



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en La Argelia, Loja.

Trabajo de Integración
Curricular previo a la obtención
del título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Manuel Fabian Armijos Armijos

DIRECTOR:

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 17 de febrero de 2023

Dra. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular titulado: **Efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en La Argelia, Loja**, de autoría del estudiante **Manuel Fabian Armijos Armijos**, con cédula de identidad Nro. **1105343642** previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los tramites de titulación.



Dra. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Manuel Fabian Armijos Armijos**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105343642

Fecha: 06/06/2023

Correo electrónico: manuel.f.armijos@unl.edu.ec

Teléfono: 0992298598

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

Yo, **Manuel Fabian Armijos Armijos**, declaro ser autor/a del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en La Argelia, Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

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

Firma:



Autor: Manuel Fabian Armijos Armijos

Cédula: 1105343642

Dirección: Loja-Saraguro-Manú

Correo electrónico: manuel.f.armijos@unl.edu.ec

Teléfono: 0992298598

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Dedicatoria

El presente trabajo de integración curricular primeramente se la dedico a Dios, por cada momento de salud y de libertad en mis días para hacer lo que me gusta, porque me permitió despertar con salud y también me permitió continuar con valentía, ganas y empeño cada momento para continuar en este proceso de mis estudios avanzando hasta estas instancias finales.

A mi mamá Rosa Elvira Armijos, a mi papá Franklin Armijos a mis abuelitos Mariana Armijos, Antonio Armijos, Cristina Tituana y Luis Armijos quienes me ayudaron en todo sentido, me dieron sus sabios consejos y siempre estuvieron a mi lado.

A mis hermanas Marisol Armijos y Rosa Mariana Armijos quienes siempre fueron mis fieles amigas y las personas que me animaron en todo momento.

A mi hija Samantha Isabella Armijos Serrano ya que ella fue mi inspiración y motivación para hacer las cosas de la mejor manera posible y a su madre Jenny Maricela Serrano Salinas por su apoyo y comprensión.

Manuel Fabian Armijos Armijos

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Loja por abrirme las puertas de su alma mater, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y especialmente a la carrera de agronomía su personal docente, administrativo y de servicio por compartirme sus conocimientos y darme el apoyo necesario en mi carrera por ser profesional, los cuales fueron muy valiosos.

A mi Directora del presente trabajo de integración curricular la Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD, por haberme permitido tener su apoyo tanto su conocimiento científico como su trabajo, paciencia y voluntad, durante la elaboración del presente trabajo.

Mi agradecimiento al personal técnico de los laboratorios de análisis químico, suelos y fisiología vegetal por su predisposición para ayudarme y compartir conmigo un espacio y su valioso tiempo con sus conocimientos y experiencia para que mi trabajo de integración curricular termine de la mejor forma.

A mi familia abuelitos, papás, tíos, hermanas, hija y mujer por su apoyo incondicional ya que estuvieron conmigo siempre en las buenas y en las malas.

A mis compañeros y amigos quienes me brindaron su apoyo y siempre me animaron desinteresadamente y con quienes compartí gratos momentos es por ello sé que siempre podré contar con una mano amiga.

Manuel Fabian Armijos Armijos

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
3.1 Objetivo General.....	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4. Marco Teórico	6
4.1 Generalidades del Cultivo de Quinua	6
4.1.1 Origen	6
4.1.2 Importancia (económica, social, ambiental)	6
4.1.3 Clasificación Taxonómica.....	7
4.1.4 Morfología	7
4.1.5 Fenología.....	8
4.1.6 Características de la Variedad Tunkahuan.....	10
4.2 Requerimientos del Cultivo de Quinua.....	10
4.2.1 Requerimientos Edafoclimáticos	10
4.2.2 Requerimientos Nutricionales.....	11
4.3 Métodos de Siembra	11

4.3.1	Trasplante.....	11
4.3.2	Siembra Directa	11
4.4	Densidad de Siembra	12
4.5	Rendimiento.....	13
4.6	Antecedentes.....	13
5.	Metodología.....	14
5.1	Área de Estudio.....	14
5.2	Tipo de Investigación	15
5.3	Diseño Experimental	15
5.3.1	Modelo Matemático	16
5.3.2	Esquema de Campo.....	16
5.4	Metodología General	18
5.5	Metodología para el Primer Objetivo Específico	19
5.6	Metodología para el Segundo Objetivo Específico	21
5.7	Análisis Estadístico.....	23
6.	Resultados	23
6.1	Fenología del Cultivo de Quinoa	23
6.2	Altura de Planta	24
6.3	Diámetro del Tallo.....	26
6.4	Contenido de Clorofila (Índice SPAD).....	28
6.5	Índice de Área Foliar (IAF)	29
6.6	Biomasa	30
6.7	Peso de la panoja	30
6.8	Peso de 1000 granos	31
6.9	Número de granos por planta.....	32
6.10	Número de granos m ⁻²	32
6.11	Rendimiento.....	33
6.12	Biomasa al final del ciclo del cultivo	34

6.13 Índice de cosecha	34
6.14 Análisis de correlación	35
7. Discusión.....	37
8. Conclusiones.....	43
9. Recomendaciones.....	43
10. Bibliografía.....	44
11. Anexos.....	53

Índice de Tablas

Tabla 1.	Clasificación taxonómica de la quinua.	7
Tabla 2.	Delineamiento del diseño experimental del estudio sobre densidades y métodos de siembra en el cultivo de quinua en el sector la argelia, loja.	15
Tabla 3.	Unidades experimentales, repeticiones y factores con sus niveles del estudio sobre densidades y métodos de siembra en el cultivo de quinua en el sector la argelia, loja.	16
Tabla 4.	Etapas de crecimiento fenológico de la quinua basadas en la escala bbch obtenidas de la escala estandarizada de fenología para quinua (sosa et al., 2017).	19
Tabla 5.	Altura de plantas de quinua (cm) evaluada a partir del día 30 después de la siembra hasta el día 120, en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.	25
Tabla 6.	Diámetro del tallo de plantas de quinua (cm) evaluado a partir del día 30 después de la siembra hasta el día 120, en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.	27
Tabla 7.	Índice spad de las plantas quinua para el factor densidad de siembra evaluadas en tres momentos.	29
Tabla 8.	Índice de área foliar (iaf) de las plantas quinua para el factor densidad de siembra evaluadas en tres momentos (desarrollo vegetativo, antesis y llenado de grano) en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.	29
Tabla 9.	Biomasa de las plantas quinua en gramos para el factor densidad de siembra evaluadas en tres momentos (desarrollo vegetativo, antesis y llenado de grano) en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.	30
Tabla 10.	Correlación de variables medidas en el experimento.	35

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del experimento.	14
Figura 2. Esquema de campo del diseño experimental sobre el efecto de los métodos y densidades de siembra en el cultivo de quinua en el sector La Argelia, Loja.....	17
Figura 3. Fenología del cultivo de quinua en la aplicación de tratamientos sobre métodos de siembra y densidades de siembra en La Argelia, Loja.	24
Figura 4. Altura de plantas (cm) para el factor método de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.....	26
Figura 5. Diámetro de plantas (cm) para el factor método de siembra (A) y la densidad de siembra (B) analizados independientemente en el cultivo de quinua.	28
Figura 6. Peso de la panoja (g) para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.....	31
Figura 7. Peso de mil granos (g) en el cultivo de quinua al aplicar diferentes métodos y densidades de siembra.	31
Figura 8. Número de granos por planta para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.....	32
Figura 9. Número de granos/m ² para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.....	33
Figura 10. Rendimiento t ha ⁻¹ para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.....	33
Figura 11. Biomasa (g) para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.....	34
Figura 12. Índice de cosecha para el cultivo de quinua evaluados en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.....	35

Índice de anexos

Anexo 1. Limpieza y manejo del cultivo de quinua.....	53
Anexo 2. Observación de las distintas fases fenológicas.....	53
Anexo 3. Medición del contenido de clorofila con el equipo Spad Mimolta 502.....	54
Anexo 4. Plantas de quinua en bolsas de papel para ser trasladadas al laboratorio.	54
Anexo 5. Medición del área foliar con escáner.....	55
Anexo 6. Secado de plantas en estufa.....	55
Anexo 7. Peso de la panoja.....	56
Anexo 8. Peso de mil granos.....	56
Anexo 9. Certificación de traducción del abstract	57

1. Título

Efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en La Argelia, Loja.

2. Resumen

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo de suma importancia a nivel mundial por su alto valor nutricional, En Ecuador se cultiva en la región sierra principalmente en las provincias de Carchi, Cotopaxi y Pichincha donde se ha registrado rendimientos de 1,38 t ha⁻¹, sin embargo, la provincia de Loja no se encuentra como productora de quinua. Dentro de los manejos culturales el método como la densidad de siembra son factores influyentes en la producción y que al utilizarlos adecuadamente pueden incrementar el rendimiento. Con estos antecedentes el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua. El experimento se llevó a cabo en “La Estación Experimental La Argelia” en la Universidad Nacional de Loja, el mismo que estuvo establecido en parcelas con un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los métodos de siembra estudiados fueron golpe como siembra directa y trasplante y las densidades fueron 80 000, 100 000, 150 000 y 200 000 plantas ha⁻¹. Durante el ciclo de cultivo se evaluaron las variables: fenología del cultivo, altura, diámetro, contenido de clorofila, índice de área foliar (IAF), biomasa; las variables peso de la panoja, peso de 1000 granos, número de granos planta⁻¹, número de granos m⁻², rendimiento, biomasa e índice de cosecha cuando el cultivo llegó a madurez fisiológica. Se obtuvieron los siguientes resultados: la fenología con el método de trasplante se retardo con 3 días, los mejores resultados para las variables cuantitativas en el crecimiento fueron: altura (224,51 cm) en el método por golpe, diámetro (1,97 cm), contenido de clorofila (Índice SPAD) (35,92) en la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹, IAF (1,18), biomasa (1624,52 g m⁻²) en la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹; y peso de la panoja (120,23 g), número de granos planta⁻¹ (21185) en la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹, número de granos m⁻² (235 415), rendimiento (6,37 t ha⁻¹) y biomasa al final del ciclo de cultivo (2 414,44 g m⁻²) en la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹; para el peso de mil granos y el índice de cosecha no presentaron diferencias significativas en las variables de rendimiento. Finalmente, los resultados obtenidos muestran que el rendimiento supero la media nacional ya que se alcanzó una producción de 6,37 t ha⁻¹, con una correlación positiva muy fuerte con el número de granos m⁻² $r = 0,99$ ($<0,001$).

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, densidad, método, crecimiento, rendimiento.

2.1 Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a crop of great importance worldwide for its high nutritional value. In Ecuador it is grown in the highlands, mainly in the provinces of Carchi, Cotopaxi and Pichincha, where yields of 1.38 t ha⁻¹ have been recorded; however, Loja province is not a producer of quinoa. Within the cultural management, the method such as planting density are influential factors in production and that when used properly can increase yields. With this background, the objective of the present work was to evaluate the effect of direct seeding and transplanting with different planting densities on the growth and yield of quinoa. The experiment was carried out in "La Argelia Experimental Station" at the National University of Loja, which was established in plots with a completely randomized design (CRD) with a bifactorial arrangement with eight treatments and three replications. The planting methods studied were direct sowing and transplanting and the densities were 80,000, 100,000, 150,000 and 200,000 plants ha⁻¹. During the crop cycle, the following variables were evaluated: crop phenology, height, diameter, chlorophyll content, leaf area index (LAI), biomass; the variables panicle weight, 1000 grain weight, number of grains plant⁻¹, number of grains m⁻², yield, biomass and harvest index when the crop reached physiological maturity. The following results were obtained: phenology with the transplanting method was delayed with 3 days, the best results for quantitative variables in growth were: height (224.51 cm) in the method by blow, diameter (1.97 cm), chlorophyll content (SPAD Index) (35.92) at the density of 80 000 plants ha⁻¹, IAF (1.18), biomass (1624.52 g m⁻²) at the density of 200 000 plants ha⁻¹; and panicle weight (120.23 g), number of grains plant⁻¹ (21185) at the density of 80 000 plants ha⁻¹, number of grains m⁻² (235 415), yield (6.37 t ha⁻¹) and biomass at the end of the crop cycle (2 414.44 g m⁻²) at the density of 200 000 plants ha⁻¹; for the thousand-grain weight and harvest index, there were no significant differences in the yield variables. Finally, the results obtained show that the yield exceeded the national average, reaching a production of 6.37 t ha⁻¹, with a very strong positive correlation with the number of grains m⁻² $r = 0.99$ (<0.001).

Keywords: *Chenopodium quinoa*, density, method, growth, yield.

3. Introducción

El cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es de suma importancia a nivel mundial ya que es considerado un producto estratégico para combatir el hambre y la desnutrición a nivel global, por este motivo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) declaró al 2013 como el “Año Internacional de la Quinoa”, por lo que se quiere adaptar este cultivo a diferentes zonas del mundo. Actualmente la mayor superficie cultivada se encuentra en los países de Bolivia, Perú, Ecuador, Chile y el norte de Argentina (FAO, 2013).

En Ecuador el 40 % de las 4 500 toneladas de quinua que se producen en el país provienen de los agricultores familiares campesinos, principalmente de las provincias de Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, siendo esta última provincia la que más superficie cultivada posee, existiendo 2 089 productores que siembran la quinua en 2 957 hectáreas (MAG, 2020).

Los rendimientos de quinua son bajos en Ecuador, debido a que en condiciones idóneas se consigue un potencial máximo de 11 toneladas por hectárea, mientras que en 2016 se registró el mayor rendimiento de 1,36 toneladas en la provincia de Pichincha, lo que se considera como un bajo rendimiento por hectárea dentro del país, lo cual afecta a la mayoría de productores a nivel económico (Monteros, 2016).

Además, la producción de quinua se realiza de manera ancestral generalmente al voleo y poco tecnificada lo que disminuye el rendimiento, y los costos para la producción son altos en comparación con Perú y Bolivia que están alrededor de \$ 600 por hectárea y en Ecuador superan los \$ 800 por hectárea (Velásquez, 2019). La provincia de Loja a pesar de tener climas apropiados para el cultivo, según Arias et al. (2021) no se encuentra como productora de este pseudocereal. Esto se atribuye a la falta de conocimiento sobre los factores edafoclimáticos como son las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo, temperatura, radiación solar y precipitaciones, ya que de ello depende directamente el desarrollo y los procesos intrínsecos de la planta, y cómo la asimilación de fotoasimilados se refleja en el rendimiento del grano (Aracena, 2015). Por otra parte, las técnicas del cultivo destacándose principalmente el método y densidad de siembra tienen un efecto directo sobre la morfología, anatomía foliar y rendimiento en granos (González et al., 2018).

