



1859



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*, bajo las condiciones de la hoya de Loja

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

AUTORA:

Jackeline Liliana Salinas Guarnizo

DIRECTORA:

Dra. Marlene Lorena Molina Müller

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 17 de febrero de 2023

Dra. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que, he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*, bajo las condiciones de la hoya de Loja”** de la autoría de la estudiante **Jackeline Liliana Salinas Guarnizo** con cédula de identidad Nro.**1900832039**, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Dr. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jackeline Liliana Salinas Guarnizo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de Identidad: 1900832039

Fecha: Loja, 14 de abril de 2023

Correo electrónico: jackeline.salinas@unl.edu.ec

Teléfono: 0993406875

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

Yo, **Jackeline Liliana Salinas Guarnizo**, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*, bajo las condiciones de la hoya de Loja”**, como requisito para optar al título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines Académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los catorce días del mes de abril de dos mil veinte y tres.

Firma:



Autora: Jackeline Liliana Salinas Guarnizo

Cédula de Identidad: 1900832039

Dirección: Zurmi, Nangaritza- Zamora. Ch (Héroes del Cóndor y 24 de septiembre)

Correo Electrónico: jackeline.salinas@unl.edu.ec

Teléfono: 0993406875

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Titulación: Dra. Marlene Lorena Molina Müller

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis Padres, Hernán y Georgina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis Hermanos Vannesa, Danilo, Gianela, Bayron, Esteban y Anabel por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento dándome su confianza y motivación para seguir siempre adelante.

A mis sobrinos Erick, Stefany y Liam por ser mi inspiración y los ángeles que llenan de alegría mi vida.

Y sin dejar atrás a mi Abuela Rosa, Cuñados Jhisela, Manuel y Gonzalo y demás familiares que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron en todos mis sueños y metas.

Jackeline Liliana Salinas Guarnizo.

Agradecimiento

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

De manera especial, agradezco a mi directora de tesis la Dra. Marlene Molina Müller, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. A si mismo quiero dejar constancia de mi agradecimiento imperecedero a la Gloriosa Universidad Nacional de Loja, en cuyas aulas tuve la oportunidad de formarme profesionalmente, y a todos los docentes que en el transcurso de esta etapa universitaria impartieron sus conocimientos y constituyeron un pilar fundamental en este proceso de formación académica.

Mi más sincero agradecimiento a mis padres, hermanos y demás familiares por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentan.

También agradezco a mis amigos Zoila, Manuel, Wagner y Angel por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles, por el amor brindado y por su apoyo moral que me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño, y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

Jackeline Liliana Salinas Guarnizo.

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
Objetivo General.....	5
Objetivos específicos.....	5
4. Marco teórico	6
4.1. Origen y distribución de la quinua	6
4.2. Importancia del cultivo de quinua	6
4.2.1. <i>Por su valor nutricional</i>	6
4.2.2. <i>Valor comercial</i>	6
4.3. Clasificación taxonómica de la quinua.....	6
4.4. Descripción botánica	7
4.5. Fases fenológicas.....	7
4.6. Condiciones agroclimáticas.....	9
4.7. Método de Siembra	10

4.7.1.	<i>Siembra directa</i>	11
4.7.2.	<i>Trasplante</i>	11
4.8.	Arreglo espacial.....	12
4.9.	Rendimiento	12
4.10.	Antecedentes de investigación	13
5.	Materiales y métodos	15
5.1.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	15
5.2.	Material Vegetal	15
5.3.	Establecimiento del ensayo	15
5.4.	Diseño experimental.....	15
5.4.1.	<i>Esquema de disposición del ensayo en campo</i>	17
5.5.	Arreglo espacial.....	17
5.6.	<i>Modelo matemático del diseño experimental</i>	18
5.6.1.	Análisis estadístico	18
5.7.	Metodología para el primer objetivo específico.....	18
5.7.1.	<i>Seguimiento de la fenología</i>	18
5.7.2.	<i>Biomasa</i>	19
5.7.3.	<i>Altura de la planta</i>	19
5.7.6.	<i>Cuantificación de clorofila</i>	20
5.8.	Metodología para el segundo objetivo específico.	20
5.8.1.	<i>Número de granos</i>	20
5.8.2.	<i>Peso del grano</i>	20
5.8.3.	<i>Rendimiento</i>	20
5.8.4.	<i>Índice de cosecha</i>	21
6.	Resultados	22
6.1.	Fenología del cultivo	22
6.2.	Biomasa.....	22

6.3.	Altura.....	23
6.4.	Cobertura vegetal	23
6.5.	Área foliar.....	24
6.6.	Cuantificación de clorofila	24
6.7.	Rendimiento y sus componentes	25
7.	Discusión	29
8.	Conclusiones	34
9.	Recomendaciones	35
10.	Bibliografía	36
11.	Anexos	43
	Evidencias fotográficas.....	47

Índice de tablas

Tabla 1. Delineamiento del diseño experimental conformado por los tratamientos, repeticiones y medidas de las unidades experimentales	16
Tabla 2. Tratamientos del ensayo conformado por el método de siembra y arreglo espacial.....	16
Tabla 3. Etapas de crecimiento fenológico de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) basadas en la escala BBCH.....	19
Tabla 4. Biomasa de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. . Días después de la siembra (DDS).....	23
Tabla 5. Altura de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).....	23
Tabla 6. Cobertura vegetal de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).....	24
Tabla 7. Área foliar de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).....	24
Tabla 8. Cuantificación de clorofila en las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).....	25
Tabla 9. Número de granos de quinua en 1 m ² , peso de mil granos, rendimiento e índice de cosecha mediante método de siembra y arreglo espacial.	28

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del diseño experimental y tratamientos distribuidos en campo....	17
Figura 2. Arreglo espacial utilizado para el establecimiento del cultivo quinua (Chenopodium quinoa Willd.).....	17
Figura 3. Duración de las etapas fenológicas de quinua var. Tunkahuan, en función de días después de la siembra, mediante siembra directa y trasplante.	22

Índice de anexos

Anexo 1. Plan de fertilización	43
Anexo 2. Preparación del terreno y levantamiento de camas.....	47
Anexo 3. Desinfección del suelo con cal	47
Anexo 4. Siembra directa a chorro continuo	47
Anexo 5. Siembra en semilleros para el trasplante	47
Anexo 6. Germinación en campo	47
Anexo 7. Germinación en las bandejas	47
Anexo 8. Trasplante de las plántulas del semillero	48
Anexo 9. Crecimiento de las plantas	48
Anexo 10. Fertilización	48
Anexo 11. Fumigación para control de diabrotica	48
Anexo 12. Toma de datos de clorofila	48
Anexo 13. Primera visita en campo.....	48
Anexo 14. Cosecha.....	49
Anexo 15. Secado de las muestras en la estufa	49
Anexo 16. Pesado de biomasa seca	49
Anexo 17. Segunda visita en campo	49
Anexo 18. Pesado del grano	49
Anexo 19. Escala Fenológica BBCH de la quinua.....	50
Anexo 20. Análisis de suelo	51
Anexo 21. Interacción bifactorial método de siembra*arreglo espacial en variables de crecimiento	53
Anexo 22. Interacción bifactorial método de siembra*arreglo espacial en variables de rendimiento.....	54
Anexo 23. Certificado de traducción del Abstract	55

1. Título

“Efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*, bajo las condiciones de la hoya de Loja”

2. Resumen

La quinua es un cultivo de gran importancia ya que en los últimos años se ha expandido a nivel mundial, gracias a su alto valor nutricional y su adaptabilidad. En Ecuador se la cultiva en la región Sierra con rendimientos que van desde 1,5 a 3 t/ha, además, el rendimiento de dicho cultivo puede ser afectado por varios factores abióticos y bióticos. El arreglo espacial de las plantas en el campo es una de las alternativas que pueden aumentar la producción significativamente, siempre que se dé un manejo adecuado a la plantación. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*, bajo las condiciones de la hoya de Loja. El ensayo se estableció en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” ubicada en la ciudad de Loja, utilizando un diseño experimental completamente al azar con un arreglo bifactorial con 8 tratamientos y 3 repeticiones que consistieron en dos métodos de siembra (siembra directa y trasplante) y cuatro arreglos espaciales (hilera simple 25 cm, hilera simple 50 cm, hilera doble 50-25-25, hilera triple 50-25-25-25). Durante el ciclo de los cultivos se registraron las variables: fenología, biomasa, altura de la planta, cobertura vegetal, contenido de clorofila y área foliar; las variables número de granos, peso de mil granos, rendimiento e índice de cosecha, fueron registradas cuando los cultivos llegaron a madurez fisiológica. Al analizar las variables morfológicas se observó que mediante siembra directa y arreglo espacial a 25 cm se obtuvo el mayor promedio en biomasa, área foliar y cobertura vegetal, las variables altura y contenido de clorofila fueron mayores en siembra directa con arreglo espacial a 50 cm. El rendimiento de la quinua superó a la media nacional con producciones de 4,34 t ha⁻¹ en siembra directa y 4,02 t ha⁻¹ en arreglo espacial hilera simple a 50 cm, llegando a concluir que las prácticas de manejo aplicadas a lo largo de todo el ciclo del cultivo influyen directamente en su producción.

Palabras clave: Quinua, componentes del rendimiento, distancia de siembra, chorro continuo.

2.1. Abstract

Quinoa is a crop of great importance due to its worldwide expansion in recent years, thanks to its high nutritional value and adaptability. In Ecuador, it is cultivated in the Sierra region with yields ranging from 1.5 to 3 t/ha. However, the yield of this crop can be affected by various abiotic and biotic factors. The spatial arrangement of plants in the field is one alternative that can significantly increase production, provided that the plantation is managed properly. The objective of the present study was to evaluate the effect of row spacing using direct sowing and transplanting on the yield of *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan* under the conditions of the Loja valley. The trial was conducted at the Experimental Teaching Farm 'La Argelia,' located in Loja city. The experimental design was completely randomized with a bifactorial arrangement consisting of 8 treatments and 3 replications, including two sowing methods (direct sowing and transplanting) and four spatial arrangements (single row 25 cm, single row 50 cm, double row 50-25-25, triple row 50-25-25-25). During the crop cycle, the following variables were recorded: phenology, biomass, plant height, vegetation cover, chlorophyll content, and leaf area. The variables of grain number, thousand-grain weight, yield, and harvest index were recorded when the crops reached physiological maturity. When analyzing the morphological variables, it was observed that the highest average biomass, leaf area, and vegetation cover were obtained through direct sowing with a spatial arrangement of 25 cm. Plant height and chlorophyll content were greater in direct sowing with a spatial arrangement of 50 cm. Quinoa yield exceeded the national average, with productions of 4.34 t ha⁻¹ in direct sowing and 4.02 t ha⁻¹ in a single-row spatial arrangement of 50 cm. It can be concluded that the management practices applied throughout the crop cycle directly influence its production.

Keywords: Quinoa, yield components, planting distance, continuous jet.

3. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los granos más importantes de la región andina, su origen se remonta a más de 5 000 años, ya que era el alimento básico de los incas (Bhargava & Ohri, 2016). En la actualidad existe un gran interés en el estudio y explotación de los cultivos andinos, sobre todo en la producción de la quinua debido a su alto valor nutritivo, agronómico, económico y adaptación a condiciones ambientales extremas, aspectos que los convierten en especies alimenticias importantes para enfrentar el cambio climático y el crecimiento continuo de la población. (Aguilar & Jacobsen, 2003; Martínez et al., 2015).

