



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Desempeño agronómico de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en asociación con leguminosas usando microorganismos benéficos en la Argelia – Loja

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

AUTORA:

Diana Carolina Poma Soto

DIRECTOR:

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 16 de agosto de 2022

Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos sobre el crecimiento de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd. var Tunkahuan) en la Argelia, Loja**, de la autoría de la estudiante **Wilson Fernando Camacho Carrión**, con **cédula de identidad Nro.0706216991**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**SANTIAGO CRISTOBAL
VASQUEZ MATUTE**

Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Diana Carolina Poma Soto**, 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: 1105712614

Fecha: 17 de abril del 2023

Correo electrónico: diana.poma@unl.edu.ec

Teléfono: 0989856275

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

Yo **Diana Carolina Poma Soto**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Desempeño agronómico de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en asociación con leguminosas usando microorganismos benéficos 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 dieciséis días del mes de abril de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Diana Carolina Poma Soto

Cédula: 1105712614

Dirección: Barrio Monseñor Alberto Zambrano, Calles siria y suiza, Cantón Loja – Loja

Correo electrónico: diana.poma@unl.edu.ec

Celular: 0989856275

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, PhD.

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y a toda mi familia. Principalmente, a mis padres Rosario y Jorge que me apoyaron y contuvieron los malos momentos y en los buenos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento. Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

A mis queridos hermanos Vanessa, Cristian y Anthony que han estado alentándome durante todo este camino que no ha sido fácil, gracias por darme siempre una mano cuando lo he necesitado.

A mi precioso sobrino Theos por ser una inspiración y un apoyo inmenso, que con una sonrisa me daba las fuerzas necesarias para continuar.

Diana Carolina Poma Soto

Agradecimiento

De igual forma, agradezco a mi director de Tesis Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite. Gracias a sus orientaciones y correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

A la Universidad Nacional de Loja y la planta de docencia de la carrera de Agronomía, donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

Gracias infinitas a mi querida familia siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

Mis amigos y compañeros de viaje, en especial a Diana García, Clara Sarango, Fabian Jiménez, Jordán Sánchez, Elvis Sarango y Celso Cabrera no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

A mi querido novio Alberto Valarezo gracias por darme tu amor y apoyo incondicional, por no abandonarme cuando más lo necesite.

Gracias por ser quienes son y por creer en mí.

Diana Carolina Poma Soto

Índice de contenido

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo General.....	5
3.2. Objetivos Específicos.....	6
4. Marco teórico....	6
4.1. Origen del cultivo de quínoa.....	6
4.2. Clasificación taxonómica y características morfológicas del cultivo de quínoa ...	6
4.2.2. Tallo	7
4.2.3. Hojas.....	7
4.2.4. Inflorescencia	8
4.2.5. Flores	8
4.2.6. Fruto	8
4.2.7. Semilla.....	8

4.3.	Requerimientos climáticos y edáficos para la quínoa	8
4.3.1.	Temperatura	8
4.3.2.	Humedad y precipitación	9
4.3.3.	Suelo.....	9
4.4.	Importancia nutricional de la quínoa	9
4.4.1.	Proteínas.....	9
4.4.2.	Grasas.....	10
4.4.3.	Minerales.....	10
4.4.4.	Vitaminas	11
4.5.	Fenología de la parte aérea de la quínoa	11
4.5.1.	Emergencia.....	11
4.5.2.	Crecimiento vegetativo	11
4.5.3.	Ramificación	11
4.5.4.	Crecimiento reproductivo.....	12
4.3.	Biofertilizantes.....	12
4.3.	Asociación de cultivos	15
5.	Metodología.....	16
5.1.	Ubicación del área de estudio	16
5.2.	Metodología general	16
5.2.1.	Alcance de la investigación	17
5.2.2.	Diseño Experimental.....	17
5.2.3.	Modelo matemático.....	19
5.2.4.	Metodología para el primer objetivo específico. Evaluar el crecimiento del cultivo de quínoa en respuesta a la asociación con leguminosas y el uso de microorganismo benéficos.....	19