A nivel del país y específicamente en la provincia de Loja no existen estudios que determinen el método y densidad de siembra apropiados para obtener rendimientos superiores, en parte esto se debe a que según el ESPAC (2021) la provincia de Loja no se encuentra como productora de quinua, es por ello que no se conocen las técnicas de cultivo como métodos y densidades de siembra para este cultivo a diferencia de países como Perú, Bolivia o Colombia donde sí realizan investigaciones sobre la densidad y método de siembra como factores influyentes en el rendimiento del cultivo (Montes et al., 2019).

Este proyecto se relaciona con la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja denominada “sistemas agropecuarios sostenibles para la soberanía alimentaria”, dentro de la cual está inmersa la sublínea de investigación de la Carrera de Agronomía llamada “*tecnologías para la producción y posproducción agrícola sostenible*”; dentro de esta sublínea se encuentra el proyecto denominado “Bases fisiológicas del uso de la radiación solar y el nitrógeno en genotipos de quinua ecuatoriana” al que se vincula la presente investigación.

Los resultados del presente proyecto contribuirán a mejorar el conocimiento sobre los métodos de siembra adecuados para incrementar rendimiento del cultivo de quinua, también permitirá un aporte significativo a la población de productores para que puedan tener la información necesaria al momento de implementar y tecnificar su cultivo (García et al., 2017).

3.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en el sector La Argelia, Loja.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en el sector La Argelia, Loja.
- Analizar la influencia en el rendimiento de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan en el sector La Argelia, Loja.

4. Marco Teórico

4.1 Generalidades del Cultivo de Quinua

4.1.1 Origen

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es una de las especies domesticadas y cultivadas en el Perú desde épocas prehispánicas (más de cinco mil años). La cuenca del Lago Titicaca es la zona considerada como el principal centro de origen de la quinua y el centro de conservación de la mayor diversidad biológica de esta especie, en la cual existen sistemas ingeniosos de cultivo y una cultura alimentaria que incorpora el grano a la digestión diaria (MIDAGRI, 2015).

4.1.2 Importancia (económica, social, ambiental)

Importancia Económica. Actualmente, este cultivo ha retomado importancia sobre todo en los países industrializados en donde aprecian sus altos valores nutritivos (Monteros, 2016). En Ecuador es de gran interés establecer la rentabilidad económica del negocio con la finalidad de dar una alternativa de inversión para este cultivo que se pueda vender a buenos precios en el mercado (INIAP, 2014). Para el año 2016 a nivel nacional el 48 % de los productores de quinua declararon que su principal ingreso mensual depende mayoritariamente de la producción del cultivo (Monteros, 2016).

Importancia Social. La quinua puede encontrarse de forma nativa en todos los países de la región andina, con casi toda la producción en manos de pequeños agricultores y asociaciones (Arichávala & Idrovo, 2020). El cultivo de quinua se está extendiendo y ahora se produce en más de 70 países, entre ellos Francia, Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Holanda e Italia (FAO, 2013). También se está desarrollando con éxito en Kenia, India y Estados Unidos (FAO, 2013). Ante el reto de incrementar la producción de alimentos altamente nutritivos y de calidad para alimentar a la población mundial, la quinua es una alternativa para aquellos países que sufren de inseguridad alimentaria (FAO, 2013).

Importancia Ambiental y Cultural. El cultivo de quinua por adaptarse a diferentes ambientes es posible que se produzca en diferentes zonas climáticas y en diferentes épocas del año, además es un cultivo resistente al ataque de plagas sobre todo en lugares fríos, por lo que no es necesario la aplicación de grandes paquetes químicos para su producción (Cadena, 2021). Además, este pseudocereal fue considerado ancestralmente como una planta medicinal por la mayor parte de los pueblos

tradicionales andinos, y junto a la papa y el maíz, fueron sus principales alimentos (Cadena, 2021).

4.1.3 Clasificación Taxonómica

Como se indica en la Tabla 1, la clasificación taxonómica de la quinua según Quisoboni (2019) es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la quinua.

Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioideae
Tribu:	Chenopodieae
Género:	Chenopodium
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
Nombres comunes:	quinua, quinoa

Fuente: (Quisoboni, 2019)

4.1.4 Morfología

Raíz. La raíz de quinua es del tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de las raíces es variable, de 0,8 a 1,5 m (Gómez & Aguilar, 2016).

Tallo. En la unión con el cuello de raíz es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados. Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, cuando los tallos maduran la médula es esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío. El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. A la madurez el color del tallo, en general, se torna de un color crema o rosado con diferentes intensidades. De acuerdo al hábito de ramificación el tallo puede ser de hábito sencillo, con un solo tallo y una inflorescencia terminal definida, o de hábito ramificado con dos variantes: a) las ramas laterales tienen casi la misma longitud que el tallo principal y todas terminan en panojas, y b) el tallo principal tiene mayor longitud que

los tallos secundarios dando a la planta una forma cónica con la base bastante amplia (Gómez & Aguilar, 2016).

Hojas. Las hojas tienen dos partes diferenciadas: el pecíolo y la lámina. El pecíolo de las hojas es largo y acanalado, su longitud depende de su origen; son más largos los pecíolos que se originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. El color del pecíolo puede ser verde, rosado, rojo y púrpura. La lámina de la hoja tiene tres venas principales que se originan del pecíolo. Las láminas son más grandes en el follaje y más pequeñas en la inflorescencia. Las láminas de la planta o el follaje pueden ser triangulares o romboidales y las de la inflorescencia pueden ser triangulares o lanceoladas. Las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados (Veas & Cortés, 2018).

Inflorescencia. Es una panoja con una longitud variable de 15 a 70 cm. Generalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciario. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulatas e intermedias (Gómez & Aguilar, 2016).

Semilla. Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perispermo. El epispermo es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio. El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula; constituye aproximadamente el 30 % del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320 grados. La radícula muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento; reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60 % de la semilla (Veas & Cortés, 2018).

4.1.5 Fenología

Sosa et al. (2017) describen los estados fenológicos del cultivo de quinua mediante la escala estandarizada de fenología basada en el sistema de codificación BBCH de la siguiente manera:

Fase de crecimiento principal 0: Germinación. Describe la germinación de las semillas comenzando con las semillas secas (00) hasta que los cotiledones emergen del suelo. Incluye etapas secundarias como el inicio de la imbibición de semillas (01), la imbibición de la semilla completa (03) y la emisión de la radícula (05). A continuación,

la planta pasa a la 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. El comienzo de esta etapa está dado por la subetapa de expansión de los dos cotiledones (10), seguido por la subetapa de aparición del primer par de hojas (11), las cuales se consideran como hojas una vez expandidas o en proceso de expansión.

Fase fenológica principal 2: Formación de ramas laterales (Tallo secundarios). En la quinua, la aparición de ramas laterales puede comenzar antes o después de la aparición de la inflorescencia, según el genotipo. Un brote lateral se considera visible cuando indica 1 cm o más de longitud. El primer brote lateral se codifica como etapa 21, seguido por el segundo brote lateral codificado como etapa 22 y en adelante.

Fase fenológica principal 3: Elongación del tallo, tallo principal (Omitida). Esta fase es omitida debido a que la elongación del tallo en la quinua continúa hasta después de anthesis, siendo un parámetro que no indica información relevante sobre el desarrollo fenológico de la planta.

Fase fenológica principal 4: Desarrollo de órganos de consumo (Omitida). Se omite ya que la escala está diseñada para el cultivo de quínoa donde el producto cosechado sean los frutos.

Fase fenológica principal 5: Emergencia de la inflorescencia. Comienza con la subetapa de inflorescencias envueltas en hojas (subetapa 50). El final de esta fase está dado por la subetapa de inflorescencia con flores cerradas, pero con las hojas que la rodean expandidas (subetapa 59) permitiendo su visualización con facilidad.

Fase fenológica principal 6: Floración. Esta fase empieza con la subetapa de comienzo de floración, en la cual se da la aparición de las primeras anteras (60) en las flores de la inflorescencia del tallo principal y termina con la subetapa de término de floración, en la cual se comienzan a observar anteras senescentes en las flores de la inflorescencia principal.

Fase fenológica principal 7: Desarrollo del fruto, tallo principal. Esta fase empieza con el asentamiento de los granos, caracterizado por un abultamiento del ovario y la aparición de los primeros granos visibles (etapa 70).

Fase fenológica principal 8: Madurez del fruto. La madurez del fruto fue medida con el criterio de la dificultad de romper el grano con la presión de una uña y la densidad del contenido de este. Por ello se clasifica como grano lechoso (81), grano pastoso (85) y grano maduro (89). Los granos lechosos se caracterizan por ser fáciles de romper, poseer un contenido líquido y ser de color verde. Los granos pastosos son fáciles de romper, tienen un contenido similar a una pasta blanca y densa, y su color puede variar de verde a beige. Finalmente, los granos maduros son muy difíciles o imposibles de romper con la uña, su contenido es seco y son de color beige. Cuando el grano se encuentra en esta fase está listo para ser cosechado.

Fase fenológica principal 9: Senescencia. Esta fase comienza con la subetapa de senescencia de las hojas basales (91), continúa con la subetapa de senescencia de las hojas de la primera mitad del tallo (93) y culmina con la subetapa de producto cosechado (99) Las subetapas de esta fase ocurren en forma simultánea con la fase 8.

4.1.6 Características de la Variedad Tunkahuan

Es una variedad que se adapta a zonas templadas y frías de la Sierra, entre 2 200 y 3 200 m.s.n.m., produce un grano de color blanco con bajo contenido de saponina, de forma redonda y aplanada, con aproximadamente un 16 % de proteína; su ciclo vegetativo es de alrededor de 180 días, y tiene un rendimiento promedio de 2 200 kg ha⁻¹. Para obtener buenos rendimientos se recomienda realizar un análisis de suelo para aplicar un programa de fertilización adecuado (INIAP, 2014).

4.2 Requerimientos del Cultivo de Quinua

4.2.1 Requerimientos Edafoclimáticos

La quinua requiere una precipitación de 500 mm a 800 mm durante el ciclo de cultivo, temperatura 7 a 17 °C, generalmente su producción alcanza mayores rendimientos a alturas de 2 400 a 3 600 m.s.n.m. (FAO, 2013). Los suelos propicios para la producción de quinua son los franco limoso o franco arenoso; en caso de presentarse suelos franco arcillosos como los del sector La Argelia se debe añadir materia orgánica de preferencia compost, ya que la partícula fina de arcilla se une a la partícula del humus que hace el compuesto arcilloso-húmico que aporta porosidad (Guerrero et al., 2015), también la quinua requiere suelos con buen drenaje y un pH de 5,5 a 8,0; las zonas de producción en el Ecuador son las provincias de la sierra (INIAP, 2014).

4.2.2 *Requerimientos Nutricionales*

Para un buen crecimiento la quinua necesita muchos nutrientes, sobre todo macroelementos como el oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. También necesita pequeñas cantidades de microelementos como hierro, boro, zinc, cobre, sodio, molibdeno, cloro, cobalto y sílice. El oxígeno, carbono e hidrógeno provienen del aire, los restantes 16 elementos deben ser manejados por aplicaciones al suelo directamente o a la planta, dependiendo del tipo y fertilidad del suelo y el uso del fertilizante para el cultivo destacando el nitrógeno como el fertilizante que más requiere el cultivo de quinua (Gómez & Aguilar, 2016).

4.3 Métodos de Siembra

4.3.1 *Trasplante*

Se recomienda en lugares donde se dispone de agua de riego. Se prepara el almácigo en un lugar apropiado (camas almacigueras o bandejas), siguiendo los pasos recomendados para hortalizas de semillas pequeñas (Rodas & Flores, 2018). Una vez que las plántulas alcanzan a formar cuatro a seis hojas verdaderas se inicia con el trasplante (Rodas & Flores, 2018). Se recomienda sumergir las plántulas en una solución de agua con Hipoclorito de sodio (NaClO) al 1% para protegerlas de hongos del suelo. Se colocan las plántulas en el campo definitivo separadas 10 cm entre ellas (García & Plazas, 2018), el suelo debe estar húmedo mientras las plántulas se establecen. Las plántulas trasplantadas requieren una mayor atención hasta su establecimiento, el cual es muy rápido. La cantidad de semilla usada es de 1 kg ha⁻¹ para realizar el semillero. La ventaja de este método es el menor problema con malezas y la eliminación de la labor de deshije o entresaque (Gómez & Aguilar, 2016).

4.3.2 *Siembra Directa*

Siembra a golpe. Se denomina así porque se van dando golpes de azada cada cierta distancia, y en cada uno de esos “golpes” u hoyos se depositan las semillas, que puede ser una sola o varias. Estrictamente no es necesario usar una azada, sino que puede hacerse con la herramienta más adecuada para el agricultor pudiendo ser un plantador o incluso las propias manos. Este tipo de siembra ayuda a un mejor control de la densidad de plantas, además que facilita las labores culturales como el deshierbe y el aporque (Veas & Cortés, 2018).

Chorrillo. Es la más generalizada; se realiza la siembra después del paso de una rastra con tracción animal o de un tractor agrícola para abrir hileras (surcos) a una distancia de 30 a 50 cm. La siembra consiste en derramar la semilla al voleo y a chorro continuo en las hileras, para luego fragmentar los terrones y efectuar un ligero tapado. Se utiliza de 10 a 12 kg ha⁻¹ de semilla (SENASA, 2014).

Voleo. Es la forma más común en la sierra ecuatoriana; se realiza cuando no se dispone de herramientas para realizar hileras o surcos, el suelo cuenta con suficiente humedad y no tiene problemas de inundación. Se utiliza de 12 a 15 kg ha⁻¹ de semilla (SENASA, 2014).

4.4 Densidad de Siembra

La densidad de siembra va a depender de aspectos como tamaño de la semilla y sistemas de siembra. La densidad será mayor en siembras al voleo, y variedades de tamaño grande. La densidad será baja con semillas pequeñas en surcos. Se tiene que tener muy en cuenta el manejo adecuado de densidades pues en altas densidades habrá muchas plantas por área ocurriendo mayor competencia entre ellas por nutrientes causando plantas débiles y raquílicas susceptibles al ataque de plagas y enfermedades como el *mildiu*, y densidades muy bajas facilitarían el establecimiento rápido de las malezas. Para obtener una densidad apropiada generalmente con el método de siembra a chorrillo se recomienda usar entre 10 a 12 kg ha⁻¹ (Calla, 2018).