Es por ello que en la actualidad la expansión de este cultivo ha sido muy notable en varios países de América del Sur, como Bolivia y Perú, no obstante, el Ecuador se ha definido como el tercer país en producir este cultivo (Maughan et al., 2007). La quinua es un cultivo de importancia comercial para nuestro país, por ser considerada como una oportunidad para el pequeño productor, siendo cultivado como alimento básico dentro de la alimentación familiar o como una opción de cultivo rentable para la comercialización (Nowak et al., 2016; Ruiz et al., 2014).

El área sembrada en Ecuador, se estima que son 2 000 ha de quinua, de las cuales aproximadamente el 70 % están sembradas con la variedad INIAP Tunkahuan, esta se produce tradicionalmente en la región Sierra en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Carchi, Tungurahua y Loja, tanto por las condiciones agroecológicas como por la importancia de este grano en los sistemas de producción andina (Salazar et al., 2019; D. P. Valenzuela, 2016), alcanzando rendimientos de 0,85 a 1,5 t/ha, un promedio bajo si se compara con el mayor rendimiento que va hasta las 11 t/ha. (Peralta, 2010; Yan et al., 2021).

El rendimiento de quinua está determinado por diferentes factores entre los que se destacan el genotipo, las condiciones ambientales y el manejo agronómico (Bazile et al., 2015). El arreglo espacial de las plantas en el campo es una de las alternativas que pueden aumentar la producción significativamente, siempre que se dé un manejo adecuado a la plantación (Kremen & Miles, 2012). Las plantas pueden distribuirse en diversos arreglos espaciales tanto indefinidos como definidos, correspondientes a surcos, franjas o bordes y las combinaciones de estos, a su vez mediante hileras simples, dobles y triples (Zulkadir, 2021). La distribución inadecuada de las plantas afecta significativamente la captura de la luz y provoca competencia entre ellas impulsada por

la limitación de recursos, esto conlleva finalmente a un deficiente crecimiento y rendimiento del cultivo (Erazzú et al., 2016). La distancia entre hileras puede ser de 40 a 80 cm y entre planta de 10 cm pudiendo alcanzar hasta un rendimiento de 3 000 kg/ha (Ludvigson et al., 2019).

A su vez el rendimiento está influenciado por los diferentes métodos de siembra de los cultivos ya que tienen como objeto brindarle a la semilla primero y luego a la planta las mejores condiciones de humedad, aireación y disponibilidad de nutrientes (Rojas et al., 2020a). En algunos casos también tienden a evitarle o disminuirle al cultivo los daños causados por plagas y/o enfermedades (Prommarak, 2014). Sin embargo, aún no existen investigaciones específicas acerca de los potenciales de rendimiento de distintas variedades de quinua cultivadas bajo diferente distribución espacial mediante siembra directa y trasplante en las condiciones de la sierra ecuatoriana, temas que son de gran importancia para determinar estrategias de manejo que permiten obtener mayores rendimientos del cultivo en la cosecha.

Considerando los antecedentes formulados, la presente investigación tiene como objetivo determinar el rendimiento de la quinua mediante el espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante en la hoya de Loja; esto con la finalidad de dar a conocer los alcances productivos de este cultivo, y potenciar su siembra dentro de la provincia. Con el propósito de orientar el desarrollo de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar el efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de *Chenopodium quinoa* var. *tunkahuan*, bajo las condiciones de la hoya de Loja.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de cuatro espaciamientos entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el crecimiento de quinua variedad tunkahuan, en las condiciones de la hoya de Loja.
- Evaluar el efecto que causa en el rendimiento de quinua variedad tunkahuan al aplicar distintos espaciamientos entre hileras usando siembra directa y trasplante en las condiciones de la hoya de Loja.

4. Marco teórico

4.1. Origen y distribución de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), fue domesticada inicialmente en el año 5 000 A.C. por culturas ancestrales de América del Sur, este es un cultivo de la región Andina. Durante siglos la quinua ha sido un alimento basado en la autosuficiencia de humanos y animales debido a sus propiedades medicinales y nutricionales, la quinua es un alimento muy valorado por nuestros aborígenes. (Alfonso et al., 2017).

4.2. Importancia del cultivo de quinua

4.2.1. Por su valor nutricional

La quinua es una planta alimenticia nativa de alto valor nutritivo cultivada en la región andina y utilizada como alimento por los incas y culturas anteriores. La quinua es uno de los pocos alimentos vegetales que son nutricionalmente completos, es decir, contienen un balance adecuado de carbohidratos, minerales y proteínas necesarias para la vida humana (Repo-Carrasco et al., 2003) . Su valor nutricional como fuente natural debido a la combinación de aminoácidos esenciales le confiere un alto valor biológico. La quinua no contiene colesterol, no forma grasa en el organismo, es de fácil digestión y es un producto natural, es fuente de proteína que ayuda al crecimiento y desarrollo del organismo (Bastidas et al., 2016).

4.2.2. Valor comercial

La producción de quinua es la fuente de ingresos del 30 % de las comunidades indígenas en las zonas más altas de Sierra, especialmente en Chimborazo (Silva, 2021). Ecuador ocupa el tercer lugar como país exportador de quinua, la exportación en este país tiene un máximo de 1 100 toneladas, así mismo el costo de la quinua orgánica equivale 3 dólares por kg, encontrándose por encima del cultivo de soya y trigo (D. Valenzuela, 2016). Entonces, la quinua es un legado de los pueblos ancestrales que promueve el crecimiento económico de las comunidades que la cultivan (Centeno et al., 2022).

4.3. Clasificación taxonómica de la quinua

La quinua taxonómicamente se clasifica en la división Magonoliophyta, clase Magnoliopsida, subclase Caryophyllidae, orden Caryophyllales, familia familia de las Amaranthaceae, pertenece al género *Chenopodium* especie *Chenopodium quinoa* Willd (Kole, 2007; Maughan et al., 2007).

4.4.Descripción botánica

La quinoa es una planta herbácea anual semi-tardía (180 días de período vegetativo y 109 días de floración) que se desarrolla en una posición erguida (Infante et al., 2018). Presenta una raíz pivotante, con presencia de raíces secundarias distribuidas en densidades dependiendo de las condiciones del suelo, penetrando ocasionalmente hasta 1,5 m de profundidad donde se satisfacen los requerimientos hídricos (García et al., 2020). El tallo es cilíndrico en la parte cercana al cuello y de mayor grosor, puede ser ramificado o no ramificado, estriado o acanalado, verde o rojo, con altura variable según el genotipo, el clima y la fertilidad del suelo. El tallo típicamente alcanza entre 0,5 y 1,5 m de altura, pero puede alcanzar hasta 2,5 m de altura en los valles interandinos (Bhargava et al., 2006).

Las hojas son simples, lisas y pinnadas con filotaxias alternas, tienen un tamaño grande en la parte inferior y pequeñas en la superior, las cuales son dentadas y es una característica importante de su clasificación, ya que aparecen de 3 a 20 dientes dependiendo el cultivar (Haros & Schoenlechner, 2017). La inflorescencia es una panícula, de 15 a 70 cm de largo, una característica importante de la quinua es la presencia de flores hermafroditas y flores femeninas unisexuales. Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro, son sésiles y dispuestas en glomérulos, habitualmente, se encuentran 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo consta de aproximadamente 18 a 20 granos (Bertero et al., 1996). El fruto es un aquenio indehiscente derivado de un ovario unilocular superior, y tiene forma cilíndrico-lenticular (Langlie et al., 2011).

4.5.Fases fenológicas

Las fases fenológicas son parámetros que nos permiten determinar cada etapa de crecimiento en un cultivo, por lo tanto, nos permite tomar decisiones sobre cuándo se debe aplicar riego, fertilización y plaguicidas, (Sosa et al., 2017) adaptaron la escala fenológica BBCH para la quinua, esta se la describe a continuación:

- **Estado fenológico principal 0: Germinación**

Esta fase inicia con las semillas secas (00), teniendo las condiciones óptimas de humedad, oxígeno y temperatura da inicio a la imbibición de las semillas (01) y la emisión de la radícula (05), seguidamente pasa a una subetapa de emergencia del coleóptilo (08), para llegar finalmente a la última subetapa emergencia de los cotiledones (09).

- **Fase fenológica principal 1: Desarrollo de hojas**

Se inicia con la expansión de los dos cotiledones (10), seguido por la subetapa de aparición del primer par de hojas (11); cuando la planta presente al menos 10 pares de hojas verdaderas, las yemas axilares de las hojas iniciales empiezan a formar las ramas.

- **Fase fenológica principal 2: Formación de ramas laterales-Tallos secundarios**

La ramificación tiene inicio cuando la planta tiene cinco pares de hojas verdaderas, dentro de esta etapa se activarán secuencialmente los brotes formados en las axilas de las primeras hojas, empezando por 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) y presencia de dos tallos laterales visibles (22); posteriormente el sistema continúa igual hasta la subetapa 29 donde la planta presenta nueve o más ramas laterales visibles. Esta etapa puede ocurrir entre los 45 y 50 días después de la siembra, siendo también esta etapa apropiada para realizar fertilizaciones.

- **Fase fenológica principal 3: Elongación del tallo**

Se omitió en este experimento porque la elongación del tallo en la quinua persiste incluso después de la antesis, considerándose un parámetro que no brinda mayor información sobre la evolución fenológica de la planta.

- **Fase fenológica principal 4: Desarrollo de órganos de cosechables**

Omitida.

- **Fase fenológica principal 5: Aparición de la inflorescencia**

En esta etapa se observa que la inflorescencia va emergiendo desde el ápice de la planta, por lo cual se observan a su alrededor aglomeraciones de las hojas pequeñas, estas van cubriendo en sus tres cuartas partes a la panoja (subetapa 50). Esta fase finaliza cuando la inflorescencia tiene las flores cerradas, pero con las hojas que la rodean se encuentran expandidas (subetapa 59) lo cual permite que sea visualizada con facilidad.

- **Fase fenológica principal 6: Floración, tallo principal**

Esta fase tiene inicio con el comienzo de floración, en la cual se observa las primeras anteras en las flores de la inflorescencia (60) y finaliza con la senescencia de las anteras en las flores de la inflorescencia principal (69).

- **Fase fenológica principal 7: Desarrollo del fruto**

Esta fase tiene inicio con el asentamiento de los granos, caracterizado por una hinchazón del ovario y la aparición de los primeros granos visibles (70). Durante esta fase los granos se encuentran llenos de una sustancia acuosa.

- **Fase fenológica principal 8: Madurez del fruto**

Esta etapa se considera como la fase final del desarrollo del fruto, como primer subetapa se presenta el grano lechoso (81), en esta fase al hacer presión sobre los granos de la panoja sale un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, seguidamente tenemos el grano pastoso (85), en esta subetapa al ser presionado el grano va a presentar una consistencia pastosa de color blanquecina, esto ocurre entre los 130 a 160 días de la siembra; finalmente, los granos maduros (89) se determinan cuando al presionar el grano con las uñas hay resistencia a la penetración, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 % estando listo para ser cosechado.