5.2.5. Metodología para el segundo objetivo específico. Evaluar los rasgos morfológicos del crecimiento de la quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), variedad Chimborazo en respuesta a la asociación con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos.....	20
5.2.6. Análisis Estadístico	21
6. Resultados.....	22
6.1. Fenología.....	22
6.2. Respuesta del crecimiento de la quínoa a la asociación de cultivos y la aplicación del bio-producto	25
6.3. Altura de la planta.....	26
6.4. Diámetro del tallo	27
6.5. Cobertura vegetal.....	27
6.6. Índice de SPAD.....	28
6.7. Área foliar del cultivo	29
6.8. Biomasa del cultivo.....	30
7. Discusión.....	32
8. Conclusiones	36
9. Recomendaciones	37
10. Bibliografía	38
11. Anexos.....	49

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la quinua.	6
Tabla 2. Composición del biofertilizante comercial ORGEVIT.....	14
Tabla 3. Deliniamiento del diseño experimental del cultivo asociado con leguminosas y el uso del bio-producto en el crecimiento de la quinúa.	17
Tabla 4. Abreviaturas y tratamientos del intercalado con leguminosas y el uso del bio-producto en el crecimiento de la quinúa.	18
Tabla 5. Etapas de crecimiento fenológico de la quinua basadas en la escala BBCH.....	21
Tabla 6. Duración de la etapas fenológicas de la planta quinúa con el intercalado con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas.....	22
Tabla 7. Variables de crecimiento de la quinúa asociadas con leguminosas y con la aplicación del bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas.....	24

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del experimento.....	16
Figura 2. Diseño experimental, detallando cada uno de sus tratamientos distribuidos al azar con sus respectivas repeticiones.....	18
Figura 3. Respuesta del crecimiento de la quinúa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de microorganismos: A con aplicación de bio-producto; B sin aplicación del bio-producto.	26
Figura 4. Respuesta del diámetro del tallo de la planta de quinúa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de microorganismos: A con aplicación de bio-producto; B sin aplicación del bio-producto.....	27
Figura 5. Respuesta de la cobertura vegetal de la quinúa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de microorganismos: A con aplicación de bio-producto; B sin aplicación del bio-producto.....	28

Figura 6. Respuesta del índice de SPAD de la quínoa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de microorganismos: A con aplicación de bio-producto; B sin aplicación del bio-producto.....	29
Figura 7. Respuesta del área foliar de la quínoa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de microorganismos: A con aplicación de bio-producto; B sin aplicación del bio-producto.	30
Figura 8. Respuesta del peso de la biomasa de la quínoa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de microorganismos: A con aplicación de bio-producto; B sin aplicación del bio-producto.....	31

Índice de anexos

Anexo 1. Trazo y división de parcelas.....	49
Anexo 2. A) Aplicación de herbicida preemergente sobre cada una de las parcelas. B) Aplicación de compost sobre hileras destinadas a la siembra de quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Will. Var Chimborazo).....	49
Anexo 3. A) Emergencia de las semillas de quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Will. Var Chimborazo).....	50
Anexo 4. Aplicación de insecticida agrícola (SHY), para controlar diabrótica (<i>Diabrotica</i> sp.) y gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.).	50
Anexo 5. A) Medición del área foliar. B) Secado de biomasa a 75 °C por 48 horas. C) Peso de biomasa seca con ayuda de una balanza analítica.	51
Anexo 6. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable altura de la planta (p valor significativo >0,05).	51
Anexo 7. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable diámetro de tallo (p valor significativo >0,05).	51
Anexo 8. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable Cobertura Vegetal (p valor significativo >0,05).	52
Anexo 9. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable índice de SPAD (p valor significativo >0,05).	52
Anexo 10. Certificación de traducción del abstract.....	53

1. Título

**Desempeño agronómico de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)
cultivada en asociación con leguminosas usando microorganismos
benéficos en la Argelia – Loja**