La cantidad de plantas necesarias por hectárea debería estar entre las 180 000 a 200 000 (Veas & Cortés, 2018). La profundidad de siembra no debe pasar los 4 cm, puesto que el tamaño de la semilla no permite mayor profundidad de enterrado (Veas & Cortés, 2018). La emergencia tiene lugar alrededor de los 8 a 12 días, si la humedad y las temperaturas son las adecuadas (Veas & Cortés, 2018).

SENASA (2014) menciona que la densidad de plantas más adecuada que debe llegar a la cosecha es de 12 a 20 plantas de quinua por metro lineal, es decir 150 000 plantas como mínimo por hectárea y 250 000 plantas como máximo. Estas densidades de plantas por hectárea permiten un manejo adecuado de las unidades productivas: cuando se incrementa la densidad, es muy complicado el manejo, por ello SENASA (2014) menciona que en producciones convencionales se puede manejar mayor densidad de plantas por hectárea.

4.5 Rendimiento

El rendimiento de la quinua depende de varios factores que influyen en sus componentes, como el número de panojas y el número de granos por panoja principalmente. Uno de los factores que afecta el rendimiento es el estrés hídrico ocurrido en las etapas de prefloración, floración y grano lechoso, las cuales se consideran como las más sensibles a estrés hídrico en quinua (Garrido et al., 2013). Por otro lado, Erazzú et al. (2016) manifiestan que el rendimiento es afectado por las diferentes densidades de siembra ya que estas tienen una fuerte incidencia tanto a nivel morfológico interno como externo, por ende, también en el rendimiento de granos, debido a situaciones de competencia intraespecífica entre las plantas de quinua, destacándose la competencia por nutrientes del suelo, agua y radiación solar.

Principalmente la influencia en el rendimiento se relaciona con la densidad de siembra debido a la acumulación de materia seca en hoja y panícula en las fases fenológicas finales, relacionada con el área foliar, lo que significa que más hojas translocan fotoasimilados a mayor número de granos, lo cual se refleja en panojas más grandes, es por ello que una menor densidad presenta mayores rendimientos ya que no existe el auto sombreado entre plantas, por lo que la radiación solar es mejor captada por las hojas, optimizando el proceso de fotosíntesis, lo que mejora el rendimiento del cultivo en campo, llegando la quinua a presentar panojas más grandes, homogéneas y con mayor cantidad de granos (Cruz, Chaparro, Díaz, & Romero Guerrero, 2021).

4.6 Antecedentes

Aracena (2015), en su estudio donde comparó tres técnicas de siembra: trasplante, chorrillo (con máquina) y por golpe (cada 10 cm y 20 cm entre plantas), distanciados entre surcos a 70 centímetros, encontró que el cultivo de quinua presenta mejores rendimientos con el método de chorrillo ya que presenta una maduración pareja, también llegó a maduración fisiológica más rápido que la quinua sembrada por golpe, mientras que el trasplante comparado con la siembra a chorrillo si bien presenta plantas y panojas más grandes y ramificadas su diferencia no es significativa en la producción debido a que el costo de producción es mayor. Por otra parte, Ludvigson et al. (2019) obtuvieron que la quinua trasplantada alcanza etapas de desarrollo más tardías antes que la quinua sembrada, experimenta mayores niveles de ramificación y alojamiento de arvenses, los resultados también indican una fuerte correlación positiva entre el rendimiento y el método de siembra.

En el estudio realizado en el trópico alto de Colombia sobre el efecto de la densidad de siembra sobre el desempeño agronómico de quinua (Cruz, Chaparro, Díaz, & Romero Guerrero, 2021), se encontró que bajas densidades de siembra presentaron el mejor peso seco de la panícula en el ciclo de producción final, mejores rendimientos y el mejor peso del grano, además se concluyó que la densidad de siembra afecta los diferentes componentes del rendimiento y la suma de ellos permite que la planta obtenga la mejor respuesta en el ciclo de producción.

5. Metodología

5.1 Área de Estudio

Esta investigación se desarrolló en la Estación Experimental “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, parroquia Punzara, cantón y provincia de Loja como se indica en la Figura 1, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 4°02'19,2"S 79°12'00,6"W, a 2 150 m.s.n.m, presenta una temperatura promedio de 18°C y una precipitación media anual de 1 058 mm, el suelo es de naturaleza franco limoso.

Según Holdridge (1978), ecológicamente la Estación Experimental La Argelia, corresponde a una zona de vida denominada como Bosque Seco Montano Bajo (bs-Mb).

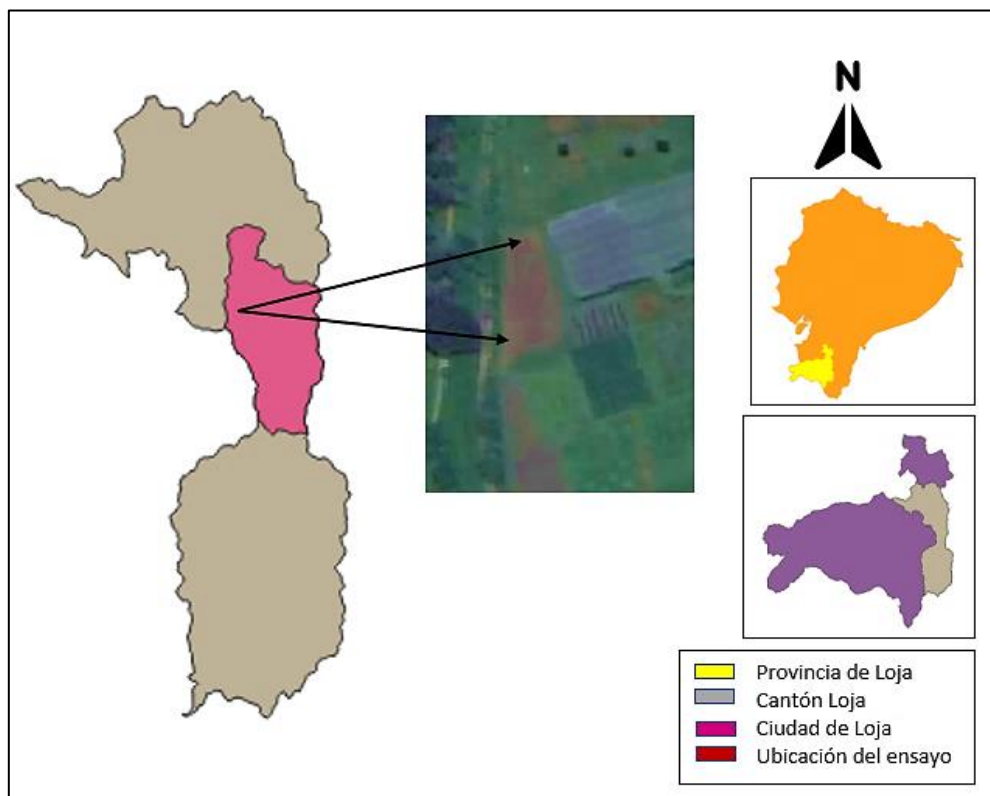


Figura 1. Mapa de ubicación del experimento.

5.2 Tipo de Investigación

Se realizó una investigación de tipo explicativa-causal ya que se tuvo un diseño experimental con diferentes tratamientos, donde se evaluó mediante datos numéricos utilizando la estadística, comparando y realizando un posterior análisis de los resultados obtenidos, para esta finalidad, se hizo un apropiado manejo de las variables y condiciones de trabajo tanto en campo como en laboratorio para obtención de buenos resultados.

5.3 Diseño Experimental

Para el logro de los objetivos de esta investigación se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo bifactorial, después de haberse determinado que el espacio del estudio presentara las condiciones homogéneas de clima y suelo. Los factores que se consideraron para el diseño experimental fueron: método de siembra (2 niveles) y densidades de siembra (4 niveles), cuya combinación dio un total de 8 tratamientos que, con sus respectivas 3 repeticiones, abarcaron un total de 24 unidades experimentales (UE) como se indica en la Tabla 2, cada UE tuvo una superficie de 4 m² (2 m x 2 m), con caminos de 1 m entre UE, dando un área total de 184 m². Para este estudio se utilizó la variedad Tunkahuan que es la que predomina en el país y existe disponibilidad de germoplasma.

Tabla 2. Delineamiento del diseño experimental del estudio sobre densidades y métodos de siembra en el cultivo de quinua en el sector La Argelia, Loja.

DISEÑO	CANTIDAD
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones por tratamiento	3
Número total de unidades experimentales	24
Unidad experimental	Parcela
Tamaño parcela	2 m de ancho y 2 m de largo
Distancia entre parcelas	1 m

En la Tabla 3 se detallan las unidades experimentales, repeticiones y factores con sus respectivos niveles.

Tabla 3. Unidades experimentales, repeticiones y factores con sus niveles del estudio sobre densidades y métodos de siembra en el cultivo de quinua en el sector La Argelia, Loja.

Unidad experimental	Repeticiones	Factor 1: Método de siembra (2 niveles)	Factor 2: densidades de siembra (4 niveles)
3	3	Siembra a golpe	80 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Siembra a golpe	100 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Siembra a golpe	150 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Siembra a golpe	200 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Trasplante	80 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Trasplante	100 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Trasplante	150 000 plantas ha ⁻¹
3	3	Trasplante	200 000 plantas ha ⁻¹

5.3.1 Modelo Matemático

El modelo matemático empleado en este diseño fue:

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

Donde:

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

5.3.2 Esquema de Campo

El esquema de campo, como se observa en la Figura 2, estuvo conformado por todos los componentes del diseño experimental, con sus tratamientos y repeticiones.

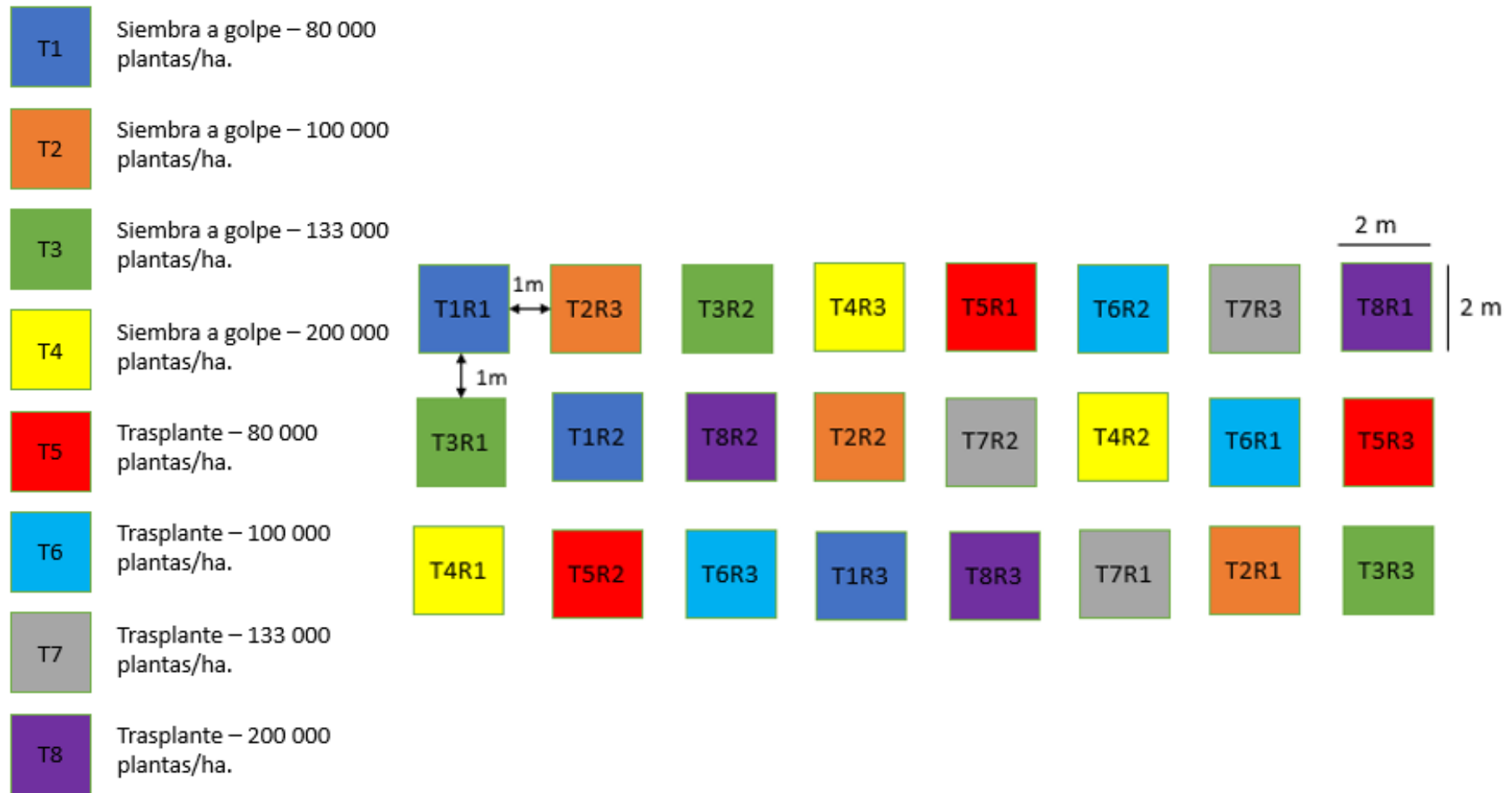


Figura 2. Esquema de campo del diseño experimental sobre el efecto de los métodos y densidades de siembra en el cultivo de quinua en el sector La Argelia, Loja.

5.4 Metodología General

Previo a la siembra se realizó la evaluación de las propiedades básicas del suelo como la determinación de la clase textural, densidad aparente, pH, capacidad de intercambio catiónico y un análisis de suelo para determinar los nutrientes presentes en el mismo, para ello se recogieron 4 muestras de suelo en zigzag a una profundidad de aproximadamente 20 cm, luego se mezclaron estas muestras para obtener 1 kg de suelo y posterior a ello se llevó al laboratorio de suelos de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja y con el resultado del análisis de suelo se procedió a la corrección de macro y micronutrientes. Principalmente se corrigió el nitrógeno (N) y el potasio (K), ya que estos fueron los más deficientes en el suelo donde se realizó el ensayo, cabe mencionar que la quinua necesita muchos nutrientes, sobre todo macroelementos como el oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre (Gómez & Aguilar, 2016).