- **Fase fenológica principal 9: Senescencia**

En esta etapa el cultivo ha llegado a su madurez fisiológica por lo tanto la planta comienza a secarse, esta fase tiene inicio con la subetapa de senescencia de las hojas basales (91), continúa con muerte de las hojas de la primera mitad del tallo (93) y culmina con la subetapa de producto cosechado (99).

4.6. Condiciones agroclimáticas

La quinua se cultiva principalmente en el Altiplano y zonas áridas de la región andina de América del Sur aunque actualmente se cultiva en todos los continentes, también muestra una amplia adaptabilidad a altitudes que van desde 0 a 4 000 msnm, es decir, ambientes fríos, templados y cálidos (García et al., 2020). Las condiciones climáticas y del suelo que son necesarias para el desarrollo del cultivo de la quinua se detallan a continuación:

- **Suelo:** Requiere suelo franco o franco-arenosos con un alto contenido de materia orgánica, también puede adaptarse a suelos arenosos o franco-arcillosos, es

recomendable que tenga un buen drenaje y una pequeña pendiente (Gómez & Aguilar, 2016).

- **pH:** El rango del pH va desde suelos alcalinos de pH 9 hasta suelos ácidos con un pH de 4,5 aunque el rango óptimo va de 6,5 a 8 esto depende de la variedad o genotipo (Orgaz, 2020).
- **Agua:** En los primeros estadios fenológicos, desde emergencia hasta las 4-6 hojas verdaderas, necesitan de 40 a 50 mm de agua, a partir de ahí la planta se desarrolla con una cantidad de agua de 250-500 mm anuales (Vilca & Carrasco, 2013).
- **Temperatura:** El rango de temperatura óptimo va desde los 15-18 °C, tolerando mínimos de 10 °C y máximos de 25 °C (Gómez & Aguilar, 2016).
- **Humedad-Precipitación:** La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1 000 mm. Se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 800 mm. Los periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad son: germinación-emergencia, que determina el establecimiento del cultivo, y el estado de crecimiento y llenado del fruto que determina la productividad. Dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada se considera adecuada una precipitación en el rango de 60 a 100 mm (Gómez & Aguilar, 2016).
- **Fotoperiodo:** Necesita 12 horas diarias en el hemisferio sur, mientras que en el norte necesita 14 horas diarias (Bertero et al., 1999).

4.7.Método de Siembra

La siembra se la debe realizar inmediatamente después de concluir la preparación del terreno, así las semillas tendrán humedad adecuada y se disminuirá la competencia con malezas. Las semillas de la quinua poseen un tamaño pequeño, por lo que se las debe sembrar cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo. A la quinua se la puede sembrar directamente o por trasplante (Cruz et al., 2021).

4.7.1. Siembra directa

4.7.1.1. Siembra manual. Se recomienda un sistema de siembra en hileras porque facilita la realización de una serie de tareas culturales que se aplican durante la siembra. Es importante surcar el suelo teniendo en cuenta una pendiente adecuada para la distribución del agua sin erosión del suelo. La distancia entre filas puede ser de 40 a 80 cm, utilizándose de 10-12 kg/ha de semilla (Ludvigson et al., 2019). En áreas secas con muy poca lluvia, la elevada radiación solar ocasiona un rápido secado de la capa superior de tierra y momificación de las semillas que están en proceso de germinación. En áreas irrigadas, el exceso de humedad promueve el desarrollo de enfermedades de las plántulas (Gómez & Aguilar, 2016).

4.7.1.2. Siembra mecanizada. La quinua se puede sembrar con unas pequeñas sembradoras de cereales de grano pequeño. Es imprescindible examinar la sembradora cuando se realiza la siembra porque el tamaño de los granos de quinua depende de la variedad y del lugar de producción. Asimismo, se debe verificar la profundidad del tapado y el espacio entre los dispositivos que se abren y cubren el surco o línea de siembra (Gómez & Aguilar, 2016). Se recomienda utilizar 12-15 kg / ha de semillas en la costa o en áreas con terreno plano y suelos con buena disponibilidad de humedad. En lugares más altos como valles, en condiciones secas, se deben colocar de 15 a 20 kg / ha de semilla, especialmente en campos con suelos rocosos, pendientes pronunciadas y poco profundas, debido a que se secan muy rápido por la alta radiación solar (Torreblanca et al., 2018). La profundidad de siembra correcta es colocar las semillas en un lugar donde puedan absorber agua para germinar y no secarse después. Debido al tamaño de las semillas, la profundidad no debe exceder los 2 cm. Se cubren con una capa muy fina de suelo mediante herramientas sencillas que facilitan un ligero desplazamiento del suelo de la zona cercana a las semillas (Gómez & Aguilar, 2016).

4.7.2. Trasplante

Este método es recomendable en sitios donde se tiene agua de riego. La cantidad de semillas utilizadas es de 1-2 kg / ha, el semillero se prepara en un lugar adecuado (camas almacigueras o bandejas). Después de que la plántula haya formado de 4 a 6 hojas verdaderas se comienza a trasplantar (Esprella, 2011). Las plántulas deben sumergirse en agua mezclada con lejía al 1 % para protegerlas de los hongos. Se colocan las plántulas en el campo a 10 cm de distancia, el suelo debe estar húmedo mientras se establecen las plántulas. Las plantas necesitan atención adicional hasta que

se establezcan, lo cual es muy rápido. La ventaja de este método es que hay menos competencia con las malas hierbas, a su vez se necesita menos remoción y aflojamiento del suelo (Rojas et al., 2020b).

4.7.2.1.Periodo de siembra. Las etapas de siembra deben ser establecidas

considerando:

- Las variedades tardías (período vegetativo) se deben sembrar al principio de la temporada y, si hay atraso en la siembra, sembrar una variedad temprana.
- Ubicación de los campos: condiciones costeras, valles y tierras altas entre los Andes.
- Disponibilidad de agua al inicio y duración de la temporada de lluvias (Gómez & Aguilar, 2016).

4.8.Arreglo espacial

Es la forma en que se encuentran distribuidas las plantas en el campo. Se obtienen 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). Va a incidir sobre el crecimiento de las plantas, al variar las distancias van a existir diferencias en el área foliar y la capacidad productiva de las especies que se han utilizado para ser asociadas (Tinoco et al., 2008). La distribución de la población de las plantas en el campo requiere el distanciamiento de las plantas dentro de la hilera y la distancia entre las hileras (ancho de las hileras): el número de semillas que se necesitan plantar por cada metro, depende completamente de las poblaciones y la distancia entre hileras que han sido escogidas según las recomendaciones (Rosales, 2003), mientras que el espacio entre las hileras es determinado por el tipo de equipo y por el tamaño o el vigor de las plantas. El uso de un sistema con arreglos espaciales regulares puede jugar un rol interesante en los sistemas de producción en secano donde la presencia de competencia entre el cultivo y las malezas es frecuente (Pentón et al., 2016).

4.9.Rendimiento

El mayor potencial de rendimiento de la quinua se obtiene a nivel del mar, alcanzando los 6 000 kg/ha, con un adecuado riego y fertilización (Gómez & Aguilar, 2016).

El rendimiento de la quinua podría mejorarse con un manejo agronómico adecuado bajo domesticación completa mediante la aplicación de fertilizantes nitrogenados y optimizando la fecha de siembra, la densidad de siembra y el espacio

entre hileras (Präger et al., 2018). Generalmente se obtienen menos de 1 000 kg/ha de grano en cultivos convencionales y en seco. Usando niveles apropiados de fertilización, desinfección de semillas, siembra en surcos y control de malezas, la variedad puede producir hasta 3 000 kg/ha, con un promedio comercial de 1 500 a 2 500 kg/ha (Yan et al., 2021) .

El rendimiento de la quinua sembrada en suelos de la sierra ecuatoriana está en promedio de 2 000 kg/ha en la var. *tunkahuan* (Peralta, 2009). En las provincias de Carchi y Cañar a una altitud desde los 2 400 a los 3 200 msnm se obtiene 2 200 kg/ha de rendimiento promedio en la var. *tunkahuan* (Cuadrado, 2012).

4.10. Antecedentes de investigación

Vilca and Carrasco (2013) señalan que el distanciamiento adecuado entre surcos es de 80 a 90 cm, ya que, permite aporcar y controlar malezas y plagas.

Mejía (2021) indica que la densidad de siembra dependerá de aspectos como el tamaño de la semilla y los sistemas de siembra, la densidad será mayor cuando la siembra se la realiza al voleo y con variedades de tamaño grande y densidad baja cuando la siembra se la realiza en surcos y con semillas pequeñas. Se debe tener en cuenta un manejo adecuado de las densidades ya que a mayores densidades habrá muchas plantas por cada área, con mayor competencia entre ellas por los nutrientes, provocando el debilitamiento y por ende serán susceptibles a plagas y enfermedades como el mildiú veloso, las densidades bajas facilitan la dispersión de malas hierbas. Para una densidad adecuada, se recomienda utilizar entre 10-12 kg/ha.

González et al. (2018) trabajó bajo dos métodos utilizados para la siembra: aquellos denominados por golpes (realizado a mano) y a chorro continuo (máquina sembradora). Se lograron densidades de plantas diferentes que son de 4,2 y 27,9 plantas/metro lineal respectivamente, la altura de las plantas, diámetro de tallo, área foliar específica (AFE), nitrógeno y fósforo foliar y el rendimiento en granos (kg/ha) fue mayor en el tratamiento realizado a golpe.

Sin embargo, Garate (2009) evaluó los distanciamientos entre líneas utilizando los tratamientos de 0,90 m (L1), 1,20 m (L2) y 1,50 m (L3), lo cual presentó mayor altura promedio de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja, área foliar, tamaño de grano y peso de 1 000 granos con el distanciamiento de 1,50 m. En cuanto a rendimiento de grano se alcanzó el mayor valor con 2 475,67 Kg.ha⁻¹ al aplicar el distanciamiento entre líneas de 0,90 m (L1). También se evaluó el

distanciamiento entre plantas, teniendo como tratamientos 0,10 m (P1), 0,20 m (P2), obteniéndose mayor rendimiento con 2 147,94 Kg/ha al aplicar un distanciamiento entre planta de 0,20 m y muestra diferencia estadística significativa con respecto al distanciamiento 0,10 m (P1) entre plantas que logró 1 920,21 Kg/ha. Se evaluó el rendimiento al combinar los tratamientos de distancia entre hilera y planta obteniéndose mejor resultado en la combinación del tratamiento con distanciamiento de 0,90 m entre líneas y 0,20 entre plantas (L1P2) teniendo el rendimiento más alto de grano con 2 530,93 Kg/ha.

Zulkadir (2021) en su investigación tuvo como principal objetivo el crecimiento de la quinua, bajo diferentes períodos de siembra y distancia entre hileras de 20 cm, 40cm y 60cm en condiciones climáticas mediterráneas, en cual demostró que se obtuvo la altura de la planta varió entre 30.8 y 104.0 cm, la longitud de la panícula varió entre 15 y 41,2 cm, el peso de la planta varió entre 0.01 y 52.2 g, a su vez el rendimiento de la planta en la parcela varió entre 71,2 y 3 199,1 g y el índice de cosecha varió entre 5,1 y 52,5 %, pudiendo concluir que el espacio ideal entre hileras debe ser de 40 cm. El análisis de sus resultados reveló que este espacio entre hileras conduce al máximo rendimiento, mientras que el período de siembra podría variar debido al impacto de factores climáticos.