2. Resumen

La presente tesis evaluó el desempeño agronómico de la quínoa cultivada en asociación con leguminosas usando microorganismos benéficos en La Argelia – Loja. Así mismo, se analizaron diferentes rasgos morfológicos del crecimiento de la quínoa. La investigación se la realizó en la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, se estableció un ensayo de campo bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo bifactorial. Se evaluó el efecto de la asociación del cultivo de quínoa con leguminosas (alverja, vicia y frejol) y el uso de microorganismos benéficos, se utilizaron ocho tratamientos con tres repeticiones, producto de la combinación de niveles de asociación de cultivos (leguminosas-quínoa) y la aplicación de un bio-fertilizante a base de microorganismos benéficos (micorrizas) con un total de 24 unidades experimentales. Se evaluaron las variables altura de la planta, diámetro del tallo, fenología, biomasa del cultivo, área foliar, cobertura vegetal e índice Spad. No se encontraron diferencias significativas sobre la fenología de la quínoa, así como, sobre las variables de crecimiento y fisiológicas, sin embargo, se observó en todos los tratamientos con aplicación de micorrizas los mayores valores de las variables de crecimiento como cobertura vegetal, altura de planta, diámetro de tallo, independientemente de la asociación de cultivos, sugiriendo un efecto favorable sobre la nutrición de la quínoa.

Palabras clave: Biomasa, Bio-producto, Fenología, Asociación, Microorganismos, SPAD

2.1. Abstract

In this thesis, quinoa grown in conjunction with legumes and beneficial microorganisms was evaluated for its agronomic performance. Additionally, different quinoa growth traits were examined. The research was carried out at the Quinta Experimental Docente La Argelia of the National University of Loja. A field trial was established under a completely randomized experimental design (DCA), with a bi-factorial arrangement. A study was conducted to evaluate the impact of incorporating legumes (vetch, vetch and beans) into the quinoa crop and the use of beneficial microorganisms. Eight treatments with three replications were used, resulting from the combination of levels of crop association (legumes-quinoa) and the application of a bio-fertilizer based on beneficial microorganisms (mycorrhizae) with a total of 24 experimental units. The variables plant height, stem diameter, phenology, crop biomass, leaf area, plant cover and Spad index were evaluated. A significant difference in phenology, growth and physiological variables for quinoa was not found; however, in all treatments with mycorrhizae application, regardless of the crop association, higher values were observed for variables such as plant cover, plant height, and stem diameter, suggesting that mycorrhizae application improved quinoa nutrition.

Keywords: Biomass, Bio-product, Phenology, Association, Microorganisms, SPAD

3. Introducción

El conocimiento general del cultivo de quínoa indica que es el único alimento que está compuesto por cantidades muy altas de aminoácidos esenciales, así como de vitaminas B, hierro y calcio (Fao, 2011). La quínoa es una fuente de proteínas de muy buena calidad, la calidad nutricional del grano es muy importante debido a su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras tanto, las proteínas de los cereales son escasos en estos aminoácidos (Muñoz, 2013).

En el Ecuador, la quínoa ha sido considerada como un cultivo secundario, por su limitada superficie cultivada y por su bajo consumo e interés por parte de la población. No obstante, varias instituciones nacionales, apoyadas por organismos internacionales y por el gobierno nacional, han logrado realizar actividades de rescate y promociones de los cultivos nativos, entre ellos la quínoa (Orozco, 2014). Gracias a dichas instituciones, se ha logrado tanto la conservación y producción de semilla de buena calidad, como la promoción y su consumo nacional e internacional (Peralta, 2014). El cultivo de quínoa principalmente se produce en la región interandina, donde existen características geográficas y climáticas adecuadas para su desarrollo, son sembradas por la mayoría de los agricultores de una manera tradicional, especialmente de una manera más práctica como son en hileras, como suplemento al huerto familiar y en asocio con cultivos como el maíz, papa, habas, oca y mellocos. Hay entidades como el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y algunas Universidades que vienen efectuando una investigación para obtener una mejor tecnificación del cultivo y aumentar su productividad (Mena, 2013).