Posteriormente se preparó el terreno con el paso del arado de discos y la rastra para la delimitación de las unidades experimentales, las cuales tuvieron una dimensión de 2 m de largo por 2 m de ancho. Para ello se usaron herramientas como pala, azada, cinta métrica y estacas de madera, y posteriormente se implementaron los métodos de siembra que fueron por golpe como siembra directa. Seguidamente se realizaron los semilleros para la siembra por trasplante, y cuando las plántulas presentaron 6 hojas verdaderas se procedió al trasplante en el campo definitivo, siendo este el otro método de siembra usado. Las densidades de siembra usadas fueron de 80 000, 100 000, 150 000 y 200 000 plantas por hectárea, para lograr estas densidades se usaron distintos marcos de plantación, para todas las parcelas la distancia entre surco fue de 0,5 m con distancias entre plantas de 25, 20, 15 y 10 cm obteniéndose las densidades antes mencionadas respectivamente.

Durante el ciclo del cultivo se llevó un control de las principales plagas, enfermedades y arvenses mediante prácticas culturales, dentro de las cuales se realizó el deshierbe y aporque en las fases vegetativas iniciales (Anexo 1). Para el deshierbe se procedió a retirar las especies arvenses con la ayuda de una lampa de forma manual cada vez que se observaba su presencia, mientras que el aporque se realizó una sola vez cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 1 m. El control de plagas como es la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) y otras se realizó con el insecticida de

nombre comercial "kañón", cuyo principio activo es un piretroide (*Alfacypermetrina*), también se detectó una enfermedad identificada como el mildiu de la quinua (*Peronospora variabilis*) a la cual se logró controlar aplicando el fungicida de nombre comercial "Score" el cual tiene como principio activo el Dicofenazol, esto se aplicó con una bomba de mochila con capacidad de 20 L, con dosis de 25 ml de insecticida y 10 ml de fungicida. Adicionalmente se dio fertilización cada 30 días y riego cada 15 días en la fase vegetativa, asegurando así las condiciones potenciales para el cultivo.

5.5 Metodología para el Primer Objetivo Específico

*“Determinar el efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipo Tunkahuan, en el sector La Argelia, Loja”.*

- **Seguimiento de la fenología**

Una vez establecido el cultivo en el campo se procedió a realizar observaciones semanales para llevar un registro del cambio en las fases fenológicas (Anexo 2), según la escala BBCH como se indica en la Tabla 4 (Sosa et al., 2017), se consideró un cambio del 50 % de plantas que pasaron de un estado a otro al momento de registrar los datos.

Tabla 4. Etapas de crecimiento fenológico de la quinua basadas en la escala BBCH obtenidas de la escala estandarizada de fenología para quinua (Sosa et al., 2017).

Código	Descripción
0	Germinación
1	Desarrollo de hojas
2	Emergencia de la inflorescencia
3	Antesis
4	Desarrollo del fruto
5	Grano lechoso
6	Grano pastoso
7	Grano seco
8	Madurez fisiológica
9	Senescencia

- **Altura de la planta**

Para tomar datos de esta variable se etiquetaron 2 plantas al azar en cada unidad experimental, cabe recalcar que estas plantas se seleccionaron en la parte central de la parcela sin considerar los bordes de las unidades experimentales, las medidas se tomaron con un flexómetro rígido desde la base del tallo hasta el ápice de la inflorescencia del tallo principal (García et al., 2017). Se midieron las plantas cada 15 días y los datos fueron registrados en centímetros (cm).

- **Diámetro del tallo basal**

El diámetro del tallo fue medido en las 2 plantas anteriormente etiquetadas con la ayuda de un calibrador “pie de rey”, la medición se realizó a 5 cm por encima del nivel del suelo con una frecuencia de 15 días una vez que las plantas presentaron 6 hojas verdaderas (Jiménez-Esparza et al., 2018a). Los datos se registraron en centímetros (cm).

- **Contenido de clorofila (valor SPAD)**

Las lecturas de clorofila se determinaron por medio del equipo Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja de 650 a 940 nm (Ribeiro et al., 2015). Las medidas se tomaron en 2 plantas seleccionadas al azar por parcela, diferentes a las de las variables anteriores, y en cada planta se midió 5 hojas en tres momentos: estado vegetativo, antesis y madurez fisiológica (Anexo 3).

- **Índice de área foliar (IAF)**

La evaluación de esta variable se realizó en las 2 plantas seleccionadas en las que se midió el contenido de clorofila en los tres momentos, para ello se llevaron las plantas arrancándose desde la base del tallo en fundas de papel al laboratorio de análisis químico de la Universidad Nacional de Loja (Anexo 4), donde se usó un escáner para medir el área foliar (Anexo 5), ya que el índice de área foliar indica la relación entre el área foliar y el área de suelo cubierta por la planta, el mismo que se determinó por el marco de plantación usado para cada densidad (Segales & Rodríguez, 2013). Es por ello que se calculó el Índice de Área Foliar (IAF) mediante la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{\text{Área foliar (m}^2\text{)}}{\text{Área del suelo (m}^2\text{)}}$$

La medición de esta variable se realizó en los tres momentos luego que se mide el índice SPAD. Las unidades de medida para esta variable son adimensionales (Segales & Rodríguez, 2013).

- **Biomasa**

Una vez que se ha medido el contenido de clorofila y el IAF, se pasó a picar las plantas con el uso de una tijera de podar para luego guardarlas en bolsas de papel, para después llevarlas a secarlas a estufa a 72°C durante 48 horas (Anexo 6), finalmente se determinó su peso seco con la ayuda de una balanza analítica; las unidades en que se expresó esta variable fueron en g m^{-2} .

5.6 Metodología para el Segundo Objetivo Específico

*“Analizar la influencia en el rendimiento de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) genotipo Tunkahuan en el sector La Argelia, Loja.”*

Para analizar el efecto que causa en el rendimiento de quinua variedad Tunkahuan la aplicación de dos métodos y cuatro densidades de siembra se usaron las plantas etiquetadas en el primer objetivo (las usadas para medir altura y diámetro), y se seleccionó una planta adicional dando un total de 3 plantas, en las cuales al llegar a madurez fisiológica se midieron los siguientes indicadores de rendimiento:

- **Peso de la panoja**

Cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica se procedió a recolectar la panoja de cada planta seleccionada en cada unidad experimental, luego se llevaron a estufa para obtener su peso seco a una temperatura de 72°C por 72 horas una vez cumplido el tiempo se las sacó de la estufa y se las pesó en la balanza analítica (Anexo 7), el peso se registró en gramos (g).

- **Número de granos por planta**

Para la medición de esta variable se realizó el conteo manual del número de granos por planta en madurez fisiológica en las 3 plantas.

- **Peso de 1000 granos**

El peso de los granos fue tomado en estado de madurez fisiológica, se cosecharon los granos de las 2 plantas seleccionadas de cada unidad experimental y con la ayuda de una balanza analítica se procedió a pesar los 1000 granos (Anexo 8).

- **Número de granos por m²**

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

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

Donde:

NGm^2 = Número de granos por m²

NGP = Número de granos por planta

NPM^2 = Número de plantas por m²

- **Rendimiento**

Una vez obtenido el peso de los granos se realizó una estimación del número de granos por metro cuadrado y de esta forma se obtuvo 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 promedio de los granos

- **Biomasa al final del ciclo de cultivo**

En las 3 plantas seleccionadas en cada unidad experimental se midió la biomasa aérea para ello se recolectaron las muestras al final del ciclo del cultivo en estado de madurez fisiológica, las mismas muestras fueron trasladadas al laboratorio en bolsas de

papel donde se procedió a secarlas en estufa a 70°C durante 48 horas, donde se determinó su peso seco con la ayuda de la balanza analítica.

- **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), ya que es la relación del peso de la planta con respecto al peso del grano para lo cual se aplicó la siguiente fórmula (Esprella & Blesmi, 2011):

$$IC = \frac{\text{rendimiento del grano}}{\text{biomasa aérea total}}$$

5.7 Análisis Estadístico

Los datos registrados fueron tabulados en la base de datos de Microsoft Excel, luego para el análisis estadístico se utilizó el programa *INFOSTAT* versión libre. En todos los casos se comprobaron los supuestos de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial en función del método de siembra y la densidad de siembra, con un nivel de significancia del 5 % y pruebas de comparaciones múltiples mediante el test Tukey con un nivel de significancia del 5 %, determinándose de esta forma las diferencias estadísticamente significativas de las diferentes variables evaluadas en el estudio.

6. Resultados

6.1 Fenología del Cultivo de Quinua

La duración del ciclo del cultivo fue mayor en los tratamientos de trasplante, con 165 DDS (días después de la siembra) y menor para siembra por golpe con 162 DDS, tanto en trasplante como en golpe las fases de germinación y desarrollo de hojas ocurrieron a los 8 y 29 días respectivamente de forma simultánea. Para las siguientes fases fenológicas existieron diferencias, donde el trasplante tardó más tiempo en cumplir con sus fases fenológicas que la siembra por golpe, como se indica en la Figura 3, con las siguientes duraciones: germinación y desarrollo de hojas 0 días, la emergencia de la inflorescencia 8 días, anthesis 15 días, desarrollo del fruto 6 días, grano lechoso 3 días, grano pastoso 5 días, grano seco 4 días, y madurez fisiológica 3 días.

En la evaluación de esta variable, no se observaron diferencias en cuanto al cambio fenológico en la aplicación de distintas densidades.

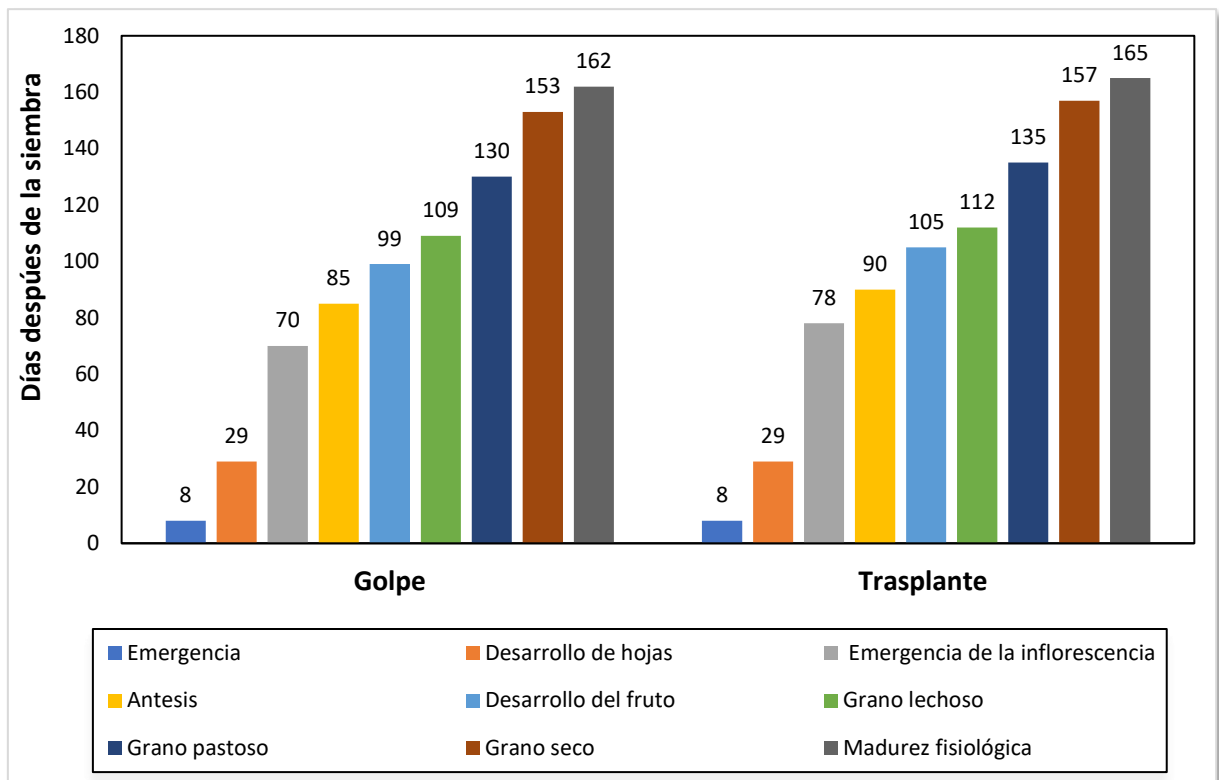


Figura 3. Fenología del cultivo de quinua en la aplicación de tratamientos sobre métodos de siembra y densidades de siembra en La Argelia, Loja.

6.2 Altura de Planta

La interacción entre los niveles de los factores método de siembra * densidad de siembra, presentó diferencias estadísticamente significativas sólo en los días 75 y 105. Al analizar de manera independiente, para los niveles de cada factor sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos, como se indica en la Tabla 5. Al final del ensayo, en el día 120 DDS el factor método de siembra presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p\text{-valor} = <0,0001$; $p\text{-valor} < 0,001$) la mayor altura se encontró en la siembra por golpe con un valor promedio de 224,51 cm, mientras que el trasplante alcanzó un valor promedio de 203,89 cm como se indica en la Figura 4.

Tabla 5. Altura de plantas de quinua (cm) evaluada a partir del día 30 después de la siembra hasta el día 120, en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.

Tratamientos	Factor método de siembra +densidad de siembra	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 90	Día 105	Día 120
Tratamiento 1	Golpe + 80 000 plantas ha ⁻¹	23,03	45,07	68,65	78,88 ABC	156,25	189,17 A	222,77
Tratamiento 2	Golpe + 100 000 plantas ha ⁻¹	23,72	52,63	73,90	84,40 AB	159,28	195,82 A	224,07
Tratamiento 3	Golpe + 150 000 plantas ha ⁻¹	22,95	46,80	62,60	71,55 ABC	144,82	179,35 AB	223,03
Tratamiento 4	Golpe + 200 000 plantas ha ⁻¹	23,10	58,02	77,00	89,02 A	161,33	194,50 A	228,17
Tratamiento 5	Trasplante + 80 000 plantas ha ⁻¹	20,32	34,92	44,63	51,32 D	123,50	143,28 C	198,82
Tratamiento 6	Trasplante + 100 000 plantas ha ⁻¹	20,73	37,12	51,55	61,75 CD	127,52	157,50 BC	202,23
Tratamiento 7	Trasplante + 150 000 plantas ha ⁻¹	23,57	46,05	56,52	70,45 BC	146,58	176,65 AB	206,52
Tratamiento 8	Trasplante + 200 000 plantas ha ⁻¹	21,20	42,27	61,33	73,45 ABC	150,57	181,37 AB	207,98
EE		0,78	2,98	3,44	3,64	7,03	5.4	4.96
P-valor	Método de siembra (MS)	**	***	***	***	**	***	***
	Densidad de siembra (DS)	ns	*	*	**	ns	**	ns
	MS * DS	ns	ns	ns	*	ns	**	ns

Las letras en sentido vertical representan diferencias estadísticamente significativas Tukey (p<0,05); los valores son las medias de tres repeticiones; (ns) efecto no significativo; (*) efecto significativo p<0,05; (**) efecto significativo p<0,01; (***) efecto significativo p<0,001.