5. Materiales y métodos

5.1.Ubicación geográfica del área de estudio

El ensayo de campo se desarrolló en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”, de la Universidad Nacional de Loja, cantón y provincia de Loja, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 4°02’19.2”S 79°12’00.6”O, a 2 150 msnm. La temperatura media anual es de 16.3 °C, con una precipitación anual promedio 1 058 mm, sus suelos son de naturaleza franco limoso. Ecológicamente la Estación Experimental “La Argelia-Loja”, corresponde a una Zona de vida conocida como bosque húmedo montano bajo (bs-Mb) (Holdridge, 1987).

5.2.Material Vegetal

Para la siembra se utilizó semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. *tunkahuan*.

5.3.Establecimiento del ensayo

Previo a la implementación del ensayo, se realizó un análisis de suelo lo cual permitió conocer su estado nutricional. Posteriormente, con los resultados obtenidos se elaboró un plan de fertilización para cubrir las demandas nutricionales del cultivo utilizado (Anexo 1). Una vez realizado el análisis de suelo se procedió a la preparación del terreno, esta consistió en realizar un arado de disco y rastra, a su vez se aplicó un herbicida pre-emergente y se procedió a delimitar las unidades experimentales. La siembra se la realizó a chorro continuo y para el trasplante se realizaron semilleros y cuando las plántulas presentaron 6 hojas verdaderas se procedió a trasplantarlas en campo a una distancia de 10 cm entre planta en todos los tratamientos.

5.4.Diseño experimental

La investigación se estableció bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo bifactorial. Los factores considerados son método de siembra (siembra directa y trasplante) y arreglo espacial (hilera simples a 25 cm, hilera simple a 50 cm, hilera doble a 50-25-25, hilera triple a 50-25-25-25 cm (Tabla 2), cuya combinación de los distintos niveles de cada factor dio origen a 8 tratamientos, con sus respectivas 3 repeticiones, cada unidad experimental tuvo una medida de 2.5*2.5 m, con caminos de 0,80 m entre parcela y 1m entre bloque, dando un área total de 243,2 m² (Tabla 1).

Tabla 1. Delineamiento del diseño experimental conformado por los tratamientos, repeticiones y medidas de las unidades experimentales

DISEÑO	CANTIDAD
Número de tratamientos:	8
Número de repeticiones por tratamiento:	3
Número total de unidades experimentales:	24
Unidad experimental:	Parcela
Tamaño parcela	2.50*2.50 m
Número de bloques	3
Distancia entre parcelas:	0,80 m
Distancia entre bloques	1 m

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Tabla 2. Tratamientos del ensayo conformado por el método de siembra y arreglo espacial

Tratamiento	Método De Siembra	Arreglo Espacial
T1	Chorro continuo	Hileras simples (25 cm)
T2	Chorro continuo	hilera simple 50 cm
T3	Chorro continuo	Hilera doble 50-25-25 cm
T4	Chorro continuo	Hilera triple 50-25-25- 25 cm
T5	Trasplante	Hileras simples (25 cm)
T6	Trasplante	Hilera simple 50 cm
T7	Trasplante	Hilera doble 50-25-25 cm
T8	Trasplante	Hilera triple 50-25-25- 25 cm

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

5.4.1. Esquema de disposición del ensayo en campo

En la Figura 1 se muestran los 8 tratamientos distribuidos en el ensayo en campo con sus respectivas 3 repeticiones.

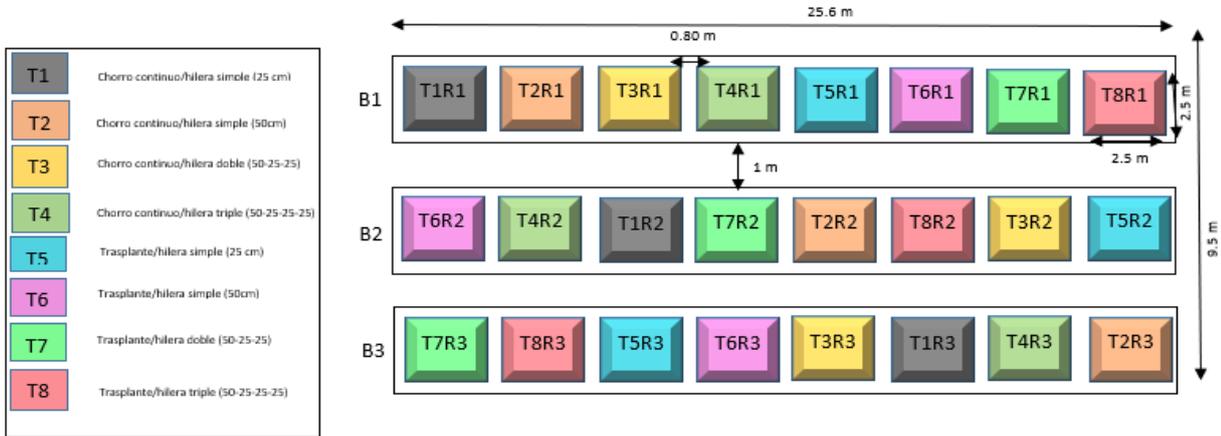


Figura 1. Esquema del diseño experimental y tratamientos distribuidos en campo

Fuente: El autor

5.5. Arreglo espacial

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

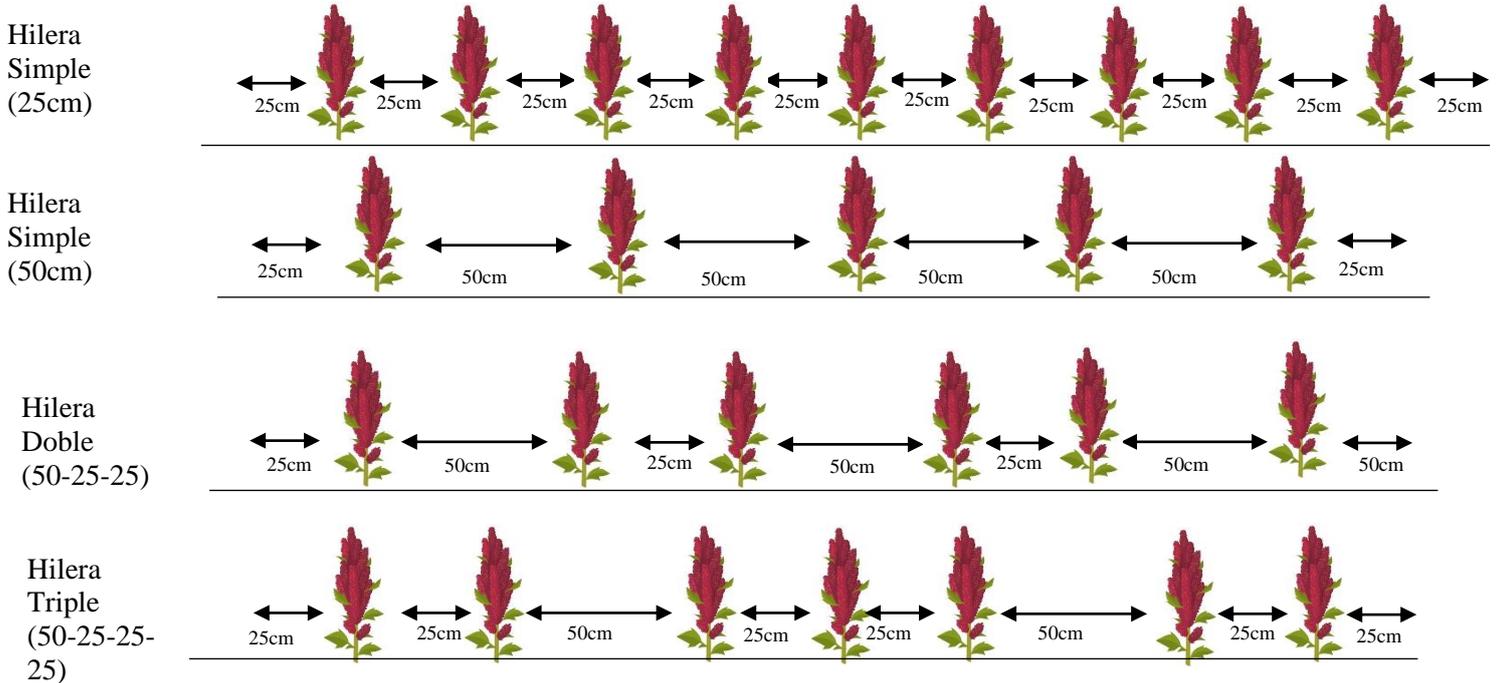


Figura 2. Arreglo espacial utilizado para el establecimiento del cultivo quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

5.6. Modelo matemático del diseño experimental

El modelo matemático que se empleó en este diseño es:

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

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

5.6.1. 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.

5.7. Metodología para el primer objetivo específico “*Evaluar el efecto de cuatro métodos de espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el crecimiento de quinua variedad Tunkahuan en las condiciones de la hoyo de Loja*”.

5.7.1. Seguimiento de la fenología

Para evaluar el crecimiento se realizó el seguimiento de la fenología en cada una de sus etapas de desarrollo de la quinua variedad Tunkahuan usando la escala BBCH (Sosa et al., 2017) (Tabla 3). Cada cambio de etapa se asignó cuando el 50 % de las plantas de cada unidad experimental mostraron las características de cada fase.

Tabla 3. Etapas de crecimiento fenológico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) basadas en la escala BBCH.

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

Fuente: (Sosa et al., 2017)

5.7.2. Biomasa

Se realizó cada 30 días el muestreo de las 3 plantas seleccionadas de la parte central de cada unidad experimental. Una vez obtenidas las muestras se secaron en horno a 65 ± 5 °C durante 8 días, posteriormente se procedió a determinar su peso seco con ayuda de una balanza analítica.

5.7.3. Altura de la planta

Para la altura de la planta se tomaron los datos de 3 plantas seleccionadas en cada unidad experimental, los datos se los registró cada 15 días, las medidas de la altura de la planta se realizaron mediante una cinta métrica, midiendo desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma (cm).

5.7.4. Cobertura vegetal

Los datos fueron tomados cada 15 días, la cobertura vegetal se calculó mediante fotografías digitales empleando la aplicación para celulares Canopeo (Patrignani & Ochsner, 2015).

5.7.5. 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 ellas.

5.7.6. 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.

5.8. Metodología para el segundo objetivo específico “Evaluar el efecto que causa en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan al aplicar distintos métodos de espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante en las condiciones de la hoya de Loja”.

5.8.1. Número de granos

Para determinar el número de granos se consideraron 5 plantas seleccionadas aleatoriamente en la parte central de cada unidad experimental para posteriormente realizar el conteo manual del número de granos por planta. El número de granos por m² se lo obtuvo luego de haber cosechado las panojas y haber determinado el número de granos por planta, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

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

Donde:

NGm^2 = Número de granos por m²

NGP = Número de granos por planta

NPM^2 = Número de plantas por m²

5.8.2. Peso del grano

Se seleccionaron 5 plantas de la parte central de cada unidad experimental las cuales se secaron en una estufa a 65 ± 5 °C durante 8 días, luego se pesó una muestra representativa de 1 000 granos de cada planta mediante una balanza analítica.