Los sistemas de producción del cultivo de quínoa tradicionalmente forman parte de un sistema de asociación y monocultivo, los más frecuentes son con maíz (58,7 %) (Rember et al.2018). El cultivo de quínoa en asociación con leguminosas podría ser recomendable ya que se reconoce el beneficio de las leguminosas en la agricultura, debido a que promueven una mayor diversidad biológica, disminuyendo el riesgo de pérdida total de la cosecha, promueve el equilibrio biológico, disminuyendo los ciclos de plagas y enfermedades, aumentan la fijación de nitrógeno, que en consecuencia podría incrementar en rendimiento optimizando el uso de los recursos (Sinchiguano, 2017).

En la provincia de Loja, en especial en la zona rural, hay tradición en el cultivo de este grano, desconociendo los beneficios que posee y sus múltiples derivados, las capacitaciones que se han dado sobre el cultivo de quínoa solo sido un 1,94% (MAG, 2020). Estudios experimentales en la hoya de Loja indican que el cultivo de quínoa se adapta muy bien a las condiciones edafoclimáticas (Montalvo, 2016). Una alternativa para el manejo de la fertilidad, podría ser el uso de sistemas de asociación de cultivo que mejore el uso y reciclaje de los nutrientes.

En el mercado internacional el cultivo de quínoa orgánica tiene una alta demanda, en Ecuador existe quínoa con certificación orgánica, sin embargo, la mayoría de la producción es de quínoa convencional (PROECUADOR, 2015). La presente investigación cobra interés en el asocio de quínoa con leguminosas ya que este cultivo andino es considerado como una alternativa ante los problemas que existen de la seguridad alimentaria, teniendo un incremento a nivel comercial en mercados locales e internacionales (Rojas, 2010), ya que en la mayoría de los lugares de producción se practica el monocultivo que tiene desventajas porque contribuye con la disminución de la biodiversidad de los ecosistemas agrícolas, incrementa en la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos, así como la pérdida de fertilidad y erosión de los suelos (Torres et al., 2018).

El estudio también está enfocado en el uso de microorganismos benéficos del suelo, tanto los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA), constituyentes claves de la zona rizosférica, contribuyen a mejorar el desarrollo y la nutrición de la planta, así como a incrementar la tolerancia de los cultivos frente a determinadas situaciones de estrés de tipo biótico o abiótico. La integración de estos microorganismos en los sistemas garantiza la sostenibilidad, contribuyendo a optimizar la calidad y la salud del suelo, aumentando así su crecimiento (Jaizme, 2008).

Con referencia a lo argumentado anteriormente nos hemos planteado los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo General

- Evaluar el desempeño agronómico de la quínoa en asociación con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos bajo las condiciones agroclimáticas de la hoya de Loja

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el crecimiento del cultivo de quínoa en respuesta a la asociación con leguminosas y el uso de microorganismo benéficos.
- Evaluar los rasgos morfológicos del crecimiento de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedad Chimborazo en respuesta a la asociación con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos.

4. Marco teórico

4.1. Origen del cultivo de quínoa

Alrededor de 7000 años la quínoa ha sido cultivada en la región andina donde ha sido apreciada por su valor nutritivo y adaptabilidad a condiciones ambientales difíciles (Peralta, 2014). La quínoa es una planta andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. La quínoa fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces (Mujica et al., 2001).

Son muchos los nombres con los que se denomina a la quínoa siendo el más conocido el de quínoa o arroz andino. En quechua, se conoce también a la quínoa como: Ayara, y fue un alimento sagrado en la época de los Incas (Morillo et al., 2021).

4.2. Clasificación taxonómica y características morfológicas del cultivo de quínoa

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS), en la tabla 1 se clasifica taxonómicamente del cultivo de quínoa de la siguiente manera

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la quínoa.

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	<i>Chenopodium</i>

Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
Nombres comunes	Quínoa, Quinoa, Quínoa.

