerar el arreglo espacial, de modo que las diferentes interacciones intra e interespecíficas afecten lo menos posible al cultivo (Dao et al., 2020; Moreno et al., 2005).

#### **4.9. Rendimiento de cultivos**

Al final del ciclo de un cultivo, el material cosechado es el resultado final de diversas interacciones suscitadas en forma constante a lo largo de dicho ciclo, entre ellos están el genotipo, el ambiente y manejo del cultivo (Hall, 1979). Es necesario considerar que el cultivo es visto como un sistema que asimila carbono de la atmósfera y almacena una parte de este carbono en los órganos de cosecha (Tsimba et al., 2013). Además de ello, las características del cultivo, factores internos y externos son parte de los requisitos para una oportuna determinación de la fisiología del rendimiento (Auld et al., 1983; Cao et al., 2020).

En el cultivo de quinua el rendimientos varían de 1 a 7 t ha<sup>-1</sup>, debido a que se ve influenciado por la interrelación de diversos factores, como clima, suelo y tecnología (Gomez et al., 2019). El Ecuador cuenta con condiciones óptimas para el cultivo, alcanzando un rendimiento potencial de 11 t ha<sup>-1</sup> (Peralta, 2009). Basantes (2022) indica que el rendimiento promedio de quinua es de 1,5 a 3 toneladas por hectárea, sin embargo, mejorando los procesos productivos se puede superar las 5 toneladas por hectárea.

##### **4.9.1. Componentes del rendimiento**

Según Hall (1979), dentro del rendimiento los componentes que lo determinan son: cantidad de granos por m<sup>2</sup> y el peso promedio de grano individual.

- **Número de granos**

En la determinación del rendimiento existen variaciones que son explicadas en gran medida por elemento número de granos, este varía mucho dependiendo de las características ambientales en las que se encuentra el cultivo; todas las actividades de manejo del cultivo se enfocan a maximizar este componente (Ramos et al., 2004).

- **Peso de granos**

El peso final del grano está determinado por factores agronómicos y ambientales, como la fecha y densidad de siembra, temperatura; y a factores propios de la variedad que se ha de utilizar, que pueden impedir acumulación de asimilados durante la fase de llenado, ya que es la etapa crucial para este componente (Corona et al., 2012).

## 5. Materiales y Métodos

### 5.1. Ubicación geográfica del área de estudio

Esta investigación se desarrolló en la Quinta Experimental “la Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, parroquia Punzara, cantón y provincia de Loja, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 4°02'19.2"S 79°12'00.6"W, a 2 150 msnm, presenta una temperatura promedio de 16,3 °C y una precipitación media anual de 1 058 mm, el suelo es de naturaleza franco limoso. Ecológicamente la Estación Experimental “La Argelia-Loja”, corresponde a una Zona de vida conocida como bosque seco montano bajo (bs-Mb) (Holdridge, 1987).

### 5.2. Diseño experimental

La investigación se estableció bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo bifactorial. Los factores considerados son métodos de siembra (siembra directa y trasplante) y arreglo espacial (hilera simple a 25 cm, hilera simple a 50 cm, hilera doble a 25-50 cm e hilera triple a 25-25-50 cm), cuya combinación de los distintos niveles de cada factor dio origen a 8 tratamientos, con 3 repeticiones. Cada unidad experimental tuvo una medida de 2,5\*2,5 m, con caminos de 0,80 m entre parcela y 1 m entre bloque, dando un área total de 243,2 m<sup>2</sup>. Para este estudio se utilizó la variedad Chimborazo.

#### 5.2.1. Descripción de los tratamientos evaluados

**Tabla 1.** *Tratamientos utilizados en el ensayo*

Tratamiento	Método de siembra	Arreglo espacial
T1	Siembra directa	Hilera simple (25 cm)
T2	Siembra directa	Hilera simple (50 cm)
T3	Siembra directa	Hilera doble (25-50 cm)
T4	Siembra directa	Hilera triple (25-25-50 cm)
T5	Trasplante	Hilera simple (25 cm)
T6	Trasplante	Hilera simple (50 cm)
T7	Trasplante	Hilera doble (25-50 cm)
T8	Trasplante	Hilera triple (25-25-50 cm)

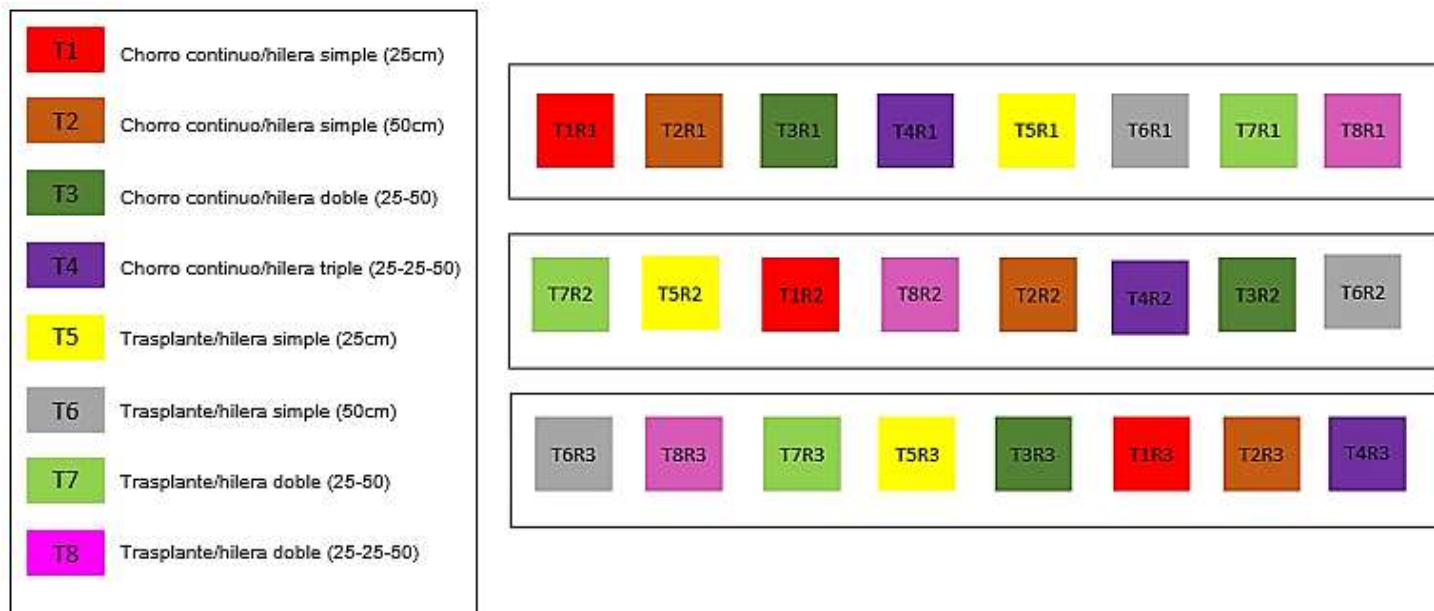
**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor



### 5.2.2. Esquema de disposición del ensayo

En la figura 1, se muestran los 8 tratamientos que se distribuirá en el ensayo en campo, el mismo que se considerarán 3 repeticiones.



**Figura 1.** Diseño experimental

**Fuente:** Autor

### 5.3. Establecimiento del cultivo

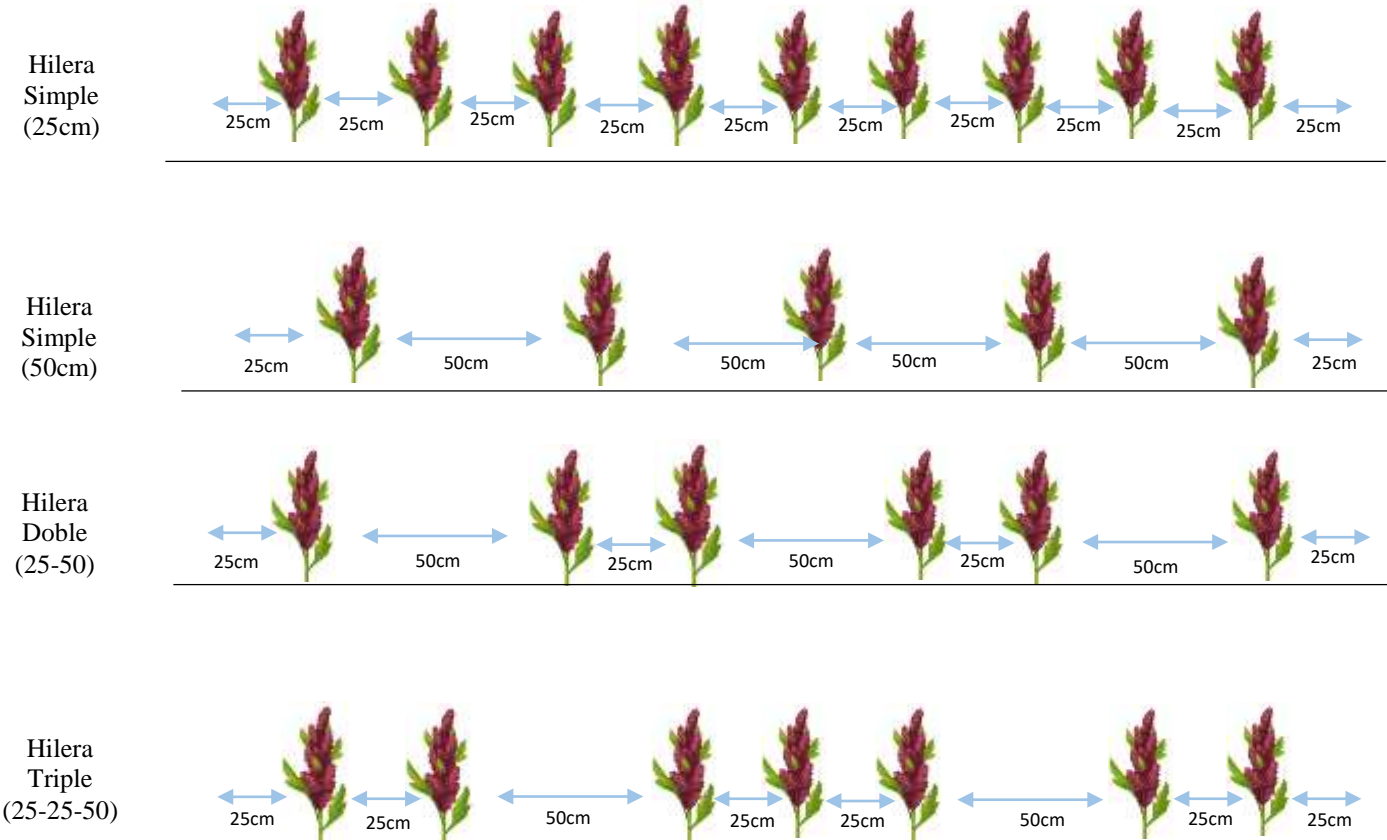
En el terreno se realizó un análisis químico del suelo para la corrección de macro y micronutrientes, se recogieron 4 submuestras en zigzag a una profundidad de 0,2 - 0,3 m, estas se secaron y se mezclaron para tomar 1 kg de suelo para el análisis químico en el laboratorio. Utilizando la información del análisis de suelo y las necesidades del cultivo se procedió a realizar un plan de fertilización y encalado (Anexo 3). Posteriormente realizó la preparación del terreno, esta fue mecanizada con la ayuda de un tractor John Deer, también se aplicó un herbicida preemergente, para proceder con la parcelación de las unidades experimentales las cuales tienen una dimensión de 2,5 m de largo por 2,5 m de ancho. Los tratamientos se lograron realizando la siembra a chorro continuo y para el trasplante, semilleros, una vez que las plántulas presentaron 6 hojas verdaderas se procedió a trasplantarlas en campo a una distancia de 10 cm entre planta y utilizando los arreglos espaciales de hilera simple a 25 cm, hilera simple a 50 cm, doble hilera a 25-50 cm e hilera triple a 25-25-50 cm, respectivamente.