5.8.3. Rendimiento

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

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

Donde:

R = rendimiento

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

PG = Peso del grano

5.8.4. Índice de cosecha

El índice de cosecha se obtuvo al determinar el rendimiento en g/m^2 de cada unidad experimental, y luego se dividió para la biomasa de la superficie cosechada (g/m^2), para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

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

6. Resultados

En cuanto a las variables del primer objetivo no se encontraron diferencias significativas entre la interacción del método de siembra y arreglos espaciales (Anexo 21), sin embargo se evaluó de una forma independiente cada uno de estos factores donde si existe significancia.

6.1.Fenología del cultivo

En la figura 3 se muestra la duración de las etapas fenológicas de la quinua variedad Tunkahuan, en donde se puede observar que desde la emergencia hasta el desarrollo de hojas fue más temprana mediante trasplante y desde la aparición de brotes laterales hasta madurez fisiológica fue más temprana mediante siembra directa ya que esta llegó hasta los 171 días, a diferencia del trasplante que fue a los 175 días.

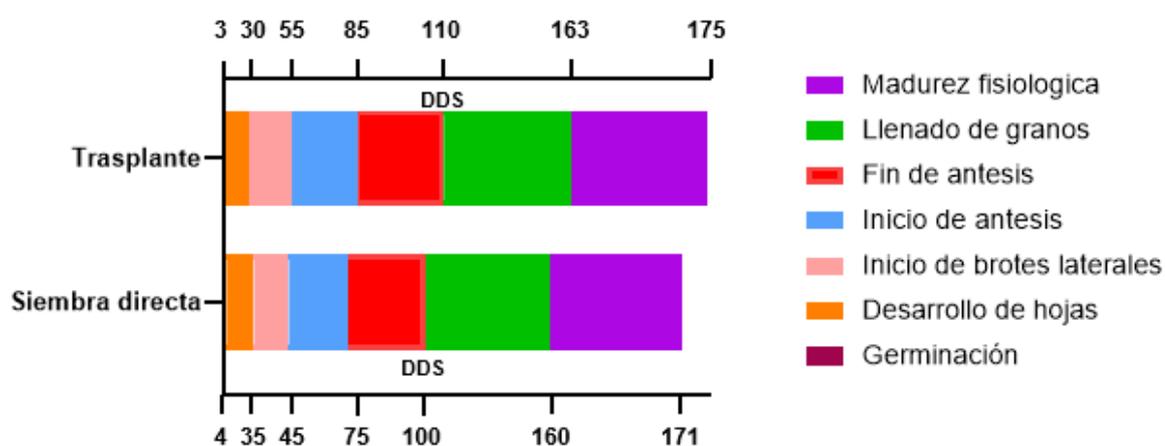


Figura 3. Duración de las etapas fenológicas de quinua var. Tunkahuan, en función de días después de la siembra, mediante siembra directa y trasplante.

6.2.Biomasa

En cuanto la biomasa en función del método de siembra se observa que existe una diferencia significativa entre la siembra directa y el trasplante a partir de los 102 días después de la siembra (p -valor = 0,0001), teniendo una mayor significancia a los 171 días (p -valor <0,0001) generando mayor biomasa con valores de 1038,18 g/m² mediante siembra directa y 739,17 g/m² en trasplante. En el arreglo espacial no se encontró diferencias significativas, sin embargo el mayor valor se lo obtuvo en hilera simple (50) con 1009,03 g/m² a diferencia de hilera triple (50-25-25-25) que presentó la menor biomasa con un valor de 812,58 g/m² (Tabla 4).

Tabla 4. Biomasa de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. . Días después de la siembra (DDS).

Días después de la siembra	Método de siembra		EEM	P-valor	Arreglo espacial				EEM	P-valor
	Siembra directa	Trasplante			hilera simple a 25 cm	hilera simple a 50 cm	hilera doble a 50-25-25	hilera triple a 50-25-25-25		
69	17,41 A	14,39 A	1,18	0,0889	14,94 A	16,20 A	16,76 A	15,72A	1,67	0,8847
102	93,41 A	58,42 B	4,82	0,0001	73,24 A	77,52 A	84,60 A	68,29 A	6,82	0,4071
132	203,34 A	126,67 B	12,47	0,0005	164,05 A	181,39 A	173,11A	141,46 A	17,64	0,4386
171	1038,18 A	739,17 B	38,67	<0,0001	849,84 A	1009,03 A	883,24 A	812,58 A	54,68	0,1029

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

EEM: error estándar medio

6.3. Altura

La variable altura en relación al método de siembra presentó diferencias altamente significativas, teniendo una mayor significancia desde los 84 hasta los 114 días después de la siembra (p -valor $<0,0001$), la mayor altura se la obtuvo mediante siembra directa con un valor de 79,81 cm y 67,21 cm en trasplante. En el arreglo espacial se observa una diferencia significativa a partir de los 114 días siendo mayor a los 144 días después de la siembra (p -valor =0.0001). Se obtuvo una mayor altura de la planta en el tratamiento hilera simple (50) con un valor de 87,17 cm (Tabla 5).

Tabla 5. Altura de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).

Días después de la siembra	Método de siembra		EEM	P-valor	Arreglo espacial				EEM	P-valor
	Siembra directa	Trasplante			hilera simple a 25 cm	hilera simple a 50 cm	hilera doble a 50-25-25	hilera triple a 50-25-25-25		
69	25,61 A	7,78 B	2,48	0,0001	12,67 A	21,89 A	17,55 A	14,67 A	3,57	0,3082
84	36,31 A	15,59 B	2,62	<0,0001	20,61 A	32,61 A	27,11 A	23,45 A	3,7	0,1613
99	47,89 A	26,42 B	2,61	<0,0001	30,83 A	44,11 A	38,22 A	35,45 A	3,7	0,1214
114	58 A	38,67 B	2,49	<0,0001	40,39 B	55,5 A	51,06 AB	46,39 AB	3,52	0,0446
129	75,39 A	62,92 B	1,7	0,0001	58,67C	81,06 A	71,22 B	65,67 BC	2,41	0,001
144	79,81 A	67,22 B	2,05	0,0005	61 C	87,17 A	76,33 AB	69,56 BC	2,9	0,0001

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

EEM: error estándar medio

6.4. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal del cultivo de quinua no presentó diferencias estadísticas significativas según el método de siembra, no obstante, hubo un mayor porcentaje de cobertura vegetal en plantas siembra directa con un valor de 66,76 % en comparación al trasplante, de 63,26 %. Mediante arreglo espacial se observa diferencia significativa ($p>0,05$) en todos los tratamientos, el mayor porcentaje se obtuvo en el tratamiento

hilera simple (25 cm) con un valor de 78,48 % y el menor porcentaje de cobertura se obtuvo en hilera simple (50 cm) con 56,51 % (Tabla 6).

Tabla 6. Cobertura vegetal de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).

Días después de la siembra	Método de siembra		EEM	P-valor	Arreglo espacial				EEM	P-valor
	Siembra directa	Trasplante			hilera simple a 25 cm	hilera simple a 50 cm	hilera doble a 50-25-25	hilera triple a 50-25-25		
69	11,36 A	10,26 A	0,91	0,403	14,01 A	7,92 B	9,53 AB	11,77 AB	1,28	0,0216
84	22,88 A	20,28 A	1,98	0,3669	28,57 A	15,52 B	19,26 AB	22,98 AB	2,8	0,0277
99	31,9 A	29,43 A	2,56	0,5042	39,06 A	23,51 B	27,67 AB	32,41 AB	3,62	0,0434
114	43,33 A	40,4 A	2,72	0,4575	50,98 A	34,08 B	38,43 AB	43,99 AB	3,85	0,037
129	54,16 A	50,79 A	2,99	0,4374	61,55 A	44,22 B	49,27 AB	54,86 AB	4,23	0,0564
144	66,76 A	63,26 A	2,86	0,3999	75,48 A	56,51 B	61,62 AB	66,43 AB	4,05	0,0272

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EEM: error estándar medio

6.5. Área foliar

En la tabla 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 367,13 cm²/m² a diferencia de trasplante que obtuvo un valor de 320,79 cm²/m². 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 380,36 cm²/m² a diferencia del tratamiento hilera simple a 50 cm que fue el de menor área foliar 320,36 cm²/m².

Tabla 7. Área foliar de las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).

Días después de la siembra	Método de siembra		EEM	P-valor	Arreglo espacial				EEM	P-valor
	Siembra directa	Trasplante			hilera simple a 25 cm	hilera simple a 50 cm	hilera doble a 50-25-25	hilera triple a 50-25-25		
54	309,88 A	259,02 B	15,94	0,0384	309,56 A	268,11 A	277,26 A	282,87 A	22,54	0,6096
87	333,93 A	284,44 B	15,47	0,0264	342,12 A	293,97 A	297,31 A	311,34 A	21,88	0,4153
117	367,13 A	320,79 A	17,50	0,0795	380,23 A	320,36 A	338,50 A	336,74 A	24,74	0,3920

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EEM: error estándar medio

6.6. Cuantificación de clorofila

En relación con el índice de clorofila evaluado en función del método de siembra se puede observar que existe diferencia significativa (p -valor < 0.05) para los dos tratamientos, los resultados indican que los valores más altos para los dos métodos

de siembra son a los 73 días después de la siembra en estado de anthesis, obteniéndose una mayor cantidad de clorofila en la siembra directa con un valor de 42,75 unidades Spad a diferencia del trasplante donde se obtuvo unas 36,97 unidades Spad. Se observa que a medida que la planta se acerca a madurez fisiológica baja el contenido de clorofila llegando a un valor a los 101 días de 37,86 unidades Spad para siembra directa y 32,46 en trasplante. En el arreglo espacial se observa a los 73 días una diferencia altamente significativa según la prueba de Tukey(p-valor < 0,0001), siendo el mejor tratamiento hilera simple (50) ya que presentó los mayores valores con 46,88 unidades Spad, mientras que en hileras simples (25) presentó valores de 33,16 unidades Spad, siendo el menor valor, a los 101 días bajo el contenido de clorofila debido a la madurez fisiológica llegando a obtenerse el mayor valor de clorofila en hilera simple (50) con un valor de 39,73 unidades Spad (Tabla 8).

Tabla 8. Cuantificación de clorofila en las plantas de quinua mediante dos métodos de siembra y cuatro arreglos espaciales. Días después de la siembra (DDS).

Días después de la siembra	Método de siembra		EEM	P-valor	Arreglo espacial				EEM	P-valor
	Siembra directa	Trasplante			hilera simple a	hilera simple	hilera doble a	hilera triple a		
					25 cm	a 50 cm	50-25-25	50-25-25-25		
73	42,75 A	36,97 B	0,83	0,0002	33,16 C	46,88 A	40,92 B	38,49 B	1,18	<0,0001
101	37,86 A	32,46 B	1,31	0,0103	29,2 B	39,73 A	36,5 AB	35,21 AB	1,86	0,0079

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EEM: error estándar medio

6.7. Rendimiento y sus componentes

En cuanto a las variables del segundo objetivo no se encontraron diferencias significativas entre la interacción del método de siembra y arreglos espaciales (Anexo 22), sin embargo se evaluó de una forma independiente cada uno de estos factores donde si existe significancia.

En la tabla 9 en cuanto al número de granos/m² se observa que existe diferencia significativa mediante el método de siembra (p-valor = 0,0141), el tratamiento siembra directa presentó el mayor número de granos/m² (118 653 granos/m²), por el contrario, el tratamiento trasplante registró el menor número de granos con 103 210 granos/m². En el arreglo espacial no existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo cabe mencionar que el tratamiento hilera simple (25) registró un valor de 124 854 granos/m² siendo mayor a los demás tratamientos. En el peso de los granos mediante el método de siembra y arreglo espacial, se comprobó que existen diferencias

significativas, (p-valor= 0,0003) mediante siembra directa con respecto a trasplante teniendo un peso promedio de 3,65 g y 3,17 g respectivamente y mediante arreglo espacial se observa una diferencia significativa (p-valor= 0,0294) para cada uno de los tratamientos, obteniéndose un mayor peso en el tratamiento hilera simple (50) con un peso promedio de 3,64 g.

El rendimiento en el método de siembra presentó diferencias significativas (p-valor = 0,0012), mediante siembra directa se obtuvo el mayor rendimiento con 4,34 t ha⁻¹, mientras que en el trasplante presentó 3,26 t ha⁻¹. En el caso del arreglo espacial, no se manifestaron diferencias significativas, pero cabe mencionar que se obtuvo el mayor rendimiento en el tratamiento de hilera simple (25) con 4,02 t ha⁻¹. Con respecto al índice de cosecha (IC), en método de siembra no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento siembra directa obtuvo un IC de 0,36 y en el trasplante se obtuvo un valor de 0,33 . En el arreglo espacial sí se observó diferencia significativa entre los tratamientos (p-valor = 0,0109), donde el tratamiento Hilera simple (25) presentó el mejor IC 0,38 a diferencia de hilera simple (50) que presentó el menor IC con un valor de 0,31 (Tabla 9).

Tabla 9. Número de granos de quinua en 1 m², peso de mil granos, rendimiento e índice de cosecha mediante método de siembra y arreglo espacial.

Componentes del rendimiento	Método de siembra		EEM	P-valor	Arreglo espacial				EEM	P-valor
	Siembra directa	Trasplante			hilera simple a 25 cm	hilera simple a 50 cm	hilera doble a 50-25-25	hilera triple a 50-25-25-25		
Número de granos/m ²	118 653 A	103 210 B	3 965	0,0141	124 854 A	107 670 A	103 849 A	107 353 A	5 608	0,0713
Peso de mil granos	3,65 A	3,17 B	0,07	0,0003	3,20 B	3,64 A	3,54 AB	3,27 AB	0,1	0,0294
Rendimiento tn/ha	4,34 A	3,26 B	0,19	0,0012	3,97 A	4,02 A	3,69 A	3,53 A	0,27	0,5636
Índice de cosecha	0,36 A	0,33 A	0,01	0,0673	0,38 A	0,31 B	0,34 AB	0,34 AB	0,01	0,0109

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

EEM: error estándar medio

7. Discusión

El presente estudio se realizó con la finalidad de conocer el efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), la identificación de estos componentes es de gran importancia para poder realizar el manejo adecuado de la plantación, con el propósito de hacer eficiente el proceso productivo de este importante cultivo andino.

Al analizar la interacción entre los dos factores como son método de siembra (siembra directa, trasplante) y arreglos espaciales (hilera simple a 25, hilera simple a 50, hilera doble 50-25-25, hilera triple 50-25-25-25) se determinó que no existe diferencia significativa, por ello se analizó individualmente cada uno de los factores lo cual permitió determinar que de esta forma si existe significancia.

En la fenología de la quinua de acuerdo a la escala BBCH existen 9 estadios principales (Sosa et al., 2017). Según Peralta and Mazón (2014) la madurez fisiológica en el cultivo de quinua var. tunkahuan tiene una duración promedio que va desde los 150 a 180 días en las provincias de la sierra, lo cual coincide con nuestros resultados en el cual se obtuvo que la madurez fisiológica fue a los 171 días en siembra directa siendo esta más temprana en comparación al trasplante que tardó 175 días para llegar a esta fase, según lo reportado por Bastidas et al. (2016) señala que el promedio de días a la cosecha en el cultivo de quinua mediante trasplante fue mayor en comparación a la cosecha por chorro continuo o siembra directa. En base a estos resultados, Watson (1986) menciona que algunas prácticas, como el trasplante, pueden provocar un tipo de estrés en las plantas en el proceso de adaptación en el terreno definitivo, esto es debido que al sacar las plantas de los semilleros tienen el riesgo de perderse hasta un 95 % del sistema radical, lo que les provoca desbalance hídrico entre la absorción de agua y la transpiración.

En el presente estudio se evidencia que los distintos métodos de siembra y arreglos espaciales difieren en el aporte de biomasa, mediante el método de siembra el tratamiento que generó mayor biomasa fue en siembra directa con un valor promedio de 1038,18 g/m² a diferencia del trasplante que se obtuvo un promedio de 739,17 g/m², resultados similares son reportados por Jiménez and Álvarez (2015) donde obtuvieron una biomasa de 886,34 g/m² mediante siembra directa y 658,03 g/m² mediante trasplante. 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 por la falta de regeneración de raíces lo que genera plantas de poca altura y biomasa.

En cuanto a la altura se encontró que mediante siembra directa se obtuvo plantas más altas (79,81 cm) a diferencia del trasplante (67,22 cm). En un estudio reportado por Arano and Flores (2018) mencionan que obtuvieron una altura mayor mediante siembra directa con un 91,48 cm a diferencia del trasplante 84,66 cm. Esta disminución del crecimiento es debido al estrés que sufre la planta en el proceso de adaptación (Vázquez et al., 2011). En el arreglo espacial la mayor altura se obtuvo mediante hilera simple a 50 cm con un valor de 87,17 cm y la menor altura se obtuvo en hilera simple a 25 cm con un promedio de 61 cm, estos resultados concuerdan con Torreblanca et al. (2018), el cual indica que un arreglo espacial de 0,50 m en el cultivo de quinua permite un desarrollo normal de las plantas, mientras que en un espaciado menor de 0,30 m hay un incremento de competencia entre plantas, observándose plantas con tallos débiles causando vuelco de las mismas. Otro punto a destacar es el efecto de la distancia de siembra o la densidad de plantas, ya que puede generar un fenómeno de competencia, entendida como “las inconveniencias causadas por la proximidad de los vecinos” (Park et al., 2003), siendo intraespecífica o interespecífica. La competencia puede deberse a la disminución en la disponibilidad de luz para la actividad fotosintética, el patrón diario de toma de agua o nutrientes del suelo, la organización del tallo y ramificaciones, la forma de las hojas y la tasa de desarrollo (Guerrero, 2018).

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). Según Nieto et al. (1992) and Peralta (2010) manifiestan que la altura de la planta de quinua variedad tunkahuan varía entre 90 cm a 185 cm de acuerdo a la nutrición, suelo, altitud y agua, en los resultados de nuestra investigación en la variable altura se vio diferencia significativa siendo mayor en hilera simple a 50 cm con un valor 87.17 cm y 79.81cm en siembra directa, valores menores a los reportados por los autores.

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 78,48 %, esto es debido al

mayor número de plantas por metro cuadrado. En cuanto al contenido de clorofila mostraron diferencias altamente significativas en siembra directa con respecto a trasplante con un valor de 37,86 unidades SPAD, a su vez también se obtuvo un mayor contenido de clorofila mediante arreglo espacial en hilera simple (50 cm), con 39,73 SPAD. Según Alfonso et al. (2017) los valores de clorofila son indicadores de la distribución del nitrógeno en el canopeo, este autor encontró un menor valor de clorofila (SPAD) en la distancia de 10 cm comparado con las distancias de 20 y 30 cm con promedios de hasta 35,09 unidades SPAD, resultados similares se obtuvieron en nuestro estudio en hileras simples a 50 cm.

El área foliar está influenciada por el método de siembra existiendo diferencias significativas entre tratamiento obteniéndose un mayor valor en siembra directa presentando un valor de 367,13 cm² a diferencia de trasplante que fue el que menor área foliar obtuvo con 320,79 cm², a su vez también puede estar influenciado por los arreglos espaciales en el presente estudio se obtuvo una mayor área foliar en hileras simples a 25 cm con un valor de 380,23 cm². Zubillaga (2017) expone que un espaciado amplio entre hileras favorece la captación de luz, por esta razón, los valores de área foliar serán superiores. Ante los resultados encontrados por De la Cruz et al., (2010), dan a entender 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), con azufaifo (*Ziziphus lotus*), en donde demostraron que el arreglo espacial en hileras con espaciamientos menores afectó la disponibilidad de recursos (luz, agua y nutrientes), esto debido a la competencia interespecífica, estudios que difieren con nuestros resultados.

El número de granos es el componente más estrechamente asociado al rendimiento y más sensible a la influencia del ambiente, dicho componente depende de la morfogénesis de estructuras reproductivas (determinante del número de granos potenciales) y de la fijación de flores fertilizadas; por lo tanto, el incremento en el rendimiento puede estar dado por un mayor número de panículas por m² y un mayor número de semillas por m² manifestado por la producción de biomasa y el índice de cosecha (Satorre et al., 2003; Villegas et al., 2004). En los resultados obtenidos, se evidencia que hay ganancia de este componente mediante siembra directa y en arreglo espacial en hilera simple (25 cm) y hay disminución cuando el arreglo espacial es doble (50-25-25). Los resultados no coinciden con los reportados por Gesumaria and Peiretti

(1998), donde observaron que el número de granos en 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 mil granos, el análisis de varianza registra que existen diferencias significativas obteniéndose un mayor promedio mediante el método de siembra directa con un valor de 3,65 g, en el arreglo espacial se obtuvo un mayor promedio en el tratamiento hilera simple (50cm) con un valor de 3,64 g, dichos resultados son similares a los reportados por Mestanza et al. (2019) en donde encontraron promedios que van desde 3,53 a 2,04 g, valores inferiores fueron determinados por Delgado et al. (2009) donde registro un peso de 2,52 hasta 3,45 g mediante siembra directa. Gabriel et al. (2012) cuando evaluaron quinuas resistentes al mildiu reportó un peso de 3,5 g en 1 000 semillas, el peso fue influenciado directamente por el desarrollo del follaje, es decir, a mayor follaje menor tamaño y peso de grano. Además, 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 (Satorre et al., 2003).

Las estadísticas indican que en Ecuador, el rendimiento aproximado de quinua variedad tunkahuan va desde 1,5 a 3 t/ha (Peralta, 2010).