Fuente: (ITIS, 2011)

Es una especie de planta herbácea dicotiledónea con parientes silvestres y poblaciones domesticadas. Es ampliamente cultivado, desde el nivel del mar en la costa hasta los 4000m sobre el nivel del mar (Dimitrios et al., 2019).

4.2.1. Raíz

La raíz de quínoa 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. Su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (Gómez y Aguilar, 2016).

4.2.2. Tallo

Tiene un tallo erecto, cilíndrico hacia el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones. Es de color verde, rojo o amarillo con o sin estrías que junto al tallo pueden ser coloreadas (Allende, 2017). 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 (Gómez y Aguilar, 2016).

4.2.3. Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta, la lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino (Mujica et al., 2004).

Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular– granular blanca, rosada o púrpura. Esta pubescencia granular es capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas, influenciando el comportamiento de las células guarda de las estomas, por lo tanto, en la

transpiración (Gómez y Aguilar, 2016).

4.2.4. Inflorescencia

Es una panoja con una longitud variable de 15 – 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 ejes terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulatas e intermedias (Gómez y Aguilar, 2016).

4.2.5. Flores

Las flores son pequeñas, incompletas y son principalmente hermafroditas (Cortés, 2016). Estambres 2-5, generalmente opuestos a los tépalos, a veces alternado con lóbulos (*pseudoestaminodios*) enteros, dentados o fimbriados, libres o soldados en tubo corto. Ovario súpero, biotricarpelar, sincárpico, unilocular (Mendoza, 2018).

4.2.6. Fruto

Es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos. El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla (Gómez y Aguilar, 2016).

4.2.7. Semilla

La semilla está envuelta por la episperma en forma de una delgada membrana. El embrión es periférico y curvado por lo que es muy susceptible al daño mecánico. Está formado por un eje hipocotileradícula y los cotiledones, que envuelven al perisperma como un anillo. El perisperma, tejido de reserva, es almidonoso, generalmente de color blanco y constituye la mayor parte de la semilla (Allende, 2017).

4.3. Requerimientos climáticos y edáficos para la quínoa.

4.3.1. Temperatura

La temperatura media adecuada para la quínoa está alrededor de 15-25 °C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C, prosperando adecuadamente, al

respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8°C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano (Mena, 2013).

4.3.2. Humedad y precipitación

Las precipitaciones para el normal desarrollo del cultivo son variadas dependiendo de la variedad, de manera general las precipitaciones durante el ciclo de cultivo van en un rango de 300 mm a 1 000 mm considerando óptima de 500 a 800 mm (Gómez & Aguilar, 2016).

4.3.3. Suelo

La quínoa se desarrolla mejor en suelo franco, semi profundo, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También se adapta a suelos franco arenosos, arenosos o francos arcillosos, siempre y cuando se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados (Allende, 2017).

4.4. Importancia nutricional de la quínoa

La quínoa, ha sido identificada como un alimento completo debido a su aporte integral a la demanda de la nutrición humana; supera los requerimientos estándar y presenta compuestos de alto valor funcional como polifenoles, fitosteroles y flavonoides, que le dan no solo valor nutricional sino también terapéutico y farmacéutico. En cuanto a su calidad para la conformación de alimentos modernos tiene excelentes propiedades como una alta solubilidad de la harina en agua, una temperatura de gelatinización adecuada para la preservación de las propiedades funcionales (Vargas et al., 2019).

4.4.1. Proteínas

La cantidad de proteínas en la quínoa depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,4 % y un 17,0 % de su parte comestible. Aunque generalmente tenga una mayor cantidad de proteínas en relación con la mayoría de granos, la quínoa se conoce más por la calidad de las mismas. La proteína está compuesta por aminoácidos, ocho de los cuales están considerados esenciales tanto para niños como para adultos (FAO, 2013).

En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quínoa y los del trigo, arroz y maíz se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quínoa son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasas y ceniza (FAO, 2011).