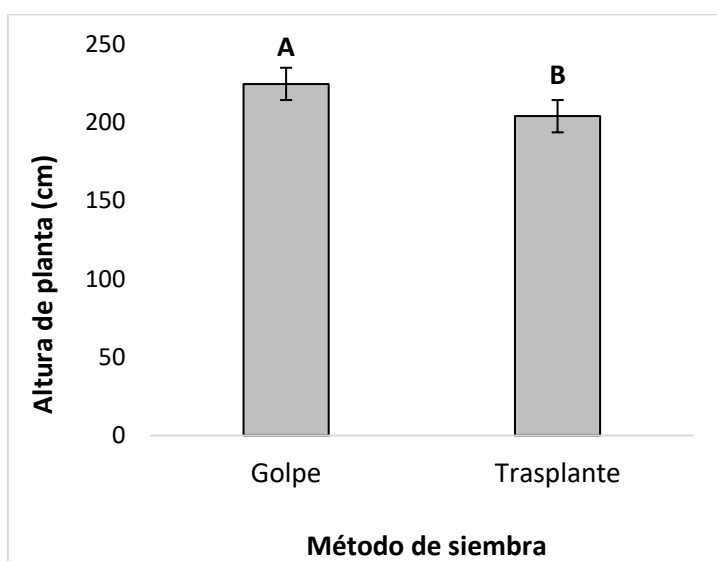


Figura 4. Altura de plantas (cm) para el factor método de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.

6.3 Diámetro del Tallo

El análisis estadístico muestra que para la interacción método de siembra * densidad de siembra se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los días 30, 45 y 60 después de la siembra, no así para los siguientes días hasta el final del cultivo. Para cada factor independientemente, sí se encontraron diferencias significativas, siendo el método de siembra el factor más influyente en la variable diámetro del tallo como se observa en la Tabla 6. Al final del ensayo en el día 120 después de la siembra tanto el factor método de siembra como la densidad de siembra presentaron diferencias altamente significativas ($p\text{-valor} = <0,0001$; $p\text{-valor} < 0,001$), siendo el método por golpe y la densidad de 80 000 plantas ha^{-1} los que presentaron mayor diámetro con valores promedios de 1,88 cm y 1,97 cm respectivamente, mientras que el trasplante y la densidad de siembra de 200 000 plantas ha^{-1} presentaron el menor diámetro con valores de 1,66 cm y 1,59 cm respectivamente como se observa en la Figura 5.

Tabla 6. Diámetro del tallo de plantas de quinua (cm) evaluado a partir del día 30 después de la siembra hasta el día 120, en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.

Tratamientos	Factor método de siembra +densidad de siembra	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 90	Día 105	Día 120
Tratamiento 1	Golpe + 80 000 plantas ha ⁻¹	0,55 AB	0,77 AB	0,95 B	1,50	1,8	1,92	2,05
Tratamiento 2	Golpe + 100 000 plantas ha ⁻¹	0,70 A	0,98 A	1,25 A	1,48	1,73	1,82	1,95
Tratamiento 3	Golpe + 150 000 plantas ha ⁻¹	0,55 AB	0,73 B	0,93 B	1,20	1,57	1,67	1,82
Tratamiento 4	Golpe + 200 000 plantas ha ⁻¹	0,43 B	0,63 B	0,87 B	1,10	1,40	1,53	1,70
Tratamiento 5	Trasplante + 80 000 plantas ha ⁻¹	0,47 B	0,63 B	0,87 B	1,17	1,45	1,58	1,88
Tratamiento 6	Trasplante + 100 000 plantas ha ⁻¹	0,45 B	0,62 B	0,78 B	1,03	1,25	1,42	1,68
Tratamiento 7	Trasplante + 150 000 plantas ha ⁻¹	0,43 B	0,60 B	0,80 B	0,97	1,17	1,33	1,58
Tratamiento 8	Trasplante + 200 000 plantas ha ⁻¹	0,42 B	0,58 B	0,77 B	0,90	1,05	1,18	1,48
EE		0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05
P-valor	Método de siembra (MS)	***	***	***	***	***	***	***
	Densidad de siembra (DS)	**	**	*	***	***	***	***
	MS * DS	*	*	*	ns	ns	ns	ns

Las letras en sentido vertical representan diferencias estadísticamente significativas Tukey ($p < 0,05$); los valores son las medias de tres repeticiones; (ns) efecto no significativo; (*) efecto significativo $p < 0,05$; (**) efecto significativo $p < 0,01$; (***) efecto significativo $p < 0,001$.

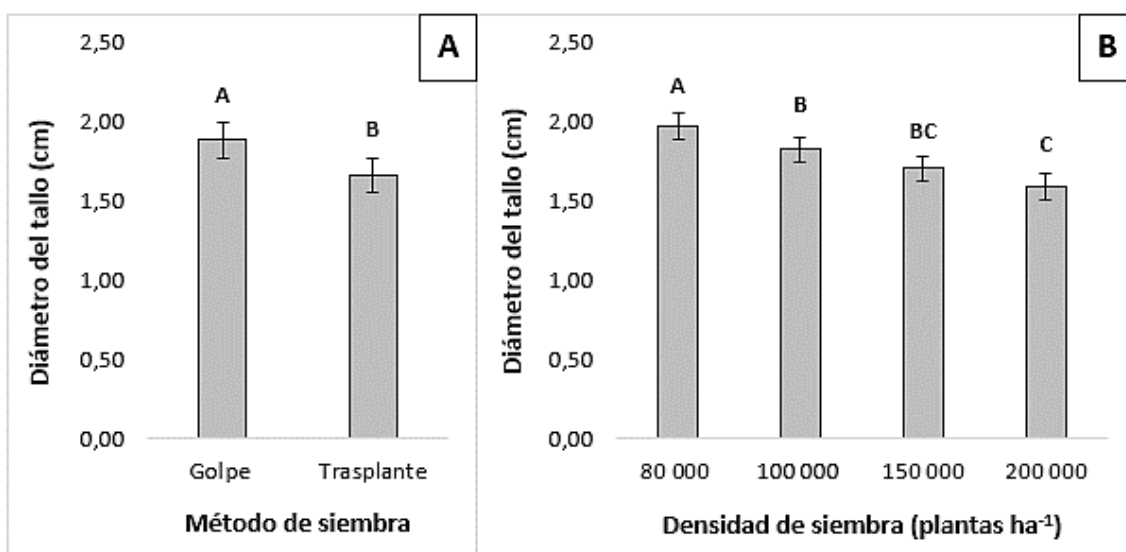


Figura 5. Diámetro de plantas (cm) para el factor método de siembra (A) y la densidad de siembra (B) analizados independientemente en el cultivo de quinua.

6.4 Contenido de Clorofila (Índice SPAD)

El análisis estadístico muestra que para la interacción método de siembra * densidad de siembra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún momento de la evaluación de esta variable, no obstante, la densidad de siembra es el factor más influyente en el contenido de clorofila ya que presenta mayores diferencias estadísticamente significativas en los tres momentos como se indica en la Tabla 7. Finalmente, el análisis estadístico realizado de forma independiente para el factor densidad de siembra al final de la evaluación muestra diferencias significativas (p -valor = $<0,0001$; p -valor $< 0,001$), donde el mayor contenido de clorofila se encontró en la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹ con un valor promedio de 35,92 y el menor contenido en la densidad de siembra de 200 000 plantas ha⁻¹ con un valor promedio de 32,05 como se indica en la Tabla 7; así mismo se puede observar como el contenido de clorofila en general para todo el estudio incrementó hasta la antesis mientras que para el llenado de grano disminuyó.

Tabla 7. Índice SPAD de las plantas quinua para el factor densidad de siembra evaluadas en tres momentos.

Factor densidad de siembra	Desarrollo vegetativo	Antesis	Llenado de grano
80 000 plantas ha ⁻¹	47,03 A	65,76 A	35,92 A
10 0000 plantas ha ⁻¹	45,25 B	64,26 B	34,63 AB
150 000 plantas ha ⁻¹	43,43 C	63,85 B	33,34 BC
200 000 plantas ha ⁻¹	42,26 D	62,44 D	32,05 C
EE	0,21	0,32	0,41
Método de siembra (A)	ns	ns	ns
P-valor Densidad de siembra (B)	***	***	***
Factor A*B	ns	ns	ns

Las letras en sentido vertical representan diferencias estadísticamente significativas Tukey ($p < 0,05$); los valores son las medias de tres repeticiones; (ns) efecto no significativo; (*) efecto significativo $p < 0,05$; (**) efecto significativo $p < 0,01$; (***) efecto significativo $p < 0,001$.

6.5 Índice de Área Foliar (IAF)

La interacción de los factores método de siembra * densidad de siembra no presentó diferencias estadísticamente significativas en ningún momento de la evaluación de esta variable. El factor densidad de siembra es el que presenta diferencias significativas (p -valor = $< 0,0001$; p -valor $< 0,001$) en los tres momentos como se observa en la Tabla 8. siendo la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹ la que presentó mayor IAF y el menor IAF presentó la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹ con valores promedios de 1,18 y 0,41 respectivamente al final de la evaluación (llenado de grano), de forma similar ocurrió para desarrollo vegetativo y antesis.

Tabla 8. Índice de área foliar (IAF) de las plantas quinua para el factor densidad de siembra evaluadas en tres momentos (desarrollo vegetativo, antesis y llenado de grano) en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.

Factor densidad de siembra	Desarrollo vegetativo	Antesis	Llenado de grano
80 000 plantas ha ⁻¹	0,26 C	0,47 D	0,41 D
10 0000 plantas ha ⁻¹	0,34 C	0,78 C	0,68 C
150 000 plantas ha ⁻¹	0,5 B	0,98 B	0,87 B
200 000 plantas ha ⁻¹	0,69 A	1,36 A	1,18 A
EE	0,02	0,03	0,03
Método de siembra (A)	ns	ns	ns
P-valor Densidad de siembra (B)	***	***	***
Factor A*B	ns	ns	ns

Las letras en sentido vertical representan diferencias estadísticamente significativas Tukey ($p < 0,05$); los valores son las medias de tres repeticiones; (ns) efecto no significativo; (*) efecto significativo $p < 0,05$; (**) efecto significativo $p < 0,01$; (***) efecto significativo $p < 0,001$.

6.6 Biomasa

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas en ningún momento de la evaluación de biomasa. Al analizar de manera independiente los factores sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el factor densidad de siembra en antesis y llenado de grano (p-valor = <0,0001; p-valor < 0,001) como se indica en la Tabla 9. siendo la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹ la que presentó mayor biomasa y la menor biomasa presentaron las densidades de 80 000 plantas ha⁻¹ y 100 000 plantas ha⁻¹ con valores promedios de 1624,52 g m⁻², 1224,11 g m⁻² y 1211,26 g m⁻² respectivamente.

Tabla 9. Biomasa de las plantas quinua en gramos para el factor densidad de siembra evaluadas en tres momentos (desarrollo vegetativo, antesis y llenado de grano) en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.

Factor densidad de siembra	Desarrollo vegetativo	Antesis	Llenado de grano
80 000 plantas ha ⁻¹	41,01	490,09 C	1224,11 C
10 0000 plantas ha ⁻¹	41,01	502,76 C	1211,26 C
150 000 plantas ha ⁻¹	42,11	612,64 B	1450,86 B
200 000 plantas ha ⁻¹	47,40	798,20 A	1624,52 A
EE	3,11	13,64	36,18
Método de siembra (A)	ns	ns	ns
P-valor Densidad de siembra (B)	ns	***	***
Factor A*B	ns	ns	ns

Las letras en sentido vertical representan diferencias estadísticamente significativas Tukey (p<0,05); los valores son las medias de tres repeticiones; (ns) efecto no significativo; (*) efecto significativo p<0,05; (**) efecto significativo p<0,01; (***) efecto significativo p<0,001.

6.7 Peso de la panoja

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas. Al analizar de manera independiente los factores sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el factor densidad de siembra (p-valor = 0,0047; p-valor < 0,01) como se indica en la Figura 6. El mayor peso de la panoja se encontró en la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹, seguido de la densidad de 100 000 plantas ha⁻¹ con 120,23 g y 108,18 g respectivamente.

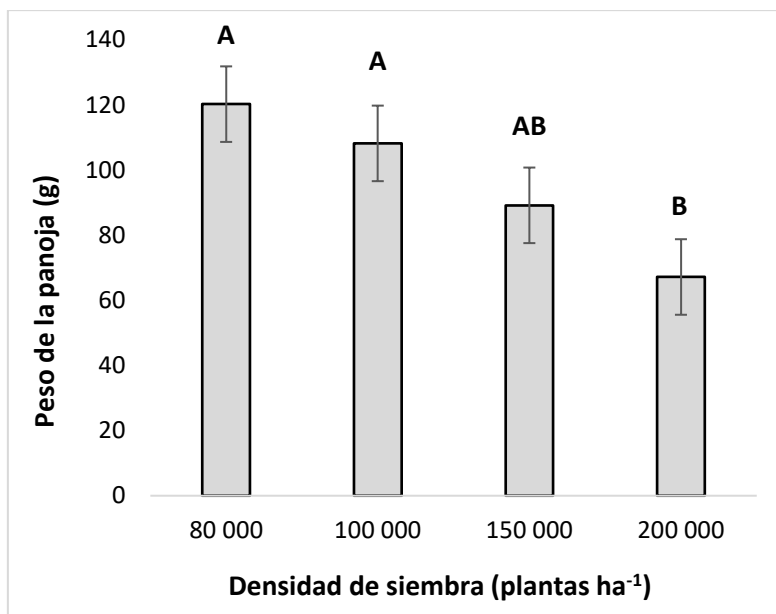


Figura 6. Peso de la panoja (g) para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.