Los rendimientos alcanzados en el presente trabajo de investigación son elevados en comparación al promedio nacional, registrando 4,34 t/ha mediante el método de siembra directa y 3,26 t/ha en trasplante, superando el rendimiento reportado por Jiménez and Álvarez (2015) el cual fue de 3,20 t/ha en siembra directa y 1,35 t/ha en trasplante

El rendimiento de quinua mediante arreglo espacial fue mayor en hilera simple a 50 cm obteniéndose un rendimiento de 4,02 t/ha, hallazgo que son similares a los reportado por Sánchez and Chapoñan (2017) los cuales evaluaron la influencia en tres distanciamientos (40 cm, 60 cm, 80 cm), donde obtuvieron mayores resultados en el distanciamiento de 40 cm con un rendimiento de 2,45 t/ha, mientras que el distanciamiento de siembra entre surcos de 80 cm quedó último con 1,21 t/ha. Gilmer (2019) evaluó los efectos de la densidad poblacional, siendo de 300, 400, 500 y 600 mil plantas ha⁻¹, a lo que el autor menciona que los mejores resultados se obtuvieron con densidades entre 400 y 500 mil plantas ha⁻¹, la posible explicación para estos resultados es que en el cultivo de quinua sí hay competencia de agua, luz y nutrientes, donde a

mayor densidad hay una respuesta negativa del rendimiento. Además, Torreblanca et al. (2018), evaluó la influencia del distanciamiento entre surcos utilizando arreglos espaciales de 20, 30, 40 y 50 cm, sobre el rendimiento de grano en quinua, demostró que los distanciamientos no influyeron sobre el rendimiento.

Estos resultados demuestran que con un adecuada densidad y manejo agronómico el cultivo de quinua aumenta significativamente el rendimiento. Según Bonifacio et al. (2001), 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 el método de siembra y los arreglos espaciales. El IC es la capacidad de traslocar al grano todos los nutrientes acumulados en los órganos vegetativos de la planta; mediante siembra directa se obtuvo 0,36 y en arreglo espacial hilera simple (25 cm) se obtuvo un valor de 0,38. En el cultivo de la quinua se han reportado índices de cosecha que oscilaron entre 0,27 a 0,40 en plantas sembradas a una distancia de 0,30 m entre surco (Quisbert, 2006). Estudio reportado por Garrido et al. (2013) registraron un promedio en la variable índice de cosecha de 0,39 al evaluar el rendimiento de nueve genotipos con diferentes densidades de plantación (40 y 10 cm de largo), nuestros resultados están dentro de este rango. Por ello se estima que la ganancia o el incremento de IC se debe al elevado número de granos por m², y al tamaño del dosel vegetal.

8. Conclusiones

Se logró determinar que el método de siembra y el tipo de arreglo espacial influyen sobre las variables morfológicas de la variedad tunkahuan de quinua, alcanzando en las condiciones en las que se realizó el experimento, el mayor contenido de biomasa seca, área foliar y cobertura vegetal se lo encontró mediante método de siembra directa en hileras a 25 cm y la altura de la planta e índice de clorofila al aplicar el método de siembra directa y arreglo espacial en hilera simple a 50 cm.

Se obtuvo un alto rendimiento alcanzando las 4,34 t/ha mediante siembra directa y 4,02 t/ha en arreglo espacial hilera simple a 50 cm, valores que superan el promedio de rendimiento nacional que va desde 1,5 a 3 t/ha, estos resultados ponen de manifiesto que las prácticas de manejo que consideran los métodos de siembra y los arreglos espaciales empleadas durante el crecimiento y desarrollo del cultivo influyen significativamente en su producción, por tal razón, son una alternativa novedosa de producción para las distintas zonas agrícolas de la provincia de Loja.

9. Recomendaciones

Promover la investigación y desarrollo de nuevas alternativas para incrementar la productividad del cultivo de quinua en campo.

Previo al establecimiento del cultivo realizar una prueba de germinación con el fin de garantizar que existe una germinación homogénea en cada una de las unidades experimentales, ya que en un primer intento de la siembra en nuestro estudio no hubo una buena germinación.

Manipular adecuadamente las plántulas al momento del trasplante evitando la ruptura de las raíces lo cual provoca estrés al momento de la adaptación de las mismas en el campo.

10. Bibliografía

- Aguilar, P. C., & Jacobsen, S.-E. (2003). Cultivation of quinoa on the Peruvian Altiplano. *Food reviews international*, 19(1-2), 31-41.
- Alfonso, G., Alvarado, S., & Cartagena, Y. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) bajo invernadero. *Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador*, 4, 20. <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.504>
- Arano, V. E. R., & Flores, A. B. (2018). Evaluación del comportamiento del trasplante de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) de bandejas a campo en sus diferentes fases fenológicas en Kiphakiphani, Viacha: Victor Enmanuel Rodas Arano, Alejandro Bonifacio Flores. *Apthapi*, 4(3), 1312-1317.
- 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 Science*, 6. <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 (pp. 605): FAO.
- Bertero, D., Medan, D., & Hall, A. (1996). Changes in apical morphology during floral initiation and reproductive development in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Annals of Botany*, 78(3), 317-324.
- Bertero, H., King, R., & Hall, A. (1999). Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Field Crops Research*, 60(3), 231-243. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00128-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00128-2)
- Bhargava, A., & Ohri, D. (2016). Origin of genetic variability and improvement of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). In *Gene Pool Diversity and Crop Improvement* (pp. 241-270). Springer.
- 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>
- Bonifacio, A., Mujica, A., Alvarez, A., & Roca, W. (2001). Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. *FAO, Quinua*.

- Centeno, E. X. P., Pilaguano, J. G. M., Chafra, J. L. G., & Duran, J. E. D. (2022). Análisis del consumo de la quinua y sus derivados en el cantón Riobamba. *ConcienciaDigital*, 5(1), 118-129.
- Cruz, I., Chaparro, H., Díaz, L., & Romero, G. (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>
- Cuadrado, S. (2012). *La quinua en el Ecuador situación actual y su industrialización* [Universidad Politecnica Salesiana].
- Delgado, A. I., Palacios, J. H., & Betancourt, C. (2009). Evaluation of 16 genotypes of sweet quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the municipality of Iles, Nariño (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 159-167.
- Erazzú, L., González, J., Buedo, S., & Prado, F. (2016). Effects of sowing density on *Chenopodium quinoa* (quinoa). Incidence on morphological aspects and grain yield in Var. CICA growing in Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). *Lilloa*, 53(1), 12-22.
- Esprella, B. J. (2011). *Evaluacion del rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) con aplicacion de niveles de abono organico bajo condiciones de riego deficitario en el altiplano central* [Universidad mayor de San Andres].
- Garate, L. (2009). *Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) Var. Salcedo INIA bajo riego por goteo, en condiciones de la Irrigación Majes* Tesis de Agronomía. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa. 104p].
- García, M., Zurita, A., Stechauner, R., Roa, D., & Jacobsen, S. (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>
- Garrido, M., Silva Candia, P., Silva Robledo, H., Baginsky Guerrero, C., Acevedo Hinojosa, E., & Muñoz, R. (2013). Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo.

- Gesumaria, J., & Peiretti, E. (1998). Influencia de la distancia entre líneas sobre el crecimiento y rendimiento de amaranto granífero (*Amaranthus* spp.). *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 13(1), 139-152.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua* (Segunda edición ed.).
- González, J. A., Erazzú, L. E., Buedo, S. E., & Prado, F. E. (2018). Efecto de la densidad de siembra sobre la actividad fotosintética en *Chenopodium quinoa* var. CICA (“quinua”) en el Noroeste Argentino. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53(1), 1-10.
- Guerrero, A. (2018). Impacto del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como alternativa productiva y socioeconómica en la comunidad indígena Yanacona de La Vega, Cauca, Colombia. *Doctorado en Agroecología*.
- Haros, C. M., & Schoenlechner, R. (2017). *Pseudocereals: chemistry and technology*. John Wiley & Sons.
- Hernández, D. G. (2019). Evaluación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres variedades de maíz en asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de siembra.
- Holdridge, L. (1987). Ecología basada en zonas de vida: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. *San José, Costa Rica*.
- Infante, H., Albesiano, S., Arrieta, L., & Gómez, N. (2018). Morphological characterization of varieties of *Chenopodium quinoa* cultivated in the department of Boyacá, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 329-339.
- Jiménez, D. J., & Álvarez, V. d. P. (2015). Evaluación del crecimiento y producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en siembra directa y trasplante en la Comarca Lagunera.
- Kole, C. (2007). *Pulses, sugar and tuber crops* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.
- Kremen, C., & Miles, A. (2012). Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and society*, 17(4).
- Langlie, B. S., Hastorf, C. A., Bruno, M. C., Bermann, M., Bonzani, R. M., & Condarco, W. C. (2011). Diversity in Andean *Chenopodium* domestication: describing a new morphological type from La Barca, Bolivia 1300-1250 BC. *Journal of Ethnobiology*, 31(1), 72-88.

- 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/http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v45i2.2169>
- Martínez, E. A., 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.
- Maughan, P. J., Bonifacio, A., Coleman, C. E., Jellen, E. N., Stevens, M. R., & Fairbanks, D. J. (2007). Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In *Pulses, Sugar and Tuber Crops* (pp. 147-158). Springer.
- Mejía, M. (2021). Evaluación del comportamiento de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en condiciones de déficit hídrico, fundo La Peña parte baja del Valle Chancay, región Lambayeque.
- Mestanza, C., Zambrano Calderón, K., Pinargote Alava, J., Veliz Zamora, D., Vásquez Montufar, G., Fernández, N., & Olmos, E. (2019). Evaluación agronómica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en condiciones agroclimáticas en la zona de Mocache.
- Nieto, C., Vimos, C., Monteros, C., Caicedo, C., & Rivera, M. (1992). INIAP-Ingapirca e INIAP-Tunkahuan: dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina.
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food chemistry*, 193, 47-54. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Orgaz, G. (2020). *Adaptación de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) a las condiciones agroecológicas de la zona centro peninsular* [Tesis pregrado, Universidad Politécnica de Madrid].
- Patrick, J. (2000). Asimilar la partición en relación con la productividad de los cultivos *HortScience*, 23, 33-40.
- Pentón, G., Martín, G. J., & Rivera, R. (2016). Effect of the spatial arrangement and the intercropping with mycorrhiza-inoculated *Canavalia ensiformis* on the agroproductive response of *Morus alba*. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 160-167.

- Peralta, E. (2009). *La quinua en Ecuador. "Estado del arte". Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos.*
- Peralta, E. (2010). INIAP Tunkahuan: Variedad mejorada de quinua. 6.
- Peralta, E., & Mazón, N. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo. In: Obtenido de La Quinua en Ecuador: <https://repositorio.iniap.gob.ec>
- Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*, 8(10), 197. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy8100197>
- Prommarak, S. (2014). Response of quinoa to emergence test and row Spacing in Chiang Mai-Lumphun valley Lowland Area. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 42(2), 8-14.
- Quisbert, E. A. (2006). *Estudio del comportamiento agronomico de 10 variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), en la Estacion Experimental de Choquenaira*
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S.-E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2), 179-189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- Rojas, C., Burbano, G., & Muñoz, E. F. (2020a). Evaluation of the performance of quinua under different densities, fertilization and sowing methods in Cauca. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), 46-55. <https://doi.org/https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1410>
- Rojas, C., Burbano, G. A., & Muñoz, E. F. (2020b). Evaluation of the performance of quinua under different densities, fertilization and sowing methods in Cauca. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), 46-55. <https://doi.org/https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1410>
- Rosales, K. H. (2003). Efecto del arreglo espacial en el rendimiento de tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., . . . Zurita-Silva, A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 34(2), 349-359.