4.4.2. Grasas

La quínoa contiene más grasas (6,3 g) por cada 100 g de peso en seco en comparación con los frijoles (1,1 g), el maíz (4,7 g), el arroz (2,2 g) y el trigo (2,3 g). Las grasas son una importante fuente de calorías y facilitan la absorción de vitaminas liposolubles. Del contenido total de materias grasas de la quínoa, más del 50 % viene de los ácidos grasos poliinsaturados esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3) ³. Los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, ya que no los puede producir el cuerpo. Se ha demostrado que los ácidos grasos de la quínoa mantienen la calidad debido al alto valor natural de la vitamina E, que actúa como antioxidante natural (FAO, 2013).

La quínoa ayuda a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno) gracias a su contenido en ácidos grasos omega 3 y omega 6. En algunos casos el 82,71% de ácidos grasos en el aceite de quínoa pertenece a ácidos grasos insaturados. En las últimas décadas los ácidos grasos insaturados han cobrado gran importancia por la actividad benéfica para el organismo que se les atribuye, al mantener la fluidez de los lípidos de las membranas (FAO, 2011).

4.4.3. Minerales

Si se hace una comparación entre trigo, maíz, arroz, cebada, avena, centeno, triticale y quínoa, en la quínoa resalta el alto contenido de calcio, magnesio y zinc (FAO, 2011). La falta de hierro suele ser una de las deficiencias nutricionales más comunes. Sin embargo, la quínoa, del mismo modo que todos los alimentos vegetales, contiene algunos componentes no nutritivos que pueden reducir el contenido y la absorción de sustancias minerales. Las más notables son sus saponinas, que se encuentran en la capa exterior de la semilla de la quínoa y normalmente se extraen durante su procesamiento para eliminar el sabor amargo. La quínoa también tiene un alto contenido en el compuesto de oxalato, que se puede unir a minerales como el calcio y el magnesio y reducir su absorción en el cuerpo (FAO, 2013).

4.4.4. Vitaminas

La quínoa es también una buena fuente de las vitaminas B2 (riboflavina) y ácido fólico en comparación con otros granos, mientras que su contenido en tiamina es similar al de otros granos y el de niacina es en promedio inferior. También contiene cantidades significativas de vitamina E, aunque esta cantidad parece disminuir después de procesarse y cocinarse. En general, el contenido en vitaminas de la quínoa no se ve afectado por la eliminación de sus saponinas, ya que las vitaminas no se encuentran en el pericarpio de la semilla (FAO, 2013).

4.5. Fenología de la parte aérea de la quínoa

4.5.1. Emergencia

La quínoa es una planta epigea, es decir, a la germinación sus cotiledones emergen del suelo por elongación de hipocótilo, el cual puede presentar coloraciones rojizas. Si las condiciones del suelo son las adecuadas, las plántulas emergen del suelo a la semana de su siembra (Tejos., 2015).

4.5.2. Crecimiento vegetativo

Durante este estado, la planta pasa de su condición heterótrofa, totalmente dependiente de las reservas de los cotiledones, a su condición autótrofa, ahora dependiente de la fotosíntesis de sus hojas verdaderas. Se subdivide en los siguientes sub estados:

Crecimiento heterótrofo a expensas de las reservas cotiledones. La aparición de dos hojas verdaderas es evidente a las tres semanas después de la siembra. Durante este estado, la planta inicia además el rápido crecimiento de las raíces.

Desde los 22 a los 30 días posteriores a la siembra, se observa el inicio de la formación de brotes en la axila del primer par de hojas verdaderas. Las reservas de las hojas de los cotiledones se terminan y estas se tornan amarillentas dando inicio a la autótrofa de la planta.

Desde los 31 a los 45 días después de la siembra, ya existen 3 pares de hojas verdaderas. Las plantas son completamente autótrofas (Tejos., 2015).

4.5.3. Ramificación

Este estado ocurre aproximadamente entre los 45 y los 50 días después de la siembra. En este se pueden apreciar unas ocho hojas verdaderas en desarrollo y hojas axilares hasta el tercer

nudo. Las hojas cotiledones caen y dejan la cicatriz en el tallo. También se inicia la primera inflorescencia, la que aparece envuelta por hojas.