6.8 Peso de 1000 granos

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas, de forma similar para cada uno de los factores, los valores alcanzados por los tratamientos oscilaron entre 2,76 y 2,60 g para los tratamientos 8 y 2 respectivamente, como se puede observar en la Figura 7.

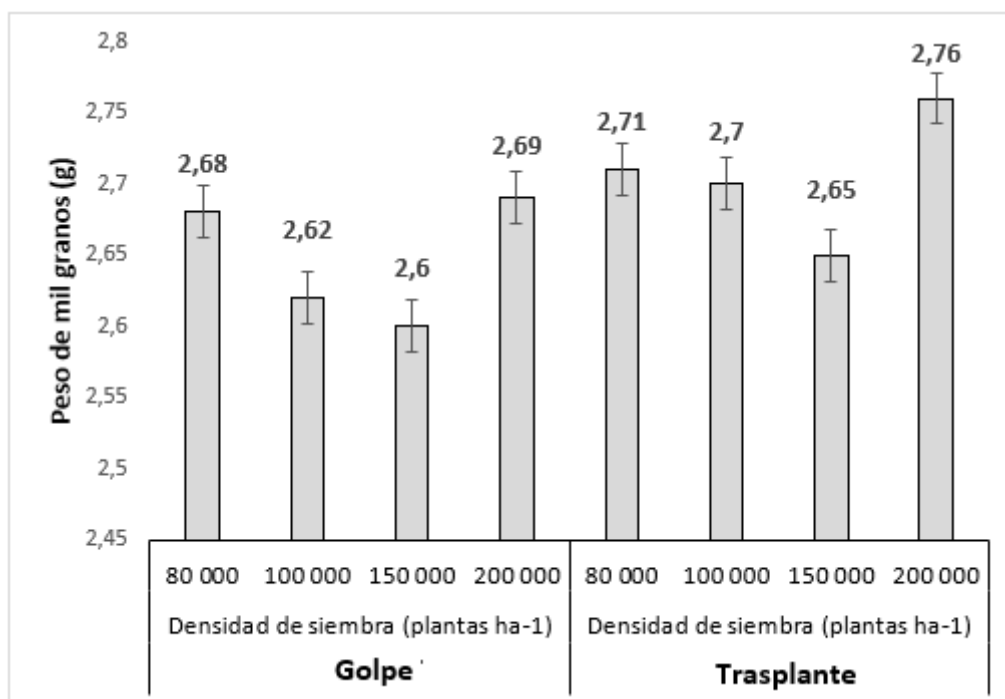


Figura 7. Peso de mil granos (g) en el cultivo de quinua al aplicar diferentes métodos y densidades de siembra.

6.9 Número de granos por planta

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas. Al analizar de manera independiente los factores sí se encontraron diferencias altamente significativas para el factor densidad de siembra (p -valor = 0,0006; p -valor < 0,001) como se indica en la Figura 8. La mayor cantidad de granos por planta se encontró en la densidad de 80 000 plantas ha^{-1} , seguido de la densidad de 100 000 plantas ha^{-1} con 21185 y 18394 granos respectivamente.

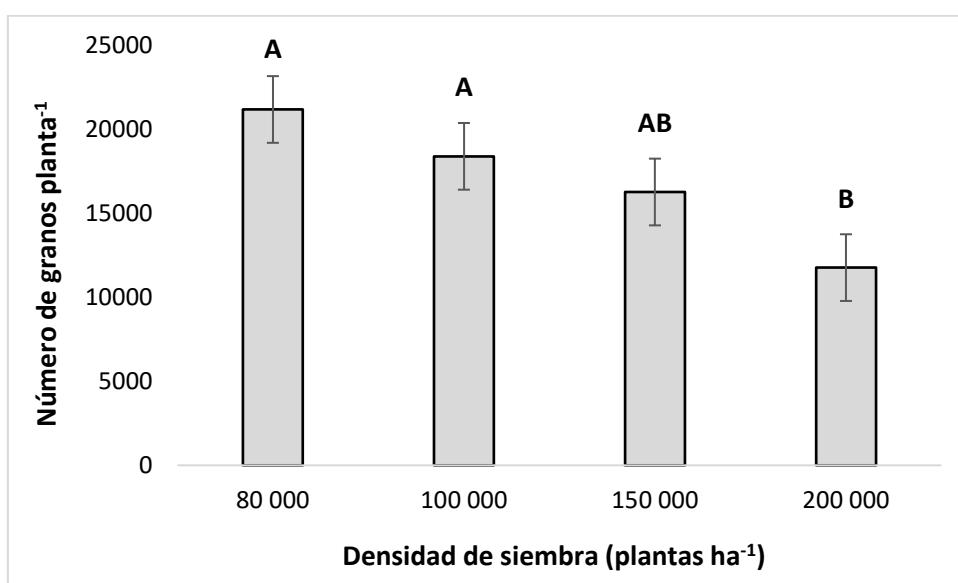


Figura 8. Número de granos por planta para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.

6.10 Número de granos m^{-2}

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas. Al analizar de manera independiente los factores sí se encontraron diferencias altamente significativas para el factor densidad de siembra (p -valor = 0,0127; p -valor < 0,05) como se indica en la Figura 9. La mayor cantidad de granos por m^2 se encontró en la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} , y la menor cantidad en la densidad de 80 000 plantas ha^{-1} con valores de 235 415 y 169 480 granos respectivamente.

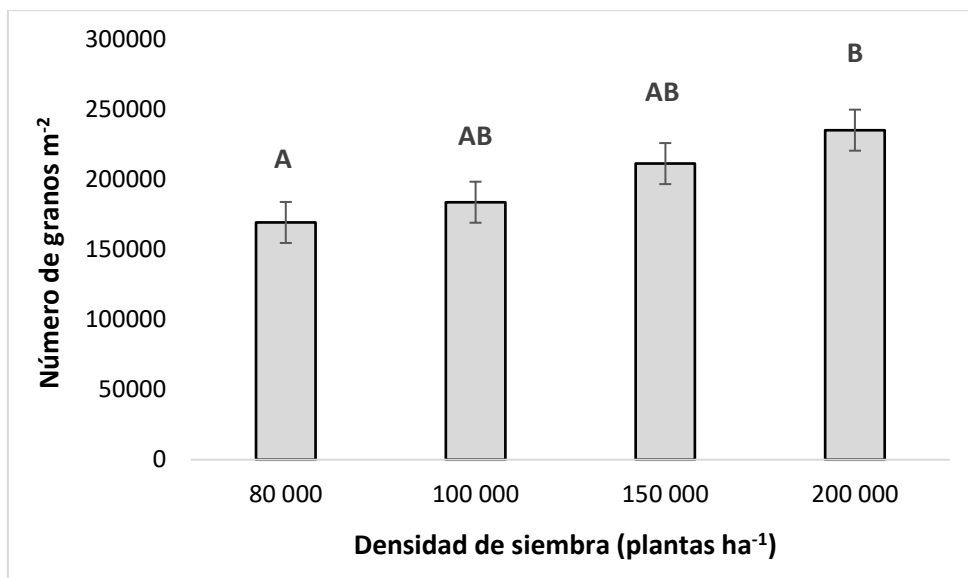


Figura 9. Número de granos/m² para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.

6.11 Rendimiento

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas. Al analizar de manera independiente los factores sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el factor densidad de siembra (p-valor = 0,0119; p-valor <0,05) como se indica en la Figura 10. El mejor rendimiento lo tuvo la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹ con 6,37 t ha⁻¹ y el rendimiento más bajo de 4,55 t ha⁻¹ la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹.

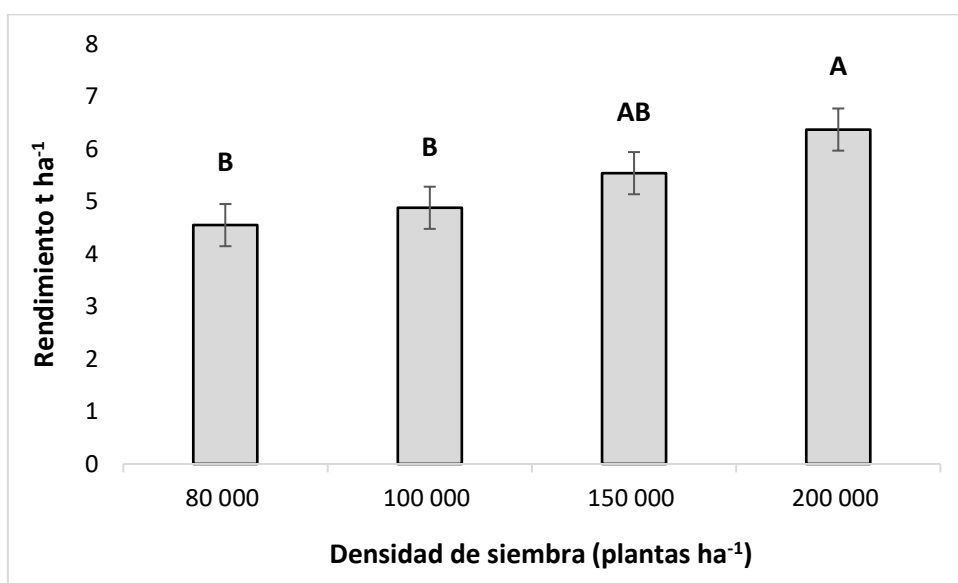


Figura 10. Rendimiento t ha⁻¹ para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.

6.12 Biomasa al final del ciclo del cultivo

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas. Al analizar de manera independiente los factores sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el factor densidad de siembra (p -valor = $< 0,0001$; p -valor $< 0,001$) como se indica en la Figura 11. Encontrándose mayor cantidad de biomasa en la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} y la menor cantidad de biomasa en la densidad de 80 000 plantas ha^{-1} con valores de 2 414,44 $g\ m^{-2}$ y 1 510,02 $g\ m^{-2}$ respectivamente.

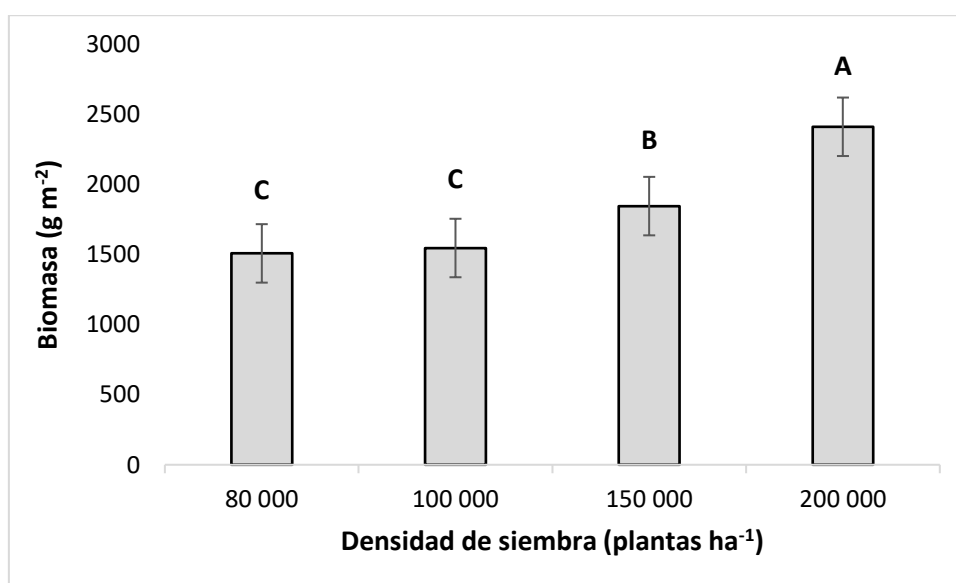


Figura 11. Biomasa (g) para el factor densidad de siembra analizado independientemente en el cultivo de quinua.

6.13 Índice de cosecha

Para la interacción método de siembra * densidad de siembra, según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas, de forma similar ocurrió para cada factor, los valores de alcanzados por los tratamientos oscilaron entre 0,33 y 0,24 para los tratamientos 2 y 8 respectivamente, como se puede observar en la Figura 12.

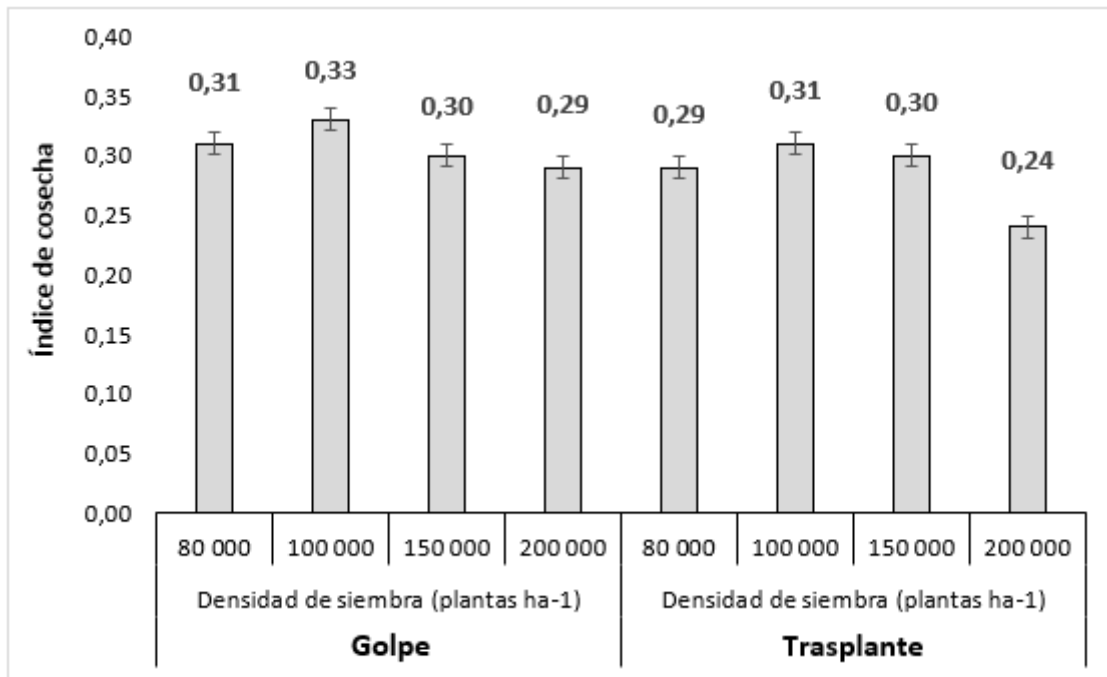


Figura 12. Índice de cosecha para el cultivo de quinua evaluados en función de la aplicación de los tratamientos sobre diferentes métodos y densidades de siembra.