Durante el ciclo del cultivo, se llevó un control de las principales plagas, enfermedades y arvenses mediante prácticas culturales y se proporcionó fertilización y riego para asegurar las

condiciones potenciales para el cultivo. A su vez se llevó el registro de datos, la cosecha se efectuó de forma manual, cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica. Finalmente, las muestras seleccionadas fueron trasladadas al laboratorio de Análisis Químico de Suelos de la Universidad Nacional de Loja, para sus respectivos análisis.

**5.3.1. Arreglo espacial**

Se diseñaron y aplicaron 4 arreglos espaciales, basados en el distanciamiento entre hileras, los mismos que se muestran en la Figura 2.



**Figura 2.** Arreglo espacial utilizado para el establecimiento del cultivo quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

**Fuente:** El autor

#### **5.4. Metodología para el primer objetivo específico**

*“Evaluar el efecto de cuatro arreglos espaciales y dos métodos de siembra sobre el crecimiento de la quinua var. Chimborazo en el sector La Argelia, Loja”*

- **Fenología del cultivo**

Se realizó el seguimiento de la fenología, análisis del crecimiento y desarrollo en la variedad Chimborazo. En este punto se utilizó como referencia la escala fenológica elaborada por Sosa et al. (2017) basada en la escala BBCH. El registro de cada estado fenológico se realizó cuando por lo menos el 50 % de plantas de cada unidad experimental muestren las características de cada fase.

- **Biomasa**

Se realizó el muestreo de las 3 plantas seleccionadas de la parte central de la unidad experimental, esto se lo realizó cada 30 días. Una vez obtenidas las muestras se secaron en horno a  $65 \pm 5$  °C, posteriormente se procedió a determinar su peso seco con ayuda de una balanza analítica.

- **Altura de la planta**

Para la altura de la planta se tomaron los datos de 3 plantas seleccionadas en cada unidad experimental, la medida se estableció desde el cuello de la planta hasta el ápice central y se expresó en cm, el registro de datos se realizó cada 15 días.

- **Cobertura vegetal**

Los datos se tomaron cada 15 días, la cobertura vegetal se calculó mediante fotografías digitales empleando la aplicación para celulares *Canopeo* desarrollada por Patrignani and Ochsner (2015).

- **Área foliar**

El área foliar (AF) se evaluó mediante la utilización de un equipo medidor portátil de área foliar *CI-202*, con tecnología láser y buena resolución. Se tomó 3 plantas para cada fecha de muestreo, se extrajeron todas las hojas para ser ingresadas cada una de estas en el escáner, finalmente se obtuvo un promedio de cada una de ella

- **Cuantificación de clorofila**

Los datos se calcularon en los estados de antesis y llenado de granos mediante la utilización de un medidor de clorofila *SPAD* (Minolta 502), se seleccionaron 2 plantas de la parte central de cada unidad experimental, y se obtuvo un promedio de 2 hojas por planta, considerando hojas de la parte central de cada planta.

### **5.5. Metodología para el segundo objetivo específico**

*“Determinar la influencia de cuatro arreglos espaciales y dos métodos de siembra sobre el rendimiento de la quinua var. Chimborazo en el sector La Argelia, Loja”*

- **Número de granos por metro cuadrado**

Se determinó luego de la cosecha, contando el número de granos obtenidos por planta, tomando de muestra de 5 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental. Luego para determinar el número de granos por m<sup>2</sup>, utilizando el número de granos por planta, este se extrapoló al número de plantas promedio que hay por metro cuadrado en cada tratamiento, es decir se multiplicó el número de granos por planta por el número de plantas por m<sup>2</sup>. Para determinar el número de plantas por m<sup>2</sup>, primeramente se realizó el conteo del número de plantas por hilera, este resultado se multiplicó por el número de hileras de cada parcela. Este apartado se establecerá mediante 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>

- **Peso de granos**

Se seleccionaron 5 plantas de la parte central de cada unidad experimental, para ello se procedió a secar las muestras en una estufa a  $65 \pm 5$  °C, luego se pesó una muestra representativa de 1000 granos de cada planta mediante una balanza analítica.

- **Rendimiento**

Luego de haber obtenido el número de granos por metro cuadrado y el peso de granos, el rendimiento se determinó, aplicando la siguiente ecuación:

$$R = NG \text{ m}^2 * PG$$

Donde:

$R$ = rendimiento

$NG \text{ m}^2$ = número de granos por metro cuadrado

- **Índice de cosecha**

El índice de cosecha se obtuvo al determinar el rendimiento en  $\text{g/m}^2$  de cada unidad experimental, y luego se dividió para la biomasa de la superficie cosechada ( $\text{g/m}^2$ ), para lo cual se aplicará la siguiente ecuación:

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

## **5.6. Análisis estadístico**

Se tabularon los datos recolectados en una base de datos de Microsoft Excel, para posteriormente realizar el análisis estadístico haciendo uso del programa versión libre InfoStat, (2020). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) con un nivel de significancia del 5 % para determinar si existen o no diferencias significativas entre tratamientos, previa evaluación de cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Además, se aplicó pruebas de comparación múltiple mediante el test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) para identificar el mejor tratamiento.

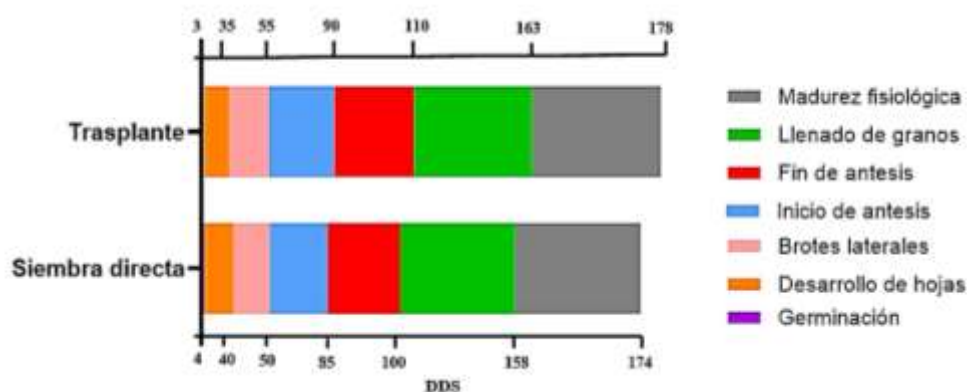
## 6. Resultados

Mediante el análisis estadístico, en el presente estudio se determinó que no existen diferencias significativas en la interacción entre los factores método de siembra y arreglo espacial, por ello, se analizó individualmente cada uno de estos factores, logrando determinar que de esta manera si existen diferencias significativas.

### 6.1. Fenología del cultivo

La Figura 3, muestra la escala fenológica del cultivo de quinua mediante siembra directa y trasplante, la emergencia de cotiledones a través del suelo (BBCH 09) se produjo a los 3 días mediante trasplante y a los 4 días mediante siembra directa, el desarrollo de las hojas (BBCH 16), se dio a los 35 días mediante trasplante y a los 40 días por siembra directa, en ambos métodos de siembra la fase vegetativa presentó un rápido aumento tanto en el crecimiento como en el desarrollo del follaje de la planta.

Desde la fase de aparición de brotes laterales hasta fin de antesis existió un menor número de días para llegar a cada una de estas fases, esto mediante siembra directa. El comienzo de la antesis (BBCH 60), se presentó a los 80 días mediante siembra directa y a los 90 días mediante trasplante, la culminación de la antesis (BBCH 69) se produjo a los 100 días en siembra directa y a los 110 días mediante trasplante. Finalmente la fase de madurez fisiológica (BBCH 89) en siembra directa llegó a los 174 DDS, mientras que en trasplante se produjo a los 178 DDS (Fig. 3).

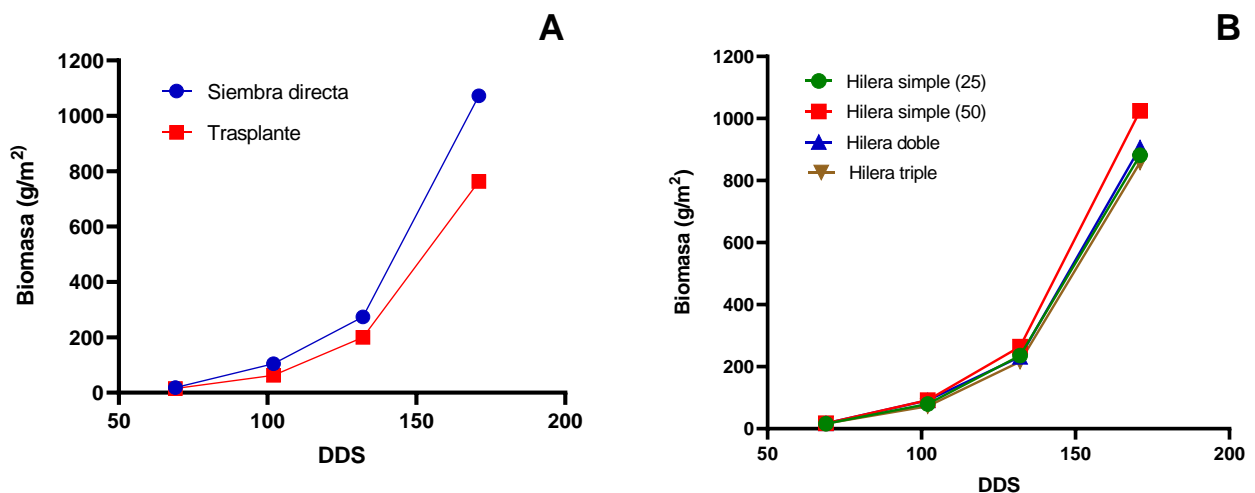


**Figura 3.** Fenología de *Chenopodium quinoa* Willd. var. Chimborazo, en función de días después de la siembra, mediante siembra directa y trasplante.