4.5.4. Crecimiento reproductivo.

Este estado va desde el inicio de la floración y hasta la aparición de la inflorescencia completamente formada y con sus flores en polinización activa. En este periodo se fija el número de granos que llegarán a la cosecha. Se divide en los siguientes subestados:

Inicio de la espiga: este subestado ocurre aproximadamente entre los 51 y los 60 días después de la siembra. El primer par de hojas verdaderas se pone amarillento. Durante este período se produce un fuerte alargamiento y engrosamiento del tallo.

Espigado: al inicio de este subestado, la inflorescencia principal se destaca claramente por sobre el follaje, presentándose como un gran racimo con racimos laterales más pequeños. Esta fase ocurre entre los 65 y 70 días después de la siembra.

Inicio de floración: las flores hermafroditas muestran sus estambres apicales.

Esta fase ocurre entre los 75 y 80 días después de la siembra.

Antesis o plena floración: el 50% de las flores de la espiga están abiertas. Este subestado ocurre entre los 90 y 100 días después de la siembra. En el caso de existencia de espigas secundarias, éstas son más pequeñas y están abiertas en diferentes estados de floración dependiendo de su posición dentro de la planta (Tejos, 2015).

4.3. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son una de las formas más prometedoras de aumentar la producción de cultivos sin dañar el medio ambiente (Kour et al., 2020). A diferencia de los fertilizantes orgánicos que consisten en estiércol animal, compost, desechos de lodos, turba, huesos y harina de sangre (Hazra, 2016; Raimi et al., 2017), los biofertilizantes contienen uno o más microorganismos vivos (es decir, bacterias, hongos, algas) solos o en combinación que se asientan en la rizosfera y mejoran la productividad del suelo al fijar el nitrógeno atmosférico y solubilizar diferentes

nutrientes, ejerciendo así efectos beneficiosos directos o indirectos sobre crecimiento y rendimiento de los cultivos a través de diferentes mecanismos (El- Ghamry et al., 2018 ; Maçık et al., 2020).

4.3.1. Micorrizas

Se entiende por micorrizas a las asociaciones simbióticas entre los hongos y las raíces de las plantas vasculares, los hongos micorrízicos (HM) forman asociaciones beneficiosas con casi todos los cultivos agrícolas, pueden brindar beneficios a las plantas de cultivo a través de múltiples mecanismos, incluida la resistencia a patógenos y la adquisición de nutrientes (Wehner et al., 2010, Veresoglou et al., 2012). También pueden aumentar la función del ecosistema del suelo. Por ejemplo, después de la colonización de la raíz del cultivo, los hongos suelen crear una extensa red de hifas extrarradicales para explorar el suelo y transferir nutrientes. Tanto la espora del hongo como las paredes de las células contienen una glicoproteína del suelo recalcitrante conocida como glomalina (Gottshall et al., 2017), que puede aportar del 4 al 8% del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas naturales y del 2 al 4% de carbono orgánico del suelo en los sistemas agrícolas, y también contribuye a la formación de agregados de suelo estables al agua (Gottshall et al., 2017). Investigaciones recientes en sistemas agrícolas han mostrado correlaciones positivas entre la diversidad de hongos micorrízicos y la glomalina (Rillig, 2004, Veresoglou et al., 2012). Las relaciones de micorrizas pueden ser la clave para reducir la cantidad de fertilizantes. Las plantas desarrollan una calidad biológica superior y mayores rendimientos (entre 15% y 50%) (Bulgarelli et al., 2020).

4.4. Biofertilizante de venta libre en Ecuador

4.4.1. ORGEVIT

De acuerdo a Euroagro (2021), ORGEVIT® es un biofertilizante certificado de alta calidad originario de los Países Bajos, que está compuesto por nutrientes orgánicos (primarios, secundarios y oligoelementos) y también por materia orgánica extraída de abono de ave cuidadosamente seleccionado y procesado. ORGEVIT® cuenta con una exitosa formulación de tres elementos muy importantes, materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas.

La materia orgánica es uno de los elementos orgánicos con mayor tasa de mineralización lo que la convierte en una excelente fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y otros micronutrientes.

Los ácidos húmicos funcionan como un acondicionador natural de suelos que estimulan la vida microbiana y son los responsables de la formación y aumento de raíces.

Las micorrizas presentes en ORGEVIT® son endomicorrizas que penetran en el interior de las células de las raíces y/o se fijan a la superficie de una raíz. Son el único sistema de hongos benéficos que se clasifica como un biofertilizante. La composición del producto se visualiza en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición del biofertilizante comercial ORGEVIT

COMPOSICIÓN	% p/p
Materia Seca	90.0
Materia Orgánico total	75.0
Ácidos húmicos	50.0
Micorrizas	100 mil esporas por Libra
Nitrógeno (N)	4.00
Fosforo (P)	3.00
Potasio (K)	2.50
Oxido de Calcio (Ca)	9.00
Azufre (S)	1.00

4.5. Uso de leguminosas en la Agricultura

Las leguminosas juegan un papel clave en la intensificación agrícola sostenible al proporcionar una fuente de proteína comestible para humanos y ganado, lo que convierte a esta familia en el segundo cultivo más cultivado en todo el mundo después de los cereales (Angus et al., 2015). La introducción de diferentes especies de leguminosas en los sistemas de cultivo es de especial relevancia para: i) estabilizar la producción de alimentos en el tiempo (Renard y Tilman, 2019), ii) contribuir con nitrógeno (N) proveniente de la fijación biológica de N (Jensen et al., 2020), reduciendo la huella ambiental de la práctica de fertilización con N, iii) ayudar con el control de plagas y enfermedades (Voisin et al., 2014), y mejorar la rentabilidad agrícola (MacWilliam et al., 2014).

La introducción de leguminosas puede mejorar los rendimientos de los cereales que se cultivan en rotación y aumentar los rendimientos de los sistemas basados en proteínas (Guinet et al., 2020). Además de la soja, las principales leguminosas cultivadas, en orden decreciente de superficie global sembrada, son: maní (*Arachis hypogaea* L.), frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.), arveja común (*Pisum sativum* L.), caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), lenteja (*Lens culinaris* Medik), haba (*Vicia faba* L.) y altramuces (*Lupinus* spp.) (FAOSTAT, 2021). Las leguminosas son conocidas por su capacidad para establecer asociaciones simbióticas con N_2 - fijando las bacterias rizobios, contribuyendo al balance de N del suelo a través del proceso de fijación biológica de N (Palmero et al., 2022).

4.3. Asociación de cultivos

Según Mejía y Zavaleta (1999), la asociación de cultivos es una forma de policultivo usada por la agricultura tradicional, ecológica y la permacultura, mientras que Muñoz. (2018) afirma que es una de las técnicas más efectivas de la agricultura ecológica, que consiste en plantar dos o más especies en relación de cierta cercanía provocando una relación competitiva y complementaria.

En los ecosistemas naturales, una mayor riqueza de especies aumenta el rango de interacciones entre las especies de plantas y su ambiente abiótico, y entre las propias especies de plantas, y se asocia con una mayor productividad. Las interacciones en rodales multiespecíficos pueden clasificarse como: i) complementarias, ii) competitivas o iii) facilitadoras (Naudin et al., 2010). El cultivo intercalado, a pesar de que solo aumenta la diversidad de especies de una a dos especies, tiene como objetivo explotar estos tres tipos de interacciones y aplicarlas dentro del contexto agrícola para beneficiar el rendimiento y la estabilidad del sistema de cultivo (Dowling et al., 2021).

La complementariedad ocurre cuando la adquisición de recursos entre las especies varía en el tiempo, el espacio o la forma química que se asimila, lo que aumenta la captura y la eficiencia en el uso de los recursos (Betencourt et al., 2