6.14 Análisis de correlación

En la tabla 10 se muestran las correlaciones de las principales variables evaluadas en el experimento. Se detectó correlaciones positivas del diámetro del tallo con el peso de la panoja $r = 0,90$ ($<0,01$) y con el número de granos planta⁻¹ $r = 0,88$ ($<0,01$); el IAF con el número de granos m⁻² $r = 0,91$ ($<0,01$), con el rendimiento (t ha⁻¹) $r = 0,93$ ($<0,001$) y con la biomasa final (g m⁻²) $r = 0,92$ ($<0,01$); el peso de la panoja con el número de granos planta⁻¹ $r = 0,99$ ($<0,001$), y con el índice de cosecha $r = 0,74$ (0,04); el número de granos planta⁻¹ con el índice de cosecha $r = 0,75$ (0,03); el número de granos m⁻² con el rendimiento (t ha⁻¹) $r = 0,99$ ($<0,001$) y con la biomasa final (g m⁻²) $r = 0,83$ (0,01); y finalmente el rendimiento (t ha⁻¹) con la biomasa final (g m⁻²) $r = 0,88$ (0,03); las correlaciones más significativas están dadas por el peso de la panoja con el número de granos planta⁻¹ y el número de granos m⁻² con el rendimiento.

Tabla 10. Correlación de variables medidas en el experimento.

Variable 1	Variable 2	Coefficientes de correlación de Pearson (r)	p-valor
	Diámetro (cm)	0,41	0,32
Altura (cm)	Índice SPAD (llenado de grano)	-0,73	0,04
	IAF (llenado de grano)	0,36	0,38

	Peso de la panoja (g)	0,03	0,94
	Peso de 1000 granos	-0,51	0,19
	Número de granos planta ⁻¹	0,01	0,99
	Número de granos m ⁻²	0,60	0,11
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	0,54	0,16
	Biomasa final (g m ⁻²)	0,25	0,54
	Índice de cosecha	0,31	0,46
	Índice SPAD (llenado de grano)	0,27	0,52
	IAF (llenado de grano)	-0,7	0,05
	Peso de la panoja (g)	0,90	< 0,01
	Peso de 1000 granos	-0,46	0,26
Diámetro (cm)	Número de granos planta ⁻¹	0,88	< 0,01
	Número de granos m ⁻²	-0,41	0,32
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	-0,47	0,24
	Biomasa final (g m ⁻²)	-0,68	0,06
	Índice de cosecha	0,69	0,06
	IAF (llenado de grano)	-0,81	0,02
	Peso de la panoja (g)	0,56	0,15
	Peso de 1000 granos	0,15	0,72
Índice SPAD (llenado de grano)	Número de granos planta ⁻¹	0,60	0,12
	Número de granos m ⁻²	-0,80	0,02
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	-0,80	0,02
	Biomasa final (g m ⁻²)	-0,72	0,05
	Índice de cosecha	0,23	0,59
	Peso de la panoja (g)	-0,91	< 0,01
	Peso de 1000 granos	0,12	0,77
	Número de granos planta ⁻¹	-0,91	< 0,01
IAF (llenado de grano)	Número de granos m ⁻²	0,91	< 0,01
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	0,93	< 0,001
	Biomasa final (g m ⁻²)	0,92	< 0,01
	Índice de cosecha	-0,49	0,22
	Peso de 1000 granos	-0,37	0,37
	Número de granos planta ⁻¹	0,99	< 0,001
Peso de la panoja (g)	Número de granos m ⁻²	-0,73	0,04
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	-0,78	0,02
	Biomasa final (g m ⁻²)	-0,92	< 0,01
	Índice de cosecha	0,74	0,04
	Número de granos planta ⁻¹	-0,39	0,34
Peso de 1000 granos	Número de granos m ⁻²	-0,12	0,77
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	0,0012	0,99
	Biomasa final (g m ⁻²)	0,37	0,37

	Índice de cosecha	-0,73	0,04
Número de granos planta ⁻¹	Número de granos m ⁻²	-0,71	0,05
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	-0,76	0,03
	Biomasa final (g m ⁻²)	-0,93	< 0,001
	Índice de cosecha	0,75	0,03
Número de granos m ⁻²	Rendimiento (t ha ⁻¹)	0,99	< 0,001
	Biomasa final (g m ⁻²)	0,83	0,01
	Índice de cosecha	-0,26	0,53
Rendimiento (t ha ⁻¹)	Biomasa final (g m ⁻²)	0,88	0,03
	Índice de cosecha	-0,35	0,39
Biomasa final (g m ⁻²)	Índice de cosecha	-0,74	0,04

7. Discusión

Los resultados obtenidos en la fenología del cultivo concuerdan con los obtenidos por Rojas et al. (2020) donde la duración de las fases fenológicas en su ensayo fue de entre 150 a 180 días, refiriendo que la principal diferencia se debía a las condiciones edafoclimáticas y agroecológicas de la zona de estudio. Por otra parte la fase de adaptación de las plantas trasplantadas hace que sus fases fenológicas se tarden un poco más, esto se comprueba con el estudio de Arano & Flores (2018) donde obtuvieron una duración de las fases fenológicas de 170 y 154 días para trasplante y para siembra directa por golpe, respectivamente.

En el presente estudio se obtuvo que para la variable altura de planta las diferencias estadísticamente significativas se encontraron en el factor método de siembra siendo el método por golpe el que obtuvo mayor altura (224, 51 cm), mientras que la menor altura se dio en el trasplante (203,89 cm), es decir que las plantas crecieron menos cuando se realizó trasplante, resultados que concuerdan con los obtenidos por Jiménez et al. (2018b) ya que obtuvieron resultados en donde el método por golpe con un valor de 140 cm fue mayor al trasplante que alcanzó un valor de 120 cm. En el estudio de Aracena (2015), realizado en Jujuy Argentina, encontró que el trasplante alcanzó mayor altura frente al método por golpe, sin embargo se debe considerar que en el estudio realizado en Argentina, las plantas para el trasplante se

sembraron con un mes de anticipación para ser trasplantadas, justo cuando se hizo la siembra directa por el método de golpe.

Para la variable diámetro del tallo no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sí se encontraron diferencias para cada factor analizado independientemente siendo el método por golpe (1,88) cm y la densidad 80 000 plantas ha^{-1} (1,97 cm) los que presentaron mayor diámetro a su vez el método de trasplante (1,66 cm) y la densidad 200 000 plantas ha^{-1} (1,59) cm los que presentaron un menor diámetro, estos resultados son similares a los obtenidos por Jiménez et al. (2018a) el mismo que encontró que el método por golpe alcanzó mayor diámetro basal frente al trasplante con valores de 1,49 cm y 1,10 cm respectivamente, lo que atribuye a que la siembra directa no sufre estrés a diferencia del trasplante, es por ello que su diámetro es menor. Así mismo Erazzú et al. (2016) en su estudio realizado en Tucumán-Argentina encontraron que a mayores densidades de siembra el diámetro basal del tallo es delgado y por lo tanto se obtuvo menor diámetro, además agregan, que a una menor densidad el tallo tiende a ramificarse y su tallo basal presentó mayor diámetro, algo similar a lo que se obtuvo en el presente estudio.

El contenido de clorofila estuvo asociado a la densidad de siembra donde existieron diferencias significativas, siendo la densidad de 80 000 plantas ha^{-1} la que obtuvo el mayor contenido de clorofila (35,92), a su vez la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} obtuvo el menor contenido de clorofila (32,05), esto se podría deber a que las plantas con menores densidades tienen más probabilidad de captar más nutrientes como el nitrógeno que es determinante en el contenido de clorofila (Alfonso et al., 2017), lo que se apoya en los resultados de Rojas et al. (2020) ya que atribuyen un mejor resultado en el contenido de clorofila cuando hay una baja densidad, debido a que las raíces de las quinuas poseen una mayor cantidad de suelo para explorar en busca de los nutrientes. Por otro lado, la densidad de siembra influyó en el contenido de clorofila, resultados que concuerdan con Mendoza-Elos et al. (2006), ya que en su estudio sobre densidades de siembra en el cultivo de maíz encontraron en una menor densidad mayor contenido de clorofila en unidades Spad; principalmente la concentración de clorofila se asocia con la fertilización nitrogenada, por lo que al haber mayor competencia intraespecífica entre plantas también se puede ver afectado el contenido de clorofila a mayores densidades (Quevedo et al., 2015). Existe poca información sobre densidades y métodos de siembra para determinar el contenido de clorofila en quinua, es por ello que

se deberían realizar investigaciones sobre la influencia en el contenido de clorofila de estos factores ya que es importante saber más acerca de esto y determinar qué está pasando a nivel fisiológico y cómo puede influir en el cultivo.

El índice de área foliar presentó diferencias significativas para el factor densidad de siembra, el mayor IAF se encontró en la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} (1,18) y el menor IAF se encontró en la densidad de 80 000 plantas ha^{-1} (0,41), estos resultados concuerdan con los de Díaz et al. (2021), los mismos que obtuvieron que en una densidad de 156 000 plantas ha^{-1} mayor IAF frente a una densidad menor de 65 000 plantas ha^{-1} . El efecto de la densidad de siembra sobre el índice de área foliar se observa al final del ciclo de cultivo con mayor eficacia debido a que la planta se ha desarrollado por completo (Cruz, Chaparro, Díaz, & Romero Guerrero, 2021). Es así que en el presente estudio el IAF marcó mayor diferencia en el momento de llenado de grano, el cual fue el último momento de evaluación y el inmediatamente cercano a la madurez fisiológica. Por otra parte, según Aguilar et al. (2005) el mayor índice de área foliar se atribuye al mayor contenido de hojas por planta, lo cual efectivamente en el presente estudio se observó que las plantas se ramificaron más a menores densidades, disminuyendo la producción de hojas.

La cantidad de biomasa en el cultivo de quinua se evaluó en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ teniendo a la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} con mayor biomasa (1624,52 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), mientras que la menor biomasa se tuvo en la densidad de 100 000 plantas ha^{-1} (1211,26 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), resultados que concuerdan con Zubillaga et al. (2015) el mismo que encontró que a mayor densidad aplicada la biomasa tiende a ser mayor lo que atribuyen a que incrementa la cantidad de plantas por hectárea, lo que efectivamente se pudo observar en campo. Así mismo Lorenzo et al. (2018) mencionan que la cantidad de biomasa puede atribuirse a una mayor fotosíntesis, debida al crecimiento del dosel vegetal que proporciona mayor intercepción de luz y mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales al existir una mayor población donde esta desarrolla mayor cantidad de hojas antes que ramificaciones siendo las hojas de principal importancia en el proceso de fotosíntesis.

Los resultados del presente estudio sobre el peso de la panoja son estadísticamente mayores a una menor densidad de siembra estando en concordancia con Baumann Schuler (2018) donde el mayor peso por panoja se encontró en la

densidad de 80 000 plantas ha^{-1} , atribuyéndose a que las plantas no tienen el espacio suficiente para un mayor desarrollo y que efectivamente se observó en el campo. Por otra parte, también se explica ya que al tener menores densidades las plantas fueron de mayor porte con numerosas panojas de menor tamaño y de esta forma al haber más ramificaciones de la panoja incremento su peso (Bárcena et al., 2022).

Para el peso de 1000 semillas de quinua los resultados concuerdan con Bárcena et al. (2022) ya que en su estudio realizado en Argentina al aplicar diferentes densidades de siembra no encontró diferencias significativas para esta variable atribuyendo posiblemente estos resultados a varios factores la calidad de los lotes ensayados, los tratamientos ensayados o las condiciones del medio es por ello que se debería centrar estudios en estos temas para definir que influye en el peso de las semillas. A si mismo Delgado et al. (2009) no encontraron diferencias significativas en el peso de 1000 granos en su estudio sobre la evaluación de 16 variedades de quinua ya que precisan que el grano es pequeño lo cual no se puede lograr diferencias marcadas. Por otro lado Cruz et al. (2021) sí encontraron diferencias significativas con una densidad de 65 000 frente a una densidad de 156 000 plantas ha^{-1} , estos investigadores atribuyen a que menores densidades de siembra contribuyen al desarrollo de granos con mejor peso.

El número de granos por planta fue mayor en menores densidades resultados que concuerdan con Cruz et al. (2021) los mismos encontraron que una menor densidad favorece la cantidad de granos por planta, ya que dicha planta puede ramificar su panoja debido al espacio que posee. Además esto es corroborado por Casanova et al. (2012) quienes mencionan que mencionan que la menor producción de frutos se da por la competencia de nutrientes, espacio y radiación, generada por el más alto número de plantas por unidad de área.

La variable número de granos por metro cuadrado la densidad más alta (200 000 plantas ha^{-1}) presentó mejores resultados ya que una mayor densidad de plantas incremento la producción por unidad de superficie, ante ello Gaso (2018) menciona que este componente de rendimiento manifiesta estabilidad a medida que aumenta la densidad de siembra del mismo modo si la densidad es muy alta tender a disminuir el número de granos por metro cuadrado, de igual forma Lorenzo et al. (2018) encontraron que el número de granos por metro cuadrado presentó mayor el mayor peso lo que atribuyen al mayor número de granos logrados en un metro cuadrado.

La quinua en el presente estudio presentó mejor rendimiento en la densidad más alta ya que esto favoreció para tener una mayor cantidad de granos por unidad de superficie del suelo sin embargo estos resultados difieren de los de Erazzú et al. (2016) ya que obtuvieron un mejor rendimiento con densidades bajas que con densidades altas pero es impórtate hacer notar que en su estudio la densidad alta comprende una gran cantidad de plantas (27,9 plantas por metro lineal) mientras que en nuestro estudio la densidad comprende 10 plantas por metro lineal; lo que también atribuyen es al método de siembra como se realice ya que a chorrillo y en grandes extensiones generalmente no se ralea las plantas es por ello que la excesiva competencia por los nutrientes no permite su óptimo desarrollo y máximo rendimiento (Casanova et al., 2012). Por otro lado, los resultados concuerdan con los de Tomas (2019) quien considera que densidades entre 200 000 a 400 000 son adecuadas para un óptimo rendimiento. En cuanto a rendimiento a nivel regional en comparación con los rendimientos de las provincias productoras de quinua en nuestro país dichos resultados son importantes ya que en nuestro país no superan las 1,79 t ha⁻¹ (Monteros, 2016), mientras que en el presente estudio los rendimientos variaron de 6,37 a 4,55 de la densidad alta a la más baja respetivamente por lo que se considera un buen rendimiento.