- Salazar, J., de Lourdes Torres, M., Gutierrez, B., & Torres, A. F. (2019). Molecular characterization of Ecuadorian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) diversity: implications for conservation and breeding. *Euphytica*, 215(3), 1-11.
- Sánchez, J., & Chapoñan, J. R. (2017). Evaluación Del Rendimiento En Grano De Cuatro Variedades De Quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD) Con Tres Distanciamientos Entre Surcos En EL Distrito De Cutervo.
- 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*.
- Silva, B. (2021). *Análisis del potencial de exportación de la quinua orgánica ecuatoriana al mercado internacional* [, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
- 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/10.1111/aab.12358>
- Tinoco, C. A., Ramírez, A., Villarreal, E., & Ruiz, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, 34(3), 271-278.
- Torreblanca, N. N., Tello, M. R., & Quispe, M. A. (2018). Influencia del distanciamiento y número de plantas por golpe en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Ciencia y Desarrollo*(22), 58-65. <https://doi.org/10.33326/26176033.2018.22.746>
- Valenzuela, D. (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].
- 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].
- Vázquez, G., Escalante, J. A. S., Rodríguez, M., Ramírez, C., & Escalante, L. E. (2011). Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de Chile Apaxtleco. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(1), 61-65.
- Vilca, J., & Carrasco, G. (2013). Manejo integrado en el cultivo de quinua. In *Agrobanco* (Ed.), (pp. 28).

- Villegas, M. C., Díaz, G. M., Castro, R. C., & Reyes, L. A. (2004). Período crítico de competencia de malezas en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura técnica en México*, 30(2), 223-234.
- 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.
- Watson, G. H., E; Smiley, E. (1986). Twig growth of eight species of shade trees following transplanting. *Journal of Arboriculture*, 12, 241-245.
- Yan, D., Juan, W., Anwar, S., Chuang-Yun, W., Li, Z., Li-Guang, Z., . . . Mei-Xia, W. (2021). Phenology, lodging and yield traits of *chenopodiutn quinoa* under the effect of planting density and row spacings. *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 30(11), 11757-11767.
- Zubillaga, M. F. (2017). Comportamiento del cultivo de amaranto en el valle inferior del río Negro, Argentina: optimización de las condiciones del cultivo.
- 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.

11. Anexos

Anexo 1. 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 m²):

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

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

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

➤ 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)

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

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

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

➤ **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 19.07 Kg de S

X= 173,3 kg/ha Sulfato Zn

➤ **Para el Zinc**

100 Kg de Sulfato Zinc 21 Kg de Zn

173,3 Kg de Sulfato de Zn 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**

Fertilizantes	Dosis Kg área de estudio	Dosis Kg/parcela	Numero de aplicaciones (2)
Sulfato de Zinc	2,59	0,108	0,054

Muriato de K	6,62	0,276	0,138
DAP (Fosfato Diamonico)	2,61	0,109	0,054
UREA	2,25	0,094	0,046
Borax	0,42	0,01774	0,006

Evidencias fotográficas



Anexo 2. Preparación del terreno y levantamiento de camas



Anexo 3. Desinfección del suelo con cal



Anexo 4. Siembra directa a chorro continuo



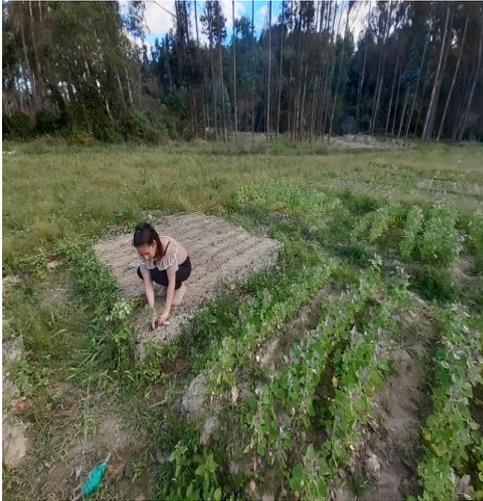
Anexo 5. Siembra en semilleros para el trasplante



Anexo 6. Germinación en campo



Anexo 7. Germinación en las bandejas



Anexo 8. Trasplante de las plántulas del semillero



Anexo 9. Crecimiento de las plantas



Anexo 10. Fertilización



Anexo 11. Fumigación para control de diabrotica



Anexo 12. Toma de datos de clorofila



Anexo 13. Primera visita en campo



Anexo 14. Cosecha



Anexo 15. Secado de las muestras en la estufa



Anexo 16. Pesado de biomasa seca



Anexo 17. Segunda visita en campo



Anexo 18. Pesado del grano

Anexo 19. . Escala Fenológica BBCH de la quinua

ESTADIO PRINCIPAL	ESTADO	CODIGO
ESTADIO PRINCIPAL 0 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
ESTADIO PRINCIPAL 1 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
ESTADIO PRINCIPAL 2 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
ESTADO PRINCIPAL 5 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
ESTADIO PRINCIPAL 6 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
	antítesis completa: flores de la inflorescencia principal con anteras senescentes	69
ESTADIO PRINCIPAL 7 Desarrollo de fruto	cuajada: engrosamiento del ovario y primeros granos visibles en el tallo principal	70
ESTADIO PRINCIPAL 8 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
ESTADIO PRINCIPAL 9 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 20. Análisis de suelo

-01



IAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

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



INFORME DE ENSAYO No: 22-0210

CLIENTE: Cordero Gaona Elisa Mishel
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANÁLISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

K	Ca	Mg	Na	Suma de bases		Saturación de bases (%)	CIC	Identificación
				meq/100 g suelo	meq/100 g suelo			
0,06	2,59	0,43	0,23	3,31	34,22	9,67	Wagner Ovíd Elisa Cordero	

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA



Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGÜA

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Este informe puede ser reproducido en total o parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los datos indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

ARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario del mismo y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le ruega que no responda a este correo electrónico o fax. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, se le ruega que elimine 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. SIN Cutiglagua.
 Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



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

INFORME DE ENSAYO No: 22-0210

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16/03/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14:00
FECHA DE ANÁLISIS: 21/03/2022
FECHA DE EMISIÓN: 25/03/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: S4 + CIC

Análisis	Unidad	Ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases meq/ 100g	MO %	CO.* %	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN												
																				Arena	Limo	Arcilla													
22-0557	5.81	Me Ac	55	IM	22	A	7.8	B	0.31	B	0.05	B	2.41	IM	0.42	IM	0.9	B	5.4	A	32.3	A	16.3	A	57.2	7.90	53.12	2.88	0.3	B	41	41	18	Franco	Wagner Oviedo, Angel Uchuarí, Elisa Cordero, Lote 1, Muestra I

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

OBSERVACIONES:

METODOLOGIA USADA

PH =	Suelo: Agua (1:2.5)	P K Ca Mg =	Olsen Modificado
5.8 =	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn =	Olsen Modificado
B =			Curcúmina

* Ensayos no solicitados por el cliente

INTERPRETACION

Elemento	B = Bajo
N	Neuro
LAI	Lige. Alcalino
M	Medio
A	Alto
PH	Prac. Neuro
A	Alcalino
T	Tóxico (Boro)
RC	Requieren Cal

ABREVIATURAS

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

METODOLOGIA USADA

C.E. =	Papa Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AlH =	Titulación NaOH

INTERPRETACION

A-H/L y Na	C.E.	M. D y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lip Salino	MS = Muy Salin
T = Tóxico		A = Alto



Escanea el código QR para:
JOSE ALONSO
LUCERO
MALATAY
LABORATORISTA



Escanea el código QR para:
IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MUESTRERO DE LABORATORIO

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

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

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

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

Anexo 21. Interacción bifactorial método de siembra*arreglo espacial en variables de crecimiento

Método de siembra	Arreglo espacial	Biomasa g/m ² (171 DDS)	Altura cm (144 DDS)	Cobertura vegetal % (144 DDS)	Area foliar cm ² /m ² (117 DDS)	Índice de spad (73 DDS estado de antesis)
Siembra directa	Hilera simple a 25 cm	1010,71 AB	67,11 BC	76,77 A	423,12 A	36,23 BC
	Hilera simple a 50 cm	1199,93 A	94,11 A	58,08 A	335,12 A	50,40 A
	Hilera doble 50-25-25	1023,02 AB	82,89 AB	63,22 A	355,52 A	43,13 AB
	Hilera triple 50-25-25-25	919,06 AB	75,11 AB	68,96 A	354,75 A	41,25 B
Trasplante	Hilera simple a 25 cm	688,98 B	54,89 C	74,18 A	337,34 A	30,08 C
	Hilera simple a 50 cm	818,13 B	80,22 AB	54,93 A	305,60 A	43,35 AB
	Hilera doble 50-25-25	743,45 B	69,78 BC	60,02 A	321,49 A	38,70 B
	Hilera triple 50-25-25-25	706,11 B	64 BC	63,89 A	318,74 A	35,73 BC
Método de siembra		***	***	ns	ns	***
Arreglo espacial		ns	***	**	ns	***
Método de siembra*arreglo espacial		ns	ns	ns	ns	ns

* Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (Alfa<0,05). Los valores son medias de tres repeticiones, ns efecto no significativo; * efecto significativo p<0,05; **efecto significativo p<0,01; ***efecto significativo p<0,001

Anexo 22. Interacción bifactorial método de siembra*arreglo espacial en variables de rendimiento

Método de siembra	Arreglo espacial	Número de granos m ²	Peso de mil granos	Rendimiento tn/ha	Índice de cosecha
Siembra directa	Hilera simple a 25 cm	129 833 A	3,41 AB	4,61 A	0,35 AB
	Hilera simple a 50 cm	116 988 A	3,92 A	4,45 A	0,30 B
	Hilera doble 50-25-25	114 321 A	3,80 A	4,35 A	0,35 AB
	Hilera triple 50-25-25-25	113 471 A	3,47 AB	3,95 A	0,32 B
Trasplante	Hilera simple a 25 cm	119 876 A	2,99 B	3,32 A	0,41 A
	Hilera simple a 50 cm	98 351 A	3,36 AB	3,58 A	0,32 B
	Hilera doble 50-25-25	93 376 A	3,24 AB	3,03 A	0,34 AB
	Hilera triple 50-25-25-25	101 235 A	3,07 B	3,11 A	0,35 AB
Método de siembra		**	***	***	ns
Arreglo espacial		ns	*	Ns	**
Método de siembra*arreglo espacial		ns	ns	Ns	ns

* Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (Alfa<0,05). Los valores son medias de tres repeticiones, ns efecto no significativo; * efecto significativo p<0,05; **efecto significativo p<0,01; ***efecto significativo p<0,001

Anexo 23. Certificado de traducción del Abstract

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Yo, Eduardo Alexander Vargas Romero, con número de cédula 1104605454 y con título de Licenciado en Ciencias de la Educación, Mención Inglés, registrado en el SENESCYT con número 1031-15-1437415

CERTIFICO:

Que he realizado la traducción de español al idioma Inglés del resumen del presente trabajo de titulación denominado **“Efecto del espaciamiento entre hileras usando siembra directa y trasplante sobre el rendimiento de Chenopodium quinoa var. tunkahuan, bajo las condiciones de la hoya de Loja”** de autoría de **Jackeline Liliana Salinas Guarnizo**, portadora de la cédula de identidad, número **1900832039**, estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, siendo el mismo verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que se creyera conveniente.



Firmado digitalmente
por EDUARDO ALEXANDER
VARGAS ROMERO
Fecha: 2023.04.13
22:19:08 -09'00'

Lic. Eduardo Alexander Vargas Romero, Mgs.

C.I. 1104605454

Registro del SENESCYT: 1031-15-1437415