## 6.2. Biomasa

En la biomasa mediante el método de siembra se observan diferencias significativas en siembra directa con respecto al trasplante a partir de los 102 DDS (p-valor <0.0001), al momento de la cosecha el método de siembra mediante siembra directa generó mayor biomasa con valores de 1 072,46 g/m<sup>2</sup>, con respecto a la biomasa obtenida mediante trasplante que fue de 763, 46 g/m<sup>2</sup> (Fig. 4, letra A).

En los diferentes arreglos espaciales no existieron diferencias significativas, sin embargo, en el arreglo de hilera simple a 50 cm hubo un mayor contenido de biomasa 1 024,8 g/m<sup>2</sup>, en comparación con hilera triple que se presentó una biomasa de 857,83 g/m<sup>2</sup> (Fig. 4, letra B).

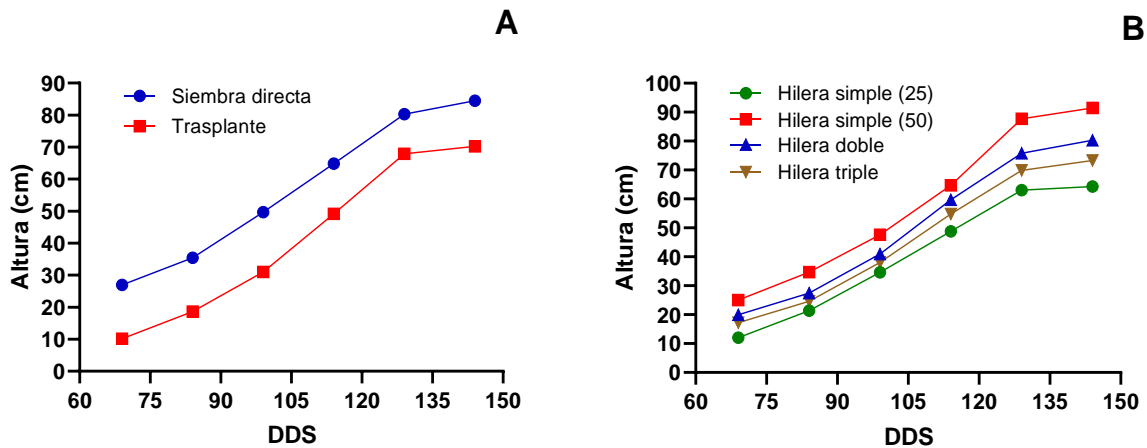


**Figura 4.** Biomasa de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada punto corresponde al promedio de tres repeticiones. Días después de la siembra (DDS).

## 6.3. Altura de la planta

En la variable altura mediante método de siembra presentó diferencias desde los 84 hasta los 144 DDS (p-valor = 0,0001), la mayor altura se la obtuvo mediante siembra directa con un valor de 84,46 cm y 70,21 cm en trasplante (Fig. 5A). En el arreglo espacial se observa una diferencia significativa a partir de los 114 DDS (p-valor = 0,0237) siendo mayor esta diferencia a los 144 DDS (p-valor <0,0001) y el arreglo que generó una mayor altura fue el de

hilera simple a 50 cm con un valor de 91,45 cm, mientras que el arreglo correspondiente a hilera simple a 25 cm presentó menor altura de 64,28 cm (Fig. 5, letra B).



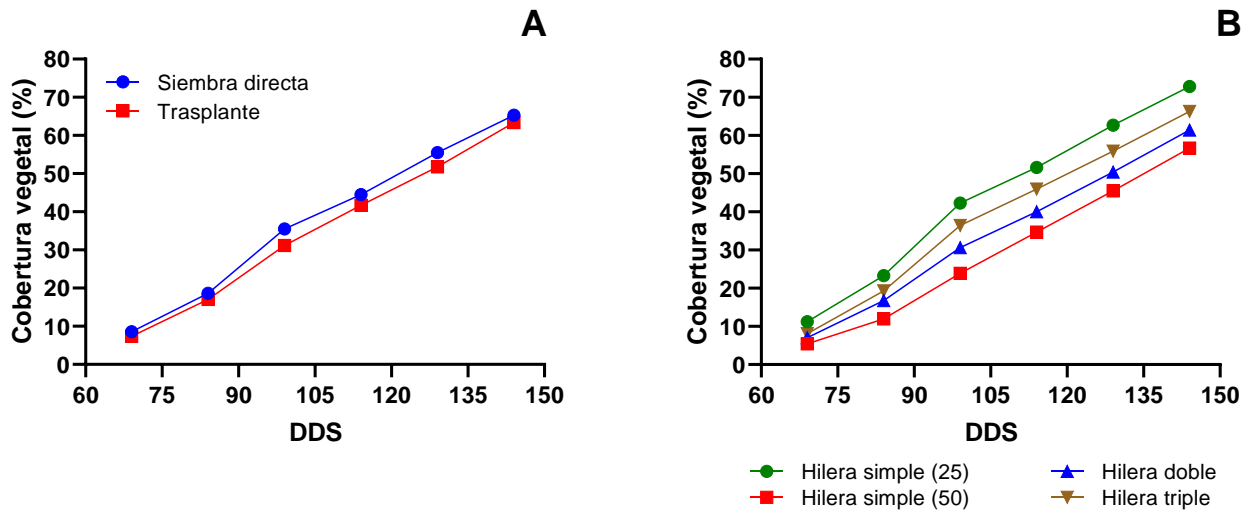
**Figura 5.** Altura de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada punto corresponde al promedio de tres repeticiones. Días después de la siembra (DDS).

#### 6.4. Cobertura vegetal

En la figura 6, se refleja el porcentaje de cobertura vegetal observándose que en cuanto al método de siembra no existieron diferencias significativas, sin embargo, hubo un mayor porcentaje de cobertura vegetal mediante siembra directa con un valor de 65,27 %; en comparación con el trasplante que se presentó una biomasa de 63,35 % (Fig. 6, letra A).

Mediante el factor arreglo espacial se observaron diferencias significativas en todas las fechas evaluadas, a los 144 DDS (p-valor = 0,0292) la hilera simple a 25 cm presentó los valores más altos de cobertura vegetal con un porcentaje de 72,84, por el contrario, el arreglo a 50 cm arrojaron los datos más bajos de todos los tratamientos, con un 56,68 % (Fig. 6, letra B).

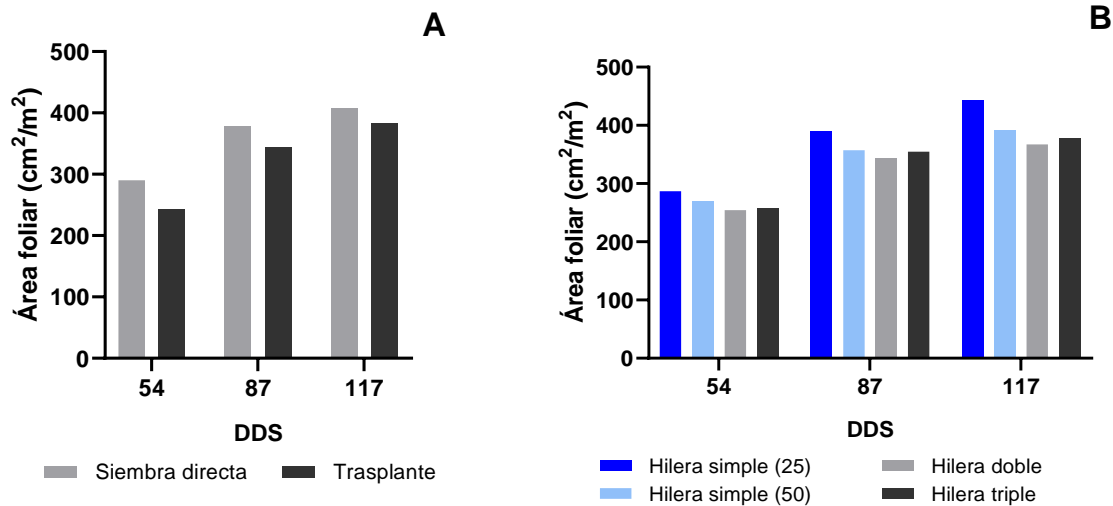




**Figura 6.** Cobertura vegetal de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada punto corresponde al promedio de tres repeticiones. Días después de la siembra (DDS).

### 6.5. Área foliar

En la figura 7, se observa que a los 54 y 87 días después de la siembra existe diferencia significativa en la siembra directa con respecto al trasplante ( $p$ -valor  $< 0,05$ ), sin embargo a los 117 DDS no existe diferencia significativa pero se obtuvo una mayor área foliar mediante siembra directa con un valor de  $407,61 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  a diferencia de trasplante que obtuvo un valor de  $382,68 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  (Fig. 7, letra A). En el arreglo espacial no se observa una diferencia significativa, no obstante el tratamiento que obtuvo el mayor valor es mediante hilera simple a 25 cm con un valor de  $443,42 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  a diferencia del tratamiento hilera doble que fue el de menor área foliar  $367,36 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  (Fig. 7, letra B).

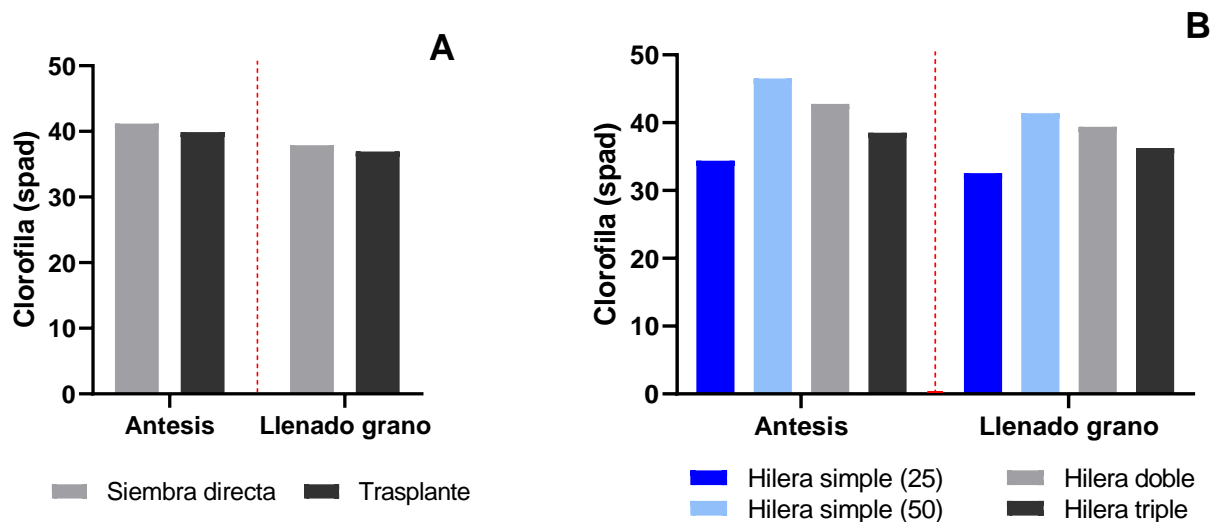


**Figura 7.** Área foliar de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada punto corresponde al promedio de tres repeticiones. Días después de la siembra (DDS).

## 6.6. Contenido de clorofila

En la figura 8 se refleja el contenido de clorofila observándose que en cuanto al método de siembra no existieron diferencias significativas, sin embargo, hubo un mayor contenido de clorofila mediante siembra directa con un valor de 37,88 unidades Spad; en comparación con el trasplante que se presentó un valor de 36,92 unidades Spad (Fig. 8, letra A).

En el arreglo espacial se observa que existieron diferencias significativas a los 76 y 108 DDS ( $p$ -valor  $<0,0001$ ), a los 76 DDS el mejor tratamiento fue el de hilera simple a 50 cm ya que presentó los mayores valores con 46,53 unidades Spad, mientras que en hilera simple a 25 cm se registró un valor de 34,4 unidades Spad, a los 108 DDS este contenido de clorofila disminuyó, sin embargo, los mejores resultados se siguieron manifestando en hilera simple a 50 cm con un valor de 41,4 unidades Spad, frente a hilera simple a 25 cm con un valor de 32,57 unidades Spad (Fig. 8, letra B). Cabe destacar que a medida que la planta se acerca a madurez fisiológica el contenido de clorofila disminuye.



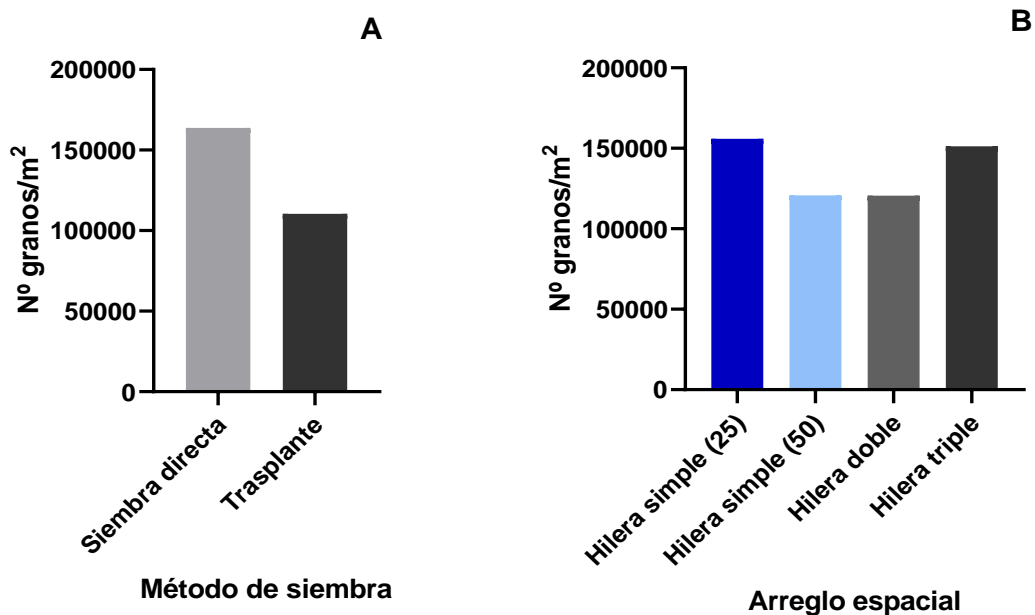
**Figura 8.** Contenido de clorofila de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada color representa los diferentes tratamientos.

## 6.7. Rendimiento y sus componentes

### 6.7.1. Número de granos por metro cuadrado

La Figura 9, se muestra el número de granos/m<sup>2</sup>. En el método de siembra se presentaron diferencias altamente significativas ( $p$ -valor < 0,0001), obteniéndose 163 763 granos por m<sup>2</sup> mediante siembra directa, en comparación con el trasplante que dio origen a 110 468 granos por m<sup>2</sup> (Fig. 9, letra A).

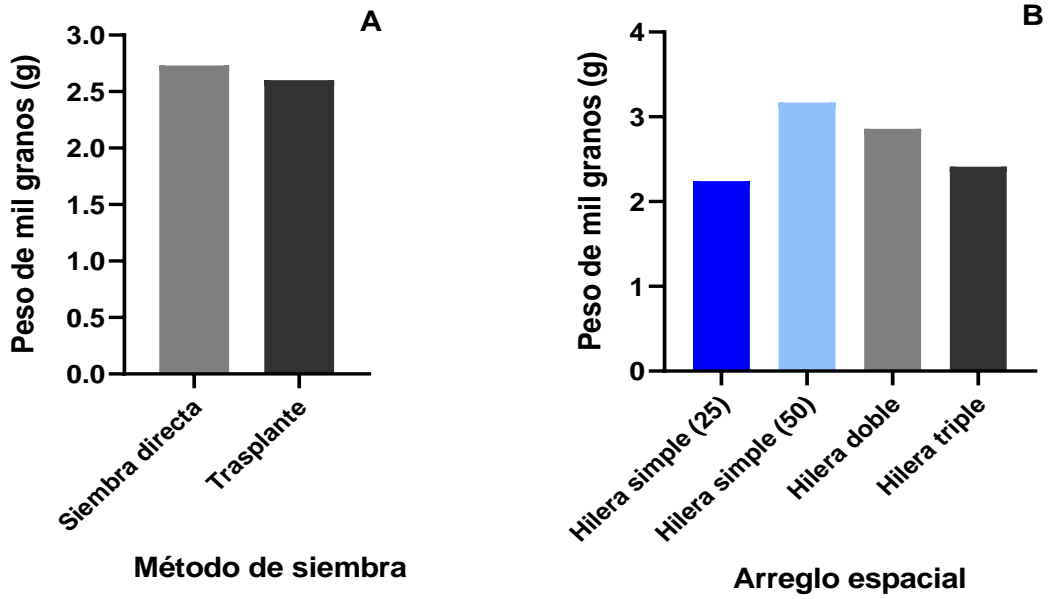
En el arreglo espacial existen diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0123), evidenciándose que los arreglos correspondientes a hilera simple a 25 cm e hilera triple fueron los que mejores resultados arrojaron con un número de granos/m<sup>2</sup> de 155 856 y 151 244; mientras que los arreglos espaciales con los menores valores, fueron los de hilera simple a 50 cm e hilera doble, con 120 807 y 120 555 granos/m<sup>2</sup>, respectivamente (Fig. 9, letra B).



**Figura 9.** Número de granos/m<sup>2</sup> mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada color representa los diferentes tratamientos.

### 6.7.2. *Peso de mil granos*

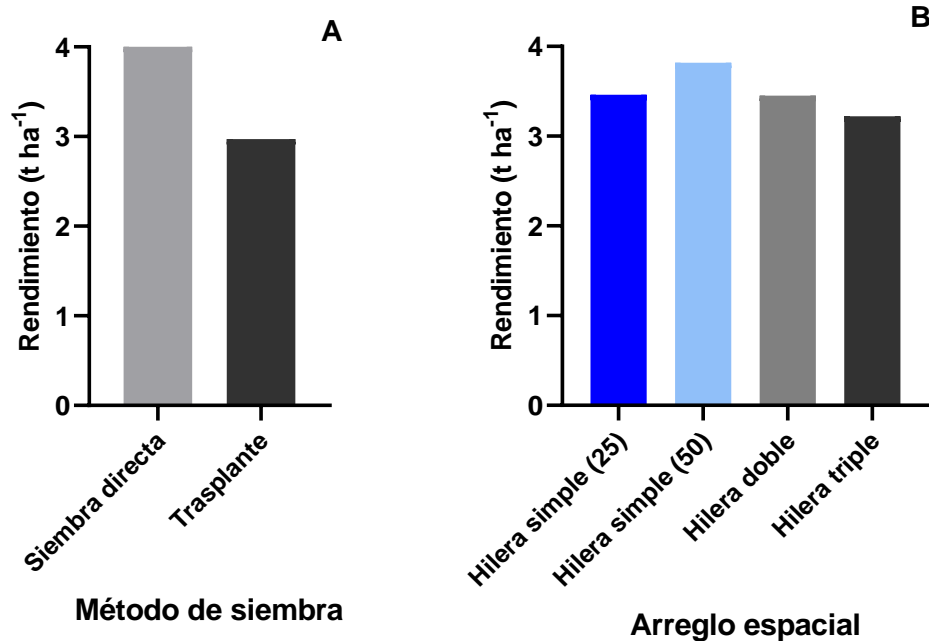
Tras conocer los resultados del peso de los granos en quinua, se evidencia que no existieron diferencias significativas en el método de siembra, no obstante, mediante siembra directa hubo un mayor peso de 2,73 g, respecto al trasplante con un valor de 2,6 g (Fig. 10, letra A). En el arreglo espacial, existió diferencias altamente significativas ( $p$ -valor < 0,0001); demostrándose que el arreglo correspondiente a hilera simple a 50 cm presentó los mejores resultados con un peso de 3,17 g, seguido del arreglo de hilera doble con 2,86 g, por otro lado, el arreglo con el menor peso de granos fue el de hilera simple a 25 cm, con un valor de 2,24 g, respectivamente (Fig. 10, letra B).



**Figura 10.** Peso de mil granos de quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada color representa los diferentes tratamientos.

### 6.7.3. Rendimiento

El rendimiento de quinua presentó diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0007) en el factor método de siembra. El mejor rendimiento se presentó mediante siembra directa con  $4 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que en trasplante se obtuvo  $2,97 \text{ t ha}^{-1}$  (Fig. 11, letra A). En el caso del arreglo espacial, no se manifestaron diferencias significativas, sin embargo, se obtuvo un mayor rendimiento en el tratamiento de hilera simple a 50 cm con  $3,82 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 11, letra B).

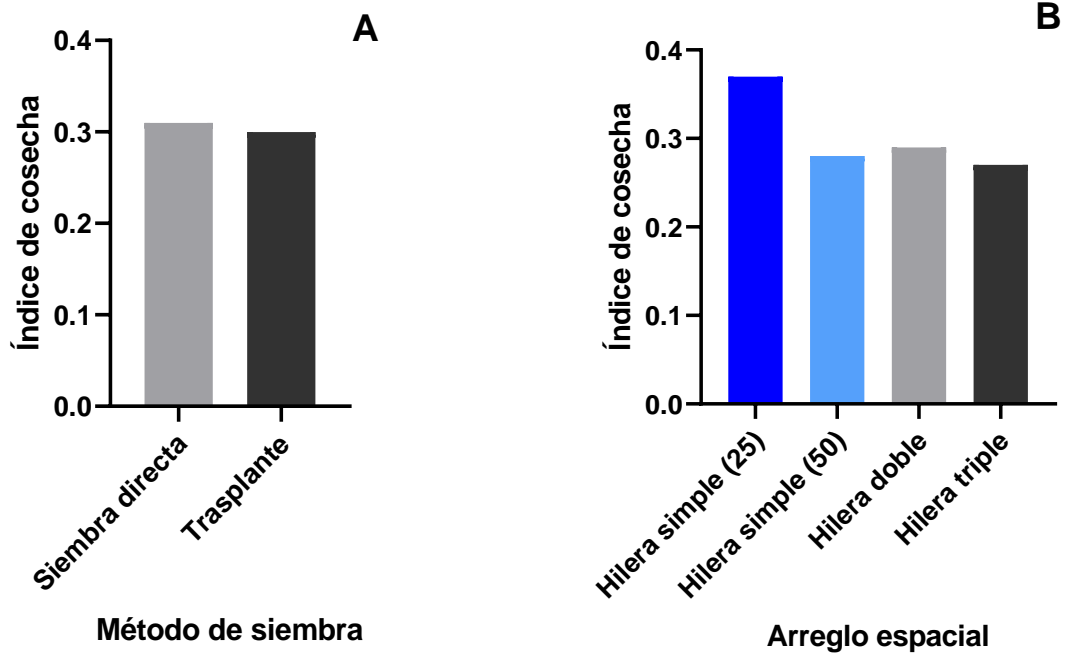


**Figura 11.** Rendimiento de la quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada color representa los diferentes tratamientos.

#### 6.7.4. Índice de cosecha (IC)

Mediante el método de siembra no se presentaron diferencias significativas, sin embargo, se observa que existe un ligero aumento del IC en los tratamientos sembrados mediante siembra directa, con un valor de 0,31, respecto al método de siembra mediante trasplante que fue de 0,30 (Fig. 12, letra A).

Con respecto al arreglo espacial si existieron diferencias significativas ( $p$ -valor = 0,0289) y mediante hilera simple a 25 cm se obtuvo el IC más alto de 0,37; mientras que, los arreglos de hilera doble, hilera simple a 50 cm e hilera triple, presentaron un IC menor, con valores de 0,29, 0,28 y 0,27, respectivamente (Fig. 12, letra B).



**Figura 12.** Índice de cosecha de la quinua mediante dos métodos de siembra (A) y cuatro arreglos espaciales (B). Cada color representa los diferentes tratamientos.

## 7. Discusión

Examinando el ciclo de vida y la duración de las etapas fenológicas de *Chenopodium quinoa* variedad Chimborazo, se obtuvo un resultado que oscila entre 174 y 178 DDS, datos similares encontró Gomez et al. (2019), los cuales manifiestan que la duración de este ciclo esta entre los 160-180 días después de la siembra, por su parte Alvarez et al. (2014) en un estudio sobre adaptabilidad y rendimiento de tres ecotipos de *Chenopodium quinoa* Willd determinaron una duración de 176 días hasta llegar a la madurez fisiológica.

La mayor precocidad a la cosecha de las panojas se obtuvo en los tratamientos que fueron sembrados con el sistema de chorro continuo, acortándose la cosecha en promedio de 4 días, que lo reportado en los tratamientos del sistema por trasplante. En base a estos resultados, Watson (1986) manifiesta que algunas prácticas, como el trasplante, pueden provocar un tipo de estrés en las plantas hasta adaptarse en el terreno definitivo, a su vez al banquearlos se les elimina hasta el 95 % del sistema radical, lo que los induce a estrés por la pérdida de raíces y desbalance hídrico entre la absorción de agua y la transpiración. En general los daños mecánicos y la discontinuidad funcional entre el suelo y las raíces afectan los procesos vitales de la planta (Girard, 1997). Sin embargo, cabe destacar que el rango de adaptación para este cultivo es amplio, por lo que las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Loja, son aptas para su desarrollo (Khaitov et al., 2020). Por su parte, Montes (2018), expresan que los factores ambientales y genéticos de cada especie influyen directamente en el ciclo de vida de cada cultivo.

En el presente estudio se evidencia que los distintos métodos de siembra y arreglos espaciales difieren en el aporte de biomasa, los tratamientos que generaron mayor biomasa fueron en siembra directa con un valor promedio de 1 072,46 g/m<sup>2</sup>. Mientras Spehar and Santos (2005) obtuvieron datos más bajos en su estudio realizado en la sabana brasileña, donde evaluaron distintos híbridos de quinua, que al alcanzar su madurez fisiológica registraron valores tales como: 603,7 g/m<sup>2</sup> y 636 g/m<sup>2</sup> hasta 0,0324 g/m<sup>2</sup>. Sin embargo, Mestanza et al. (2020) registraron valores similares en la producción de biomasa de genotipos de quinua, con 1 080,23 g/m<sup>2</sup>, en relación al registrado en la presente investigación. Ante esto Patrick (2000), sugiere que la distribución de materia seca de una planta es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente/sumidero, sin embargo, al momento del trasplante existe un estrés y la falta de regeneración de raíces después del trasplante generaba plantas de poca altura y biomasa.



A su vez, Méndez (2002) describe que los principales parámetros influyentes sobre la materia seca de una planta, son el número de hojas por planta y la altura de la misma, un incremento de ambos conlleva a un aumento del peso seco.

En cuanto al crecimiento de la quinua, se evidenció que mediante siembra directa y arreglo espacial en hilera simple a 50 cm se presentaron plantas más altas 91,45 cm, en comparación con los demás tratamientos. Estos resultados concuerdan con Núñez (2018) quien encontró que el mejor distanciamiento fue el de 50 a 80 cm, y además verificó que en cuanto más distanciadas se encuentren las plantas, hay mayor porcentaje de plantas grandes, las cuales crecen más y se desarrollan mejor; mientras que un espaciado menor a estos valores, hay un incremento de competencia entre plantas, observándose plantas con tallos débiles causando vuelco de las mismas.

La altura de la planta se considera un parámetro predictor de rendimiento, porque, refleja la acumulación de los nutrientes que se producen durante el proceso de la fotosíntesis, los cuales posteriormente son traslocados al llenado de granos (Hernández, 2019), en base a esto, CEAZA. (2016) expone que la altura adecuada para la quinua va desde 50 a 200 cm, no obstante, se puede alcanzar hasta a 300 cm, pero esta medida no es deseable ya que puede ocasionar la ruptura del tallo debido al peso de la inflorescencia, causando pérdidas considerables en la producción.

La cobertura vegetal fue mayor en los tratamientos de siembra directa y en arreglo espacial en hileras simples a 25 cm con un valor de 72,84 %, debido a la presencia de un mayor número de plantas por metro cuadrado. En base a estos resultados, Cortés et al. (2013), afirma que al sembrar un mayor número de plantas por área, se incrementa la cobertura vegetal y el uso de luz, lo que se refleja en la acumulación de biomasa.

En base al área foliar Zubillaga (2017) manifiesta que un espaciado amplio entre hileras favorece la captación de luz, por esta razón, los valores de área foliar serán altos. Ante los resultados encontrados De la Cruz (2010), indica que la reducción del área foliar puede causar pérdidas en la biomasa y rendimiento debido a la disminución de fotoasimilados. Dentro de este contexto, Wang et al. (2017), realizaron un estudio en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L), demostraron que la configuración espacial impulsa la captura de luz, por lo que el área foliar de las plantas se vio afectada por la competencia interespecífica resultante de las configuraciones espaciales.

El contenido de clorofila en las hojas es un indicador muy útil para determinar el estado fisiológico de la planta, por lo que varía en respuesta a diferentes condiciones, como las causantes de estrés, la capacidad fotosintética o el estado de desarrollo de las plantas (Mendoza, 2006). A su vez, Casierra et al. (2012) manifiestan que la cantidad, calidad y duración de la luz y de la temperatura, así como la fecha y densidad de siembra, la humedad del suelo y la fertilización química, en particular el nitrógeno, afectan la concentración de clorofila, la formación de biomasa y el rendimiento. El contenido de clorofila presentó diferencias significativas en los distintos arreglos espaciales utilizados, mediante hileras simples a 50 cm se presentaron los valores más altos, de 46,53 unidades spad en antesis y 41,4 unidades spad en la fase de llenado de granos. Ante estos resultados Ricote et al. (2018), en un estudio sobre los cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra, afirman que la sombra es una forma de estrés que limita considerablemente la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas esto es debido a que mayor sea la densidad de siembra existirá impedimento o nivel de sombreo para interceptar la radiación solar, y por tanto se ve reflejado en una pigmentación amarillenta en la hoja.

El número de granos es el componente que más explica el rendimiento en los cultivos de grano; en los resultados obtenidos, se evidencia que hay ganancia de este componente en el método de siembra directa y en un arreglo espacial de hilera simple a 25 cm con un valor de 155 856 granos/m<sup>2</sup> y hay disminución cuando el arreglo espacial es mayor. Los resultados contradicen a lo encontrado por Vite (2015) quien manifiesta que el número de granos en el cultivo de amaranto se ve disminuido con la reducción del distanciamiento entre surcos, esto es debido a que en hileras simples (25) se obtiene mayor número de plantas por metro cuadrado y por ende se va a tener mayor número de granos por metro cuadrado.

Para la variable peso de 1000 semillas, el análisis de varianza registra que existen diferencias significativas obteniéndose un mayor promedio mediante hilera simple a 50 cm con 3,17 g; resultados que se oponen a lo manifestado por Mestanza (2020), quien en su trabajo reportó valores de 3,57 g, manifestando que la distancia óptima entre hileras es de 30 cm y 5 cm entre plantas, por otro lado valores inferiores determinó Delgado (2009) en la evaluación de genotipos de quinua en Nariño-Colombia donde registra un peso de 2,52 g. Mientras que Veloza (2016) en su trabajo de investigación expresa un valor de 2,9 g. Mediante un experimento Gabriel (2012) afirma que el peso de granos de quinua es influenciado directamente por el desarrollo del follaje, es decir, a mayor follaje menor tamaño y peso de

granos. Además Satorre et al. (2003), manifiestan que esta variable es dependiente del genotipo y de las condiciones ambientales que determinan la capacidad de fotosíntesis del canopeo y la duración de la etapa de llenado.

Las estadísticas indican que en Ecuador, el rendimiento promedio de quinua es de 1,5 a 3 toneladas por hectárea, sin embargo, mejorando los procesos productivos se puede superar las 5 toneladas por hectárea (Basantes, 2022). Los rendimientos alcanzados en el presente trabajo son elevados, registrando 4 t ha<sup>-1</sup> mediante siembra directa, dato estadísticamente diferente al obtenido mediante trasplante con 2,97 t ha<sup>-1</sup> que representa el menor promedio. Estos resultados demuestran que con un adecuado manejo agronómico el cultivo de quinua aumenta significativamente el rendimiento. Resultados que concuerdan con Álvarez (2019) quien obtuvo rendimientos de 3,68; 4,58 y 5,28 t ha<sup>-1</sup> mediante siembra directa. Según Bojanic (2011), el rendimiento es el resultado de las componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética, que es heredable, es importante desde el punto de vista del mejoramiento.

El índice de cosecha presentó diferencias significativas para los arreglos espaciales. Considerando que el IC, es la capacidad de traslocar al grano todos los nutrientes acumulados en los órganos vegetativos de la planta; mediante hileras simples a 25 cm se obtuvo 0,37. Estos valores difieren con reportados por Mestanza (2020) quien registró un promedio en la variable índice de cosecha de 0,47 al evaluar el rendimiento de 10 genotipos de quinua mediante un distancia entre hileras de 30 cm y entre plantas de 5 cm. A su vez, Álvarez (2019) presenta valores de IC para las densidades (D1: 100 000 plantas/ha, D2: 150 000 plantas/ha y D3: 200 000 plantas/ha) de D1: 0,46, D2: 0,42 y D3: 0,46; Canahua (2001) menciona que el índice de cosecha promedio en quinua es 0,3; con una variación de 0,21 a 0,45 dependiendo de las variedades. Resultados que demuestran una gran variación en este rasgo. Ante estos resultados Troiani (2010) afirma que la ganancia o el incremento de IC, se debe al elevado número de granos por m<sup>2</sup>, y al tamaño del dosel vegetal.

## 8. Conclusiones

- Los métodos de siembra y arreglos espaciales utilizados tuvieron efectos positivos en variables morfológicas, obteniendo el mayor contenido de área foliar y cobertura vegetal mediante método de siembra directa en hileras a 25 cm y contenido de biomasa, altura de la planta e índice de clorofila al aplicar el método de siembra directa y arreglo espacial en hilera simple a 50 cm.
- El mayor rendimiento de quinua se obtuvo mediante el método de siembra directa y a un arreglo espacial de 50 cm, alcanzando las 4 t ha<sup>-1</sup> y 3,82 t ha<sup>-1</sup> respectivamente; valores que superan el rendimiento nacional de 1,5 a 3 t ha<sup>-1</sup>.
- Los resultados obtenidos permiten afirmar que los métodos de siembra y arreglos espaciales utilizados en este experimento, son una alternativa para diversificar la producción de granos en las distintas zonas de la provincia de Loja.

## **9. Recomendaciones**

- Incentivar al desarrollo de trabajos investigativos en quinua, especialmente en la búsqueda de nuevas alternativas para incrementar la productividad del cultivo en campo.
- Realizar pruebas de germinación antes de la siembra, con el fin de determinar la cantidad de semillas que debe o necesita sembrar en su superficie. De tal manera, cuando se realice la siembra se aproveche mejormente la semilla y no exista desperdicios.
- Tener cuidado al manipular las plántulas al momento del trasplante, ya se puede provocar la ruptura de las raíces lo cual provoca estrés al momento de adaptarse en el terreno definitivo.
- Realizar estudios de quinua utilizando más variedades y diferentes arreglos espaciales basándose en las características morfológicas de cada variedad, para identificar como influye en el crecimiento y rendimiento.

## 10. Bibliografía

- Abdelbar, O. H. (2018). Flower vascularization and fruit developmental anatomy of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Amaranthaceae. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(1), 67-75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aosas.2018.05.002>
- Agundis, O., Valtierra, A., & Castillo, B. (1962). Periodos criticos de competencia entre frijol y malezas. *Agricultura Técnica en México*, 2(2), 87-90.
- Álvarez, C. (2019). *Rendimiento y crecimiento de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) bajo tres densidades de siembra en riego por goteo*. Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima-Perú.
- Alvarez, R., Winkel, T., Nguyenc, A., & Joffre, R. (2014). Root foraging capacity depends on root system architecture and ontogeny in seedlings of three andean *Chenopodium* species. *Plant and Soil*, 380(1), 415-428. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11104-014-2105-x>
- Apaza, Vidal, Gladys, Rigoberto, & Rember. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú* (L. J. G. E.I.R.L, Ed. Primera edición ed.).
- Auld, B., Kemp, D., & Medd, R. (1983). The influence of spatial arrangement on grain yield of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 34(2), 99-108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/AR9830099>
- Awadalla, A., & Morsy, A. S. (2017). Influence of planting dates and nitrogen fertilization on the performance of quinoa genotypes under Toshka conditions. *Egyptian Journal of Agronomy*, 39(1), 27-40. <https://doi.org/10.21608/agro.2017.440.1047>
- Basantes, F. A., J; Albuja, M. (2022). *Cultivos andinos de importancia agro productiva y comercial en la zona 1 del Ecuador*. Editorial UTN
- Bastidas, E., Roura, R., Rizzolo, 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*, 6. <https://doi.org/https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000497>
- Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (2015). State of the art report on quinoa around the world in 2013. In: FAO.
- Becker, V. I., Goessling, J. W., Duarte, B., Caçador, I., Liu, F., Rosenqvist, E., & Jacobsen, S.-E. (2017). Combined effects of soil salinity and high temperature on photosynthesis and growth of quinoa plants (*Chenopodium quinoa*). *Functional Plant Biology*, 44(7), 665-678. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/FP16370>
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Industrial crops and products*, 23(1), 73-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>

- Bhargava, A., & Srivastava, S. (2013). *Quinoa: Botany, production and uses*. CABI.
- Blanco, Y., & González, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3).
- Bojanic, A. (2011). *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. (Primera Edición ed.).
- Boomsma, C. R., Santini, J. B., Tollenaar, M., & Vyn, T. J. (2009). Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. *Agronomy Journal*, 101(6), 1426-1452. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronj2009.0082>
- Canahua, A. A. M. y. R. (2001). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. Agronomía del cultivo de la quinoa. En Food and Agriculture Organization (FAO),.
- Cao, S., Xu, D., Hanif, M., Xia, X., & He, Z. (2020). Genetic architecture underpinning yield component traits in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 133(6), 1811-1823. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00122-020-03562-8>
- Carrasco, F. (2016). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinoa en el distrito de Juli, periodo 1997-2014. *Comuni@cción*, 7(2), 38-47.
- Casierra, F., Ávila, O., & Riascos, D. (2012). Diurnal changes in photosynthetic pigments content in sun and shade marigold leaves., 17, 60-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.21897/rta.v17i1.697>
- CEAZA., C. d. E. A. e. Z. Á. (2016). *Manual del cultivo de la quinoa. Cultivo ancestral como una alternativa eficiente para la adaptación de la agricultura al cambio climático*. (Primera edición ed.).
- Chapepa, B., Mudada, N., & Mapuranga, R. (2020). The impact of plant density and spatial arrangement on light interception on cotton crop and seed cotton yield: an overview. *Journal of Cotton Research*, 3(1), 1-6.
- Clifton, N. (1968). *Taxonomy and origins of Chenopodium quinoa and Chenopodium nuttalliae*. Indiana University.
- Cordova, M. A. V. (2015). Estudio fenológico y adaptabilidad del cultivo de la quinoa en el valle medio piura.
- Corona, E., Martínez, C., & Estrada, G. (2012). Determinantes del peso de grano en cultivares nativos e híbridos de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1479-1494.
- Cortés, M., Cañón, F., Rodríguez, D., & Pérez, M. (2013). Efecto de la Densidad de Siembra y el Ambiente de Cultivo Sobre el Rendimiento y la Calidad de Tallos de los Cultivares de Romero (*Rosmarinus officinalis* L.) Crespo e Israelí. . *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rfcb.345>

- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90040>
- Curicama, J. C. (2014). *Alternativas gastronómicas con el mejoramiento de las características organolépticas para la elaboración de un recetario a base de hoja de quinua esoch 2013* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Dao, A., Alvar, J., Gnanda, A., Guira, A., Nebie, L., & Sanou, J. (2020). Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal of Agricultural Research*, 16(9), 1325-1333. <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14904>
- De la Cruz, G. A., A; Mandujano, M; González, S. (2010). Efecto de la sequía sobre algunas variables hídricas y morfométricas en cinco genotipos de amaranthus. *Idesia*, 28, 87-95. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292010000300011>
- Del Castillo, C., Mahy, G., & Winkel, T. (2008). La quinoa en Bolivia: une culture ancestrale devenue culture de rente “bio-équitable”. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 12, 421-435.
- Delgado, A. P., Jaime; Betancourt, Carlos. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27, 159-167.
- Erazzu, L. E., González, J. A., Buedo, S. E., & Prado, F. E. (2016). *Efectos de la densidad de siembra sobre quinua (Chenopodium quino Willd.). Incidencia sobre variables morfológicas y rendimiento de grano en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina)* (2346-9641).
- Evers, J. B., & Bastiaans, L. (2016). Quantifying the effect of crop spatial arrangement on weed suppression using functional-structural plant modelling. *Journal of plant research*, 129(3), 339-351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10265-016-0807-2>
- FAO, & MADS. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Bogotá DC, Colombia*.
- Gabriel, J. L., N; Vargas, A; Magne, J; Angulo, A; La Torre, J; Bonifacio, A. (2012). Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). *J. Selva Andina Res. Soc.*, 3.
- García, M., Zurita, A., Stechauner, R., Roa, D., & Jacobse. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its relationship with agroclimatic characteristics: A Colombian perspective. *Chilean journal of agricultural research*, 80(2), 290-302. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000200290>
- Girard, S. C., Andre; Cochard, Herve; Boulet, Bruno; Guehl, Jean. (1997). Effects of desiccation on postplanting stress in bare-root corsican pine seedlings. *Tree Physiology*, 17(7), 429-435.



- Gomez, L. R., Aguilar, E., & Ibañez, M. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) breeding. In *Advances in plant breeding strategies: Cereals* (pp. 259-316). Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8\\_7](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_7)
- Hall, A. (1979). Los componentes fisiológicos del rendimiento de los cultivos. Primera Jornada de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria organizada con la Bolsa de Cereales de Buenos Aires en adhesión al 125° aniversario de su fundación (6 de septiembre de 1979),
- Haros, C. M., & Schoenlechner, R. (2017). *Pseudocereals: chemistry and technology*. John Wiley & Sons.
- Hernández, D. (2019). *Evaluación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres variedades de maíz en asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de siembra*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras].
- Hiyane, R., Hiyane, S., Tang, A. C., & Boyer, J. S. (2010). Sucrose feeding reverses shade-induced kernel losses in maize. *Annals of Botany*, 106(3), 395-403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/aob/mcq132>
- Izquierdo, J., Mujica, A., Marathe, J., & Jacobsen, S. (2003). Horizontal, technical cooperation in research on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2), 25-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1081/FRI-120018865>
- Khaitov, B., Karimov, A. A., Toderich, K., Sultanova, Z., Mamadrahimov, A., Allanov, K., & Islamov, S. (2020). Adaptation, grain yield and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes in marginal environments of the Aral Sea basin. *Journal of Plant Nutrition*, 44(9), 1365-1379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1862200>
- Kozioł, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of food composition and analysis*, 5(1), 35-68.
- Ludvigson, K., Reganold, J. P., & Murphy, K. M. (2019). Sustainable intensification of quinoa production in peri-urban environments in western Washington state utilizing transplant vs. direct-seed methods. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 46(2), 100-112. <https://doi.org/https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v45i2.2169>
- MAG. (2022). *Boletín Situacional Quinoa 2021*.
- Martínez, E., Fuentes, F., & Bazile, D. (2015). History of quinoa: its origin, domestication, diversification, and cultivation with particular reference to the Chilean context. *Quinoa: improvement and sustainable production*, 19(24), 19-24.
- Méndez, J. (2002). Relación entre el peso seco total y los caracteres vegetativos y la nodulación de plantas de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 2, 46-53.
- Mendoza, M. M., C; Rangel, J; López, A; Rodríguez, S; Latournerie, L; Moreno, E. (2006). Population density and nitrogen fertilization on chlorophyll, dry matter accumulation and grain yield in normal and QPM maize. *SciELO*, 32.

- Mestanza, C., Santana, J., Veliz, D., & Vásconez, G. (2020). *Grain yield of quinoa genotypes (Chenopodium quinoa Willd.) planted by continuous jet, on the campus "La Maria" Universidad, ciencia y tecnología*. Los Ríos-Ecuador.
- Mestanza, C. S., José; Veliz, Diana; Vásconez, Gregorio (2020). Rendimiento de grano de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) sembrado a chorro continuo, en el campus "la maría". *UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA*, 53-60.
- Miranda, M., Vega, A., Uribe, E., López, J., Martínez, E., Rodríguez, M. J., . . . Di Scala, K. (2011). Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Procedia Food Science*, 1, 1439-1446. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.213>
- Montes, C. B., Guido; Munoz, Edwin; Calderon, Yimy. (2018). Descripción del ciclo fenológico de cuatro ecotipos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Puracé – Cauca, Colombia. *Bio.Agro*, 16, 26-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1163>.
- Moreno, A. M., Hernández, E., & Grisales, F. L. (2005). Productividad del Sistema: Café Intercalado con Plátano en Barreras. *Cenicafé*, 56(1), 79-85.
- Mujica, A., & Jacobsen, S.-E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botanica económica de los Andes Centrales*, 32, 449-457.
- Núñez, N. R., Magno; Alvarez, Marcos. (2018). Influencia del distanciamiento y número de plantas por golpe en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Ciencia & Desarrollo*, 17, 58 - 65. <https://doi.org/https://doi.org/10.33326/26176033.2018.22.746>
- Pando, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. *FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura e Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Patrick, J. (2000). Asimilar la partición en relación con la productividad de los cultivos *HortScience*, 23, 33-40.
- Peralta, I. (2009). La quinua en Ecuador." Estado del arte".
- Purcell, L. C., Ball, R. A., Reaper, J., & Vories, E. D. (2002). Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. *Crop science*, 42(1), 172-177. <https://doi.org/https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1720>
- Ramos, A. P., Kachman, S. D., Eastin, J. D., & Andrews, D. J. (2004). Herencia del rendimiento, número y tamaño del grano en sorgo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(2), 149-156.
- Ricote, O., Arozarena, N., Trujillo, A., Monzón, L., Villalón, A., & Trémols, A. (2018). "Criollo 98" tobacco: leaf chlorophyll content and commercial quality, as influenced by soil amendment with acid peat. *SciELO*, 39, 43-51.

- Rodas, V., & Bonifacio, A. (2018). Evaluación del comportamiento del trasplante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de bandejas a campo en sus diferentes fases fenológicas en Kiphakiphani, Viacha. *Apthapi*, 4(3), 1312-1317.
- Ruffino, A. M. C., Rosa, M., Hilal, M., González, J. A., & Prado, F. E. (2010). The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seedlings growing under salinity. *Plant and Soil*, 326(1), 213-224.
- Satorre, E. H., Benech, R., Slafer, G. A., De la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E., & Savin, R. (2003). Producción de granos: bases funcionales para su manejo. *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina*.
- Sharma, G., & Lakhawat, S. (2017). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*), an ancient Andean grain: A. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1488-1489.
- Silva, B. E. (2021). *Análisis del potencial de exportación de la quinua orgánica ecuatoriana al mercado internacional PUCE-Quito*].
- Sosa, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117-124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/aab.12358>
- Soto, E., Mercado, W., Estrada, R., Díaz, F., & Díaz, G. (2015). El mercado y la producción de quinua en el Perú.
- Spehar, C., & Santos, R. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *SciELO*, 40, 609-612, Article 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600012>
- Sudduth, K., Drummond, S., Birrell, S. J., & Kitchen, N. (1996). Analysis of spatial factors influencing crop yield. Proceedings of the third international conference on precision agriculture,
- Tapia, M. (1979). *La quinua y la kañiwa: cultivos andinos* (Vol. 40). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Troiani, R. R., R; Nollemeyer, E. (2010). Respuesta del amaranto a dos distancias de siembra ya densidades de población. *Agronomía Tropical*, 60, 287-293.
- Tsimba, R., Edmeades, G. O., Millner, J. P., & Kemp, P. D. (2013). The effect of planting date on maize grain yields and yield components. *Field Crops Research*, 150, 135-144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.028>
- Valdivia, T., & Poull, J. (2018). *Efecto de la Densidad y el Nivel Nitrogenado sobre la Producción de Quinua (Chenopodium Quinoa Willd), Variedad Inia Salcedo en el Distrito de la Joya, Arequipa* Universidad Católica de Santa María].
- Valencia, S. (2015). Quinoa: overview. *Encyclopedia of food grains*, 1, 341-348.
- Valenzuela, D. P. (2016). *Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinua por parte del Ecuador* Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador].

- Veloza, C. R., G; Gómez, J; . (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana norte de Bogotá. *Revista U.D.C.A.*, 19, 325–332. <https://doi.org/https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.86>
- Vite, M. (2015). *Estudio fenológico y adaptabilidad del cultivo de la quinua en el valle medio piura* Universidad Nacional de Piura]. Piura-Perú. .
- Walsh, M. (2020). Resilience compromised: producing vulnerability to climate and market among quinoa producers in Southwestern Bolivia. *Global Environmental Change*, 65, 102165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102165>
- Wang, Q., Zhang, D., Zhang, L., Han, S., van der Werf, W., Evers, J. B., . . . Anten, N. P. (2017). Spatial configuration drives complementary capture of light of the understory cotton in young jujube plantations. *Field Crops Research*, 213, 21-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.016>
- Watson, G. H., E; Smiley, E. (1986). Twig growth of eight species of shade trees following transplanting. *Journal of Arboriculture*, 12, 241-245.
- Zubillaga, F. (2017). *Comportamiento del cultivo de amaranto en el Valle Inferior del Río Negro, Argentina. Optimización de las condiciones del cultivo*. Universidad Nacional del Sur]. Bahía Blanca-Argentina.
- Zulkadir, G. (2021). The agroecological impact of different sowing dates and row spacing applications in quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 19(1), 751-762. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15666/aer/1901\\_751762](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15666/aer/1901_751762)


## 11. Anexos

**Anexo 1.** Descripción de las etapas de crecimiento fenológico de la quinua basada en el código BBCH.

<b>ESTADIO PRINCIPAL 0</b> Germinación	siembra	0
	emergencia de la radícula	5
	emergencia del hipocótilo	7
	hipocótilo con cotiledones que crecen hacia la superficie del suelo	8
	emergencia de los cotiledones a través del suelo	9
<b>ESTADIO PRINCIPAL 1</b> Desarrollo de hojas	cotiledones emergieron completamente	10
	primer par de hojas verdaderas	11
	segundo par de hojas verdaderas	12
	tercer par de hojas verdaderas	13
	cuarto par de hojas verdaderas	14
	se continua	1.
	noveno par de hojas verdaderas	19
<b>ESTADIO PRINCIPAL 2</b> Formación de brotes laterales	brotes laterales visibles	20
	un brote lateral visible	21
	dos brotes laterales visibles	22
	se continua	2.
	nueve brotes laterales visibles	29
<b>ESTADO PRINCIPAL 5</b> Emergencia de inflorescencia	inflorescencia presente pero todavía encerrada por las hojas	50
	las hojas que rodean la inflorescencia están separadas, la inflorescencia es visible desde arriba	51
	la inflorescencia es visible, pero todas las flores siguen cerradas	59
<b>ESTADIO PRINCIPAL 6</b> Floración	comienzo de la antesis: flores de la inflorescencia principal con las primeras anteras extruidas	60
	fin de la antesis: la inflorescencia principal florece con las primeras anteras senescentes	67
	antesis completa: flores de la inflorescencia principal con anteras senescentes	69
<b>ESTADIO PRINCIPAL 7</b> Desarrollo de fruto	cuajada: engrosamiento del ovario y primeros granos visibles en el tallo principal	70
<b>ESTADIO PRINCIPAL 8</b> Maduración	grano lechoso, fácilmente aplastado con las uñas, contenido líquido y pericarpio verde	81
	grano grueso, fácilmente aplastado con las uñas, contenido pastoso blanco, pericarpio verde, beige, rojo o negro	85
	grano maduro, difícil de aplastar con las uñas, contenido seco, el grano tiene un color beige, rojo o negro en su exterior. Listo para cosecha	89
<b>ESTADIO PRINCIPAL 9</b> Senescencia	sólo las hojas basales están secas	91
	las hojas de la primera mitad de la planta, empezando por la base, están muertas	93
	todas las hojas están muertas; el color del tallo pasa de amarillo a marrón	95
	planta muerta y seca	97
	producto cosechado	99



## Anexo 2. Análisis de suelo

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1, S/N Cusiglagua,  
 Tlax. (02) 3007284 / (02) 2504240

MC-LASPA-2201-01

### 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:** CIC

N° muestra	K meq/100 g suelo	Ca meq/100 g suelo	Mg meq/100 g suelo	Na meq/100 g suelo	Suma de bases meq/100 g suelo	Saturación de bases		CIC	Identificación de la muestra
						(%)	meq/100 g suelo		
22-0557	0.06	2.59	0.43	0.23	3.31	34.22	9.57	Wagner Oviebo, Angel Uchuarí, Elisa Cordero, Lote 1, Muestra	

### RESPONSABLES DEL INFORME



LABORATORISTA  
**JOSE ALONSO  
LUCERO  
MALATAY**



RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
**IVAN RODRIGO  
SAMANIEGO  
MALGORRA**

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 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.

MC-LASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS  
 Panamericana Sur Km. 1, S/N Cultivosagua,  
 Tlf: (02) 3007264 / (02)2504240  
 Mail: laboratorio\_dsa@map.gob.ec



**NOMBRE DEL CLIENTE:** Cordero Gaitana Elisa Mishel  
**PETICIONARIO:** Cordero Gaitana Elisa Mishel  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Cordero Gaitana Elisa Mishel  
**DIRECCIÓN:** La Argalla

**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

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

Análisis	Unidad	Ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Cd	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO			Textura (%)			IDENTIFICACIÓN			
																		%	%	%	Avena	Limo	Arcilla		Clase		
22-0557	5.81	Mv Ac	55	M	22	A	7.8	B	0.31	B	0.05	B	2.41	M	0.42	M	3.72	7.90	53.12	2.88	0.3	B	41	41	18	Francoso	Wagner Ovelles Angel Uchuari, Elisa Cordero, Lote 1, Muestra 1

Análisis	AH <sup>+</sup>	Al <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.E.*	N. Total*	N-N/03*	K H2O*	P H2O*	CT*	pH	KCl*	IDENTIFICACION

**OBSERVACIONES:**

**METROLOGÍA USADA:**

pH =	Suelo-Agua (1:1)	Pa Ca Mg =	Clas solicitada
EB =	10/100 de agua	Pa Na Me Zn =	Clas solicitada
		B =	Clas solicitada

**\* Ensayos no solicitados por el cliente**

**IDENTIFICACION:**

pH	
Al = Alúmina	Si = Neutrilo
Ca = Calcio	Li = Lip. Orgánico
Fe = Hierro	M = Molec
K = Potasio	N = Nitrogeno
Mg = Magnesio	P = Fosforo
Na = Sodio	S = Sulfuro
Cl = Cloro	T = Total (Bases)

**ABSORCION:**

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

**METROLOGÍA USADA:**

C.E. =	Fuente Solar
M.O. =	Espectro de Emisión
Mét =	Tratamiento térmico



Fuente de Información por:  
**JOSE ALONSO LUCERO MALATRY**  
 LABORATORISTA

**IDENTIFICACION:**

Al = Alúmina	Si = Neutrilo
Ca = Calcio	Li = Lip. Orgánico
Fe = Hierro	M = Molec
K = Potasio	N = Nitrogeno
Mg = Magnesio	P = Fosforo
Na = Sodio	S = Sulfuro
Cl = Cloro	T = Total (Bases)



Fuente de Información por:  
**IVAN RODRIGO SAMAN IDGO**  
 LABORATORISTA

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

Los resultados antes indicados solo están razonados con el dígito 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 esta. Si el factor de este como electrónico o bar no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. 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 constituyen una guía para el cliente.

### Anexo 3. Plan de fertilización

Requerimiento del cultivo

N	P	K
100	80	70

#### ➤ Fósforo (P)

Requerimiento del cultivo: 80 kg/ha (No se requiere dosis de corrección)

Requerimiento de P para el ensayo (150 m<sup>2</sup>):

$$80 \text{ kg/ha} \quad 10\,000 \text{ m}^2$$

$$x \quad 150 \text{ m}^2$$

$$x = 1,2 \text{ kg de P}_2\text{O}$$

#### ➤ Potasio (K)

Déficit de K:

$$Df K = CIC * (\%Deficit/100) * 390$$

$$Df K = 9,67 * (1,98/100) * 390$$

$$Df K = 74,78 \text{ kg/ha}$$

$$Dosis \text{ de corrección de K} = \text{Déficit} * \text{prof} * Da * 10$$

$$Dosis \text{ de corrección de K} = 74,78 * 0,2 * 1,3 * 10$$

$$Dosis \text{ de corrección de K} = 194,4 \text{ Kg/ha}$$

Requerimiento del cultivo más dosis de corrección: 264,43 kg/ha

#### ➤ Azufre (S)

$$Dosis \text{ de corrección de S} = \frac{\text{Déficit} * \text{prof} * Da * 10}{Eficiencia}$$

$$Dosis \text{ de corrección de S} = \frac{2,2 * 0,2 * 1,3 * 10}{0,3}$$

$$Dosis \text{ de corrección de S} = 19,07 \text{ Kg/ha}$$

#### ➤ Boro (B)



$$\text{Dosis de corrección de B} = \frac{\text{Déficit} * \text{prof} * \text{Da} * 10}{\text{Eficiencia}}$$

$$\text{Dosis de corrección de B} = \frac{0,49 * 0,2 * 1,3 * 10}{0,3}$$

$$\text{Dosis de corrección de B} = 4,25 \text{ Kg/ha}$$

➤ **Zinc (Zn)**

$$\text{Dosis de corrección de Zn} = \frac{\text{Déficit} * \text{prof} * \text{Da} * 10}{\text{Eficiencia}}$$

$$\text{Dosis de corrección de Zn} = \frac{2,9 * 0,2 * 1,3 * 10}{0,21}$$

$$\text{Dosis de corrección de Zn} = 35,9 \text{ Kg/ha}$$

✓ **Cálculos de la dosis de fertilizantes a aplicar**

Fertilizantes	B	S	Zn	K	N	P
Sulfato de Zinc		11	21			
Muriato de K				60		
DAP (Fosfato Diamonico)					18	46
UREA					46	
Borax	14,8					

➤ **Para el azufre**

100 Kg de Sulfato Zinc    11 Kg de S

$$X \qquad \qquad \qquad 19,07 \text{ Kg de S}$$

**X= 173,3 kg/ha Sulfato Zn**

➤ **Para el Zinc**

100 Kg de Sulfato Zinc    21 Kg de Zn

$$173,3 \text{ Kg de Sulfato de Zn} \qquad X$$

**X= 36,4 Kg de Zn**

➤ **Para el fosforo**

100 Kg de DAP    46 Kg de P

X                    80 Kg de P

**X= 173,9 kg/ha de DAP**

➤ **Para el Nitrógeno**

100 Kg de DAP    18 Kg de N

173,9 Kg de DAP            X

**X= 31,30 Kg de N**

**UREA**

100 Kg de UREA            46 Kg de N

X                    69 Kg de N

**X= 150 kg/ha de UREA**

➤ **Para el Potasio**

100 Kg de Muriato de K    60 Kg de K

X                    264,43 Kg de K

**X= 440,71 kg/ha de DAP**

➤ **Para el Boro**

100 Kg de Boro            14,8 Kg de B

X                    4,2 Kg de B

**X= 28,38 kg/ha de Boro**

✓ **Cuadro resumen de fertilización**

<b>Fertilizantes</b>	<b>Dosis Kg área de estudio</b>	<b>Dosis Kg/parcela</b>	<b>Dosis en 2 aplicaciones</b>
<b>Sulfato de Zinc</b>	2,59	0,108	0,054
<b>Muriato de K</b>	6,62	0,276	0,138
<b>DAP (Fosfato Diamonico)</b>	2,61	0,109	0,054
<b>UREA</b>	2,25	0,094	0,046
<b>Borax</b>	0,42	0,01774	0,006

## 11.1.Registro fotográfico



**Anexo 4.** Preparación del terreno e implementación del diseño experimental



**Anexo 5.** Desinfección del suelo mediante cal



**Anexo 6.** Siembra mediante chorro continuo



**Anexo 7.** Preparación de almácigos para trasplante



**Anexo 8.** Control de diatomea



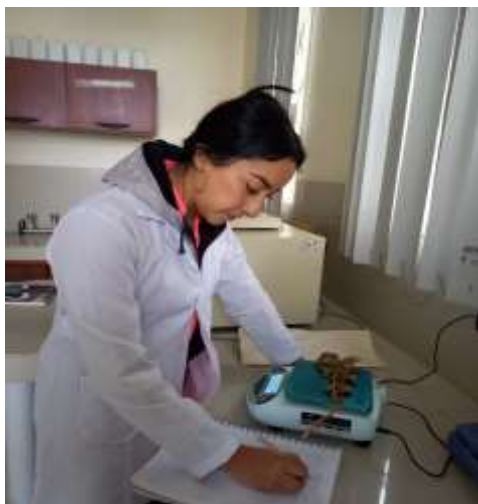
**Anexo 9.** Fertilización del cultivo



**Anexo 10.** Toma de datos de altura.



**Anexo 11.** Secado de muestras en la estufa.



**Anexo 12.** Toma de datos de peso de materia seca.



**Anexo 13.** Toma de datos del área foliar.



**Anexo 14.** Registro de cobertura vegetal.



**Anexo 15.** Primera visita técnica.



**Anexo 16.** Segunda visita técnica.



**Anexo 17.** Exposición de avance de resultados.



**Anexo 18.** 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: "**Influencia del método de siembra y arreglo espacial sobre los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sector La Argelia, Loja**", perteneciente al señor **Elisa Mishel Cordero Gaona**, 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.