Al final del cultivo se midió la cantidad de biomasa en g * m² siendo la densidad más alta (200 000 plantas ha⁻¹) la que presentó la mayor cantidad de biomasa resultados que concuerdan con Lorenzo et al. (2018) quien encontró que la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹ presento mayor rendimiento en biomasa lo que atribuyen a un mayor crecimiento de la planta y a la cantidad de plantas logradas por metro cuadrado.

Finalmente, para la variable índice de cosecha no se encontró diferencias significativas lo cual es diferente a lo encontrado por Lorenzo et al. (2018) quien encontró que la densidad de 200 000 plantas ha⁻¹ presentó mayor índice de cosecha frente a la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹, lo cual según estos autores esta dado por la densidad alta que genera un ligero aumento de biomasa en tallos y hojas y disminuye la producción por planta, pero al tener mayor cantidad de plantas por unidad de superficie existe un ligero incremento de los componentes del rendimiento; finalmente estos autores manifiestan que es más importante incrementar el número de plantas ha⁻¹ que la producción de semilla plantas⁻¹.

La influencia de la densidad de siembra es notoria en el crecimiento y rendimiento de las plantas, es por ello que se debe considerar por cuál de estos optar en función de nuestros objetivos de producción como es el rendimiento, sin descartar la disponibilidad de mano de obra y recursos para trabajar en este cultivo aplicando el método y densidad adecuados ya que para realizar el trasplante es necesario mayor cantidad de mano de obra.

8. Conclusiones

- La siembra directa por golpe favoreció la fenología en términos del tiempo ya que se adelantó al trasplante debido al estrés al momento de pasar las plantas de semillero a campo.
- Para las variables de crecimiento, diámetro y altura de planta, al aplicar el método de siembra directa por golpe presenta mejores resultados, de la misma forma la mayor densidad de siembra favorece el incremento del índice de área foliar y la biomasa vegetal, por el contrario, disminuye el contenido de clorofila y el diámetro del tallo.
- El peso de 1 000 granos y el IC no presentaron diferencias ante los tratamientos; el peso de la panoja, número de granos planta-1, número de granos m-2, rendimiento y biomasa al final del ciclo del cultivo presentaron cambios ante el factor densidad de siembra.
- Se incrementó el número de granos planta-1 y el peso de la panoja con la densidad de 80 000 plantas ha-1, mientras que se incrementó considerablemente el número de granos m-2, rendimiento y la biomasa al final del ciclo del cultivo con la densidad de 200 000 plantas ha-1.
- Se ocupó menor cantidad de semilla de quinua con el método de trasplante ya que las plantas presentaron un alto porcentaje de prendimiento y adaptación al campo, ocupándose solo las plantas necesarias en cada densidad de siembra.

9. Recomendaciones

- Se debe investigar más sobre métodos y densidades de siembra en diferentes condiciones como la época de siembra que también es un factor influyente en la quinua con la finalidad de potenciar su crecimiento y por ende su rendimiento para poder incrementar también el área cultivada dentro del país.
- Se debe tomar en cuenta las condiciones de manejo de cultivo que es un factor influyente para una buena producción empezando por una adecuada calidad de la semilla y una óptima distribución de las plantas en campo.

10. Bibliografía

- Aguilar, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovsky-Zak, L., Tijerina-Chávez, L., & Engleman, E. M. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Tierra Latinoamericana*, 23(3), 303-310.
- Alfonso, G., Ochoa, S. A., & Cartagena, Y. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo invernadero. *Siembra*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.504>
- Aracena, G. (2015). *Comparación de tres técnicas de siembra y desarrollo del cultivo de quinua en la quebrada de Humahuaca—Jujuy*. INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/comparacion-de-tres-tecnicas-de-siembra-y-desarrollo-del-cultivo-de-quinua-en-la-quebrada-de-humahuaca-jujuy>
- 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.
- Arias, A., Barba, T., Bastidas, K., & Heredia, M. (2021). *BOLETÍN SITUACIONAL DE QUINUA 2021*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el 15 de noviembre de 2022 de <https://fliphtml5.com/ijia/mmzm/basic#:~:text=El%20bolet%C3%ADn%20incluye%20informaci%C3%B3n%20referente,cr%C3%A9dito%20p%C3%ABlico%20y%20comercio%20exterior.>
- Arichávala, J., & Idrovo, J. (2020). Vista de la quinua como patrimonio cultural en la gastronomía de la comunidad de Quilloac en Cañar, Ecuador. *Turpade*, 13(7), 1-25.

- Bárcena, N., Gonzalo, R., & Lucas, G. (2022). *Cultivo de quinua bajo dos sistemas y densidades de siembra* [Institucional]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/13323/INTA_CRMendoza-SanJuan_EEASanJuan_Barcelona_N_Cultivo_quinua_diferente_%20sistemas_de_densidad_siembra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baumann Schuler, B. J. (2018). *Niveles nutricionales y densidad de siembra en el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd) Var. La Molina 89, en riego por goteo* [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Agraria La Molina
- Cadena, F. (2021). *Análisis del impacto económico del cambio climático en cultivos de quinua (Chenopodium quinoa), en la provincia de Chimborazo* [Tesis Magistral, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio institucional - Universidad Andina Simón Bolívar.
- Calla, J. (2018). *Manejo agronómico del cultivo de la quinua*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-c-quinua.pdf>
- Casanova, L., Solarte, J., & Checa, O. (2012). Evaluación de cuatro densidades de siembra en siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 129-140.
- Cruz, I., Chaparro, H. N., Díaz, L. I., & Romero, G. A. (2021). Efecto de la densidad de siembra sobre el desempeño agronómico de Quinua cultivar Nariño y la transmisividad de la radiación fotosintéticamente activa en el trópico alto de

- Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(2), 9491-9497. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90040>
- Cruz, I., Chaparro, H. N., Díaz, L. I., & Romero Guerrero, G. A. (2021). Effect of sowing density on the agronomic performance of Quinoa Nariño cultivar and the transmissivity of photosynthetically active radiation in the high tropics of Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(2). <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90040>
- Delgado, A., Palacios, J., & Betancourt, C. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(2), Article 2.
- Díaz, I. C., Chaparro, H. N., Díaz, L. I., & Guerrero, G. A. R. (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), Article 2. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90040>
- Erazzú, L. E., González, J. A., Buedo, S. E., & Prado, F. E. (2016). Efectos de la densidad de siembra sobre *Chenopodium quinoa* (quinua). Incidencia sobre variables morfológicas y rendimiento de grano en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). *Lilloa*, 53(1), 1-11.
- ESPAC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf

- Esprella, V., & Blesmi, J. (2011). *Evaluación del rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) con aplicación de niveles de abono orgánico bajo condiciones de riego deficitario en el altiplano central* [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional - Universidad Mayor de San Andrés
- FAO. (2013, diciembre 16). *Año Internacional de la Quinoa 2013*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/news/story/es/item/210946/icode/>
- García, M., García, J., Melo, D., & Deaquiz, Y. (2017). Respuesta agronómica de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada-Boyacá. *Cultura Científica*, 15(1), 66-77.
- Garrido, M., Silva, P., Silva, H., Muñoz, R., Baginsky, C., & Acevedo, E. (2013). Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. *Idesia (Arica)*, 31(2), 69-76. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000200010>
- Gaso, D. (2018). Respuesta del rendimiento de soja a la densidad de siembra en ambientes de productividad contrastante. *Agrociencia (Uruguay)*, 22(2), 24-35. <https://doi.org/10.31285/agro.22.2.7>
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua* (Segunda edición). FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj23YWeIK_7AhV1sDEKHBYbgDn0QFnoECDAQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fao.org%2F3%2Fi5374s%2Fi5374s.pdf&usg=AOvVaw08vb9mrhj3J8EOEbeJYiKw

- González, J., 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 (“quínoa”) en el Noroeste Argentino. *Fisiología*, 53(1), 21-29.
- Guerrero, M. L. M., Zanor, G. A., & Mendoza, J. A. S. (2015). Evaluación de un bioabono orgánico enriquecido para el mejoramiento de suelos arcillosos del estado de Guanajuato. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 1(2), Article 2.
- Holdridge, L. R. (1978). *Ecología: Basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INIAP. (2014). *Quinoa*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mgranos/rquinua>
- Jiménez-Esparza, L. O., González-Parra, M. M., Bastidas-Tibanquiza, M. L., & Decker-Campuzano, F. E. (2018a). Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos variedades de amaranto (*Amaranthus quitensis*) y (*Amaranthus hypochondriacus*). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 6(2), 65-75.
- Jiménez-Esparza, L. O., González-Parra, M. M., Bastidas-Tibanquiza, M. L., & Decker-Campuzano, F. E. (2018b). Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos variedades de amaranto (*Amaranthus quitensis*) y (*Amaranthus hypochondriacus*). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 6(2), 65-75.
- Lorenzo, J. L. M., Pita, A. L. D., & Díaz, R. A. (2018). Efecto de la densidad de población en el desarrollo y distribución de la biomasa del girasol, variedad Caburé – 15. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(1), Article 1. <https://doi.org/10.19084/RCA17248>

- Ludvigson, K., Reganold, J. P., Murphy, K. M., Ludvigson, K., Reganold, J. P., & Murphy, K. M. (2019). Intensificación sostenible de la producción de quinua en ambientes periurbanos en el oeste del estado de Washington utilizando métodos de trasplante versus métodos de siembra directa. *Ciencia e investigación agraria*, 46(2), 100-112. <https://doi.org/10.7764/rcia.v45i2.2169>
- MAG. (2020). *MAG organiza la Semana de la Quinua*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/mag-organiza-la-semana-de-la-quinua/>
- Mendoza-Elos, M., Mosqueda-Villagómez, C., Rangel-Lucio, J. A., López-Benítez, A., Rodríguez-Herrera, S. A., Latournerie-Moreno, L., & Moreno-Martinez, E. (2006). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura técnica en México*, 32(1), 89-99.
- MIDAGRI. (2015). *Historia de la quinua*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.midagri.gob.pe/portal/444-granos-andinos/9380-historia-de-la-quinua>
- Monteros, A. (2016). *Rendimientos de quinua en el Ecuador 2016 (octubre agosto 2016)*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. <https://1library.co/document/z3d0n9r9-rendimientos-quinua-ecuador-octubre-agosto.html>
- Montes, C., Burbano, G. A., & Muñoz, E. F. (2019). Evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra en Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), 46-55. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1410>

- Quevedo, Y., Barragán, E., & Beltrán, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) impacto. *Scientia Agroalimentaria*, 2(1), 18-24.
- Quisoboni, Y. Z. (2019). *Importancia del fosforo en la producción de la quinua (Chenopodium quinoa willd)* [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25688/%20%09yzemanat%20eq.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ribeiro, A. R. da, Katz, I., Sousa, A. de P., & Martinez Uribe, R. A. (2015). Indice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de lisianthus en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *Idesia (Arica)*, 33(2), 97-105. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000200012>
- Rodas, 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.
- Rojas, C., Burbano Catuche, G. A., & Muñozcertuche, E. F. (2020). Evaluacion del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilizacion y métodos de siembra en Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), 46-55. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1410>
- Segales, I., & Rodríguez, J. (2013). *Estimacion del area foliar en campo mediante metodos no destructivos en el cultivo de cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/323053574_Estimacion_del_area_foli

ar_en_campo_mediante_metodos_no_destructivos_en_el_cultivo_de_canahua_
Chenopodium_pallidicaule_Aellen

SENASA. (2014). *Requisitos y recomendaciones para la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPA) para la producción en el cultivo de quinua*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/GUIA-BPA-QUINUA.pdf>

Sosa, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). *Escala estandarizada de fenología para quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) basada en el sistema de codificación de la BBCH*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/316159035_Escala_estandarizada_de_fenologia_para_quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_basada_en_el_sistema_de_codificacion_de_la_BBCH

Tomas, G. R. (2019). *TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO AGRÓNOMO* [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional - Universidad Privada Antenor Orrego

Veas, E., & Cortés, H. (2018). *Manual del cultivo de la quinua* (Primera edición). Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). http://www.ceaza.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-de-la-quinua_FINAL.pdf

Velásquez, A. I. (2019). *Estudio de mercado de quinua para su exportación a la unión europea (market study of quinua for its exportation to the european union)*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/362903518_ESTUDIO_DE_MERCA

DO_DE_QUINUA_PARA_SU_EXPORTACION_A_LA_UNION_EUROPEA
_MARKET_STUDY_OF_QUINUA_FOR_ITS_EXPORTATION_TO_THE_E
UROPEAN_UNION

Zubillaga, M. F., Orioli, G. A., Barrio, D. A., & Quichan, S. E. (2015). *Efecto de la densidad de siembra en la productividad de Amaranto en el Valle Inferior del Río Negro*. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/6089>

11. Anexos



Anexo 1. Limpieza y manejo del cultivo de quinua.



Anexo 2. Observación de las distintas fases fenológicas.



Anexo 3. Medición del contenido de clorofila con el equipo Spad Mimolta 502.



Anexo 4. Plantas de quinua en bolsas de papel para ser trasladadas al laboratorio.



Anexo 5. Medición del área foliar con escáner.



Anexo 6. Secado de plantas en estufa.



Anexo 7. Peso de la panoja.



Anexo 8. Peso de mil granos.

Anexo 9. Certificación de traducción del abstract

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 30 de mayo del 2023

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR, ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto solicitado por el señor: **Manuel Fabian Armijos Armijos** con cédula de ciudadanía No. **1105343642**, cuyo tema de investigación se titula: **Efecto de la siembra directa y trasplante con diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) genotipo Tunkahuan, en la Argelia, Loja**, ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. Docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

**ANDREA
STHEFANIA
CARRION
FERNANDEZ**

Firmado digitalmente por ANDREA
STHEFANIA CARRION FERNANDEZ
Nombre de reconocimiento (DN):
cn=ANDREA STHEFANIA CARRION
FERNANDEZ,
serialNumber=170622180622,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A.
2, c=EC
Fecha: 2023.05.30 10:25:19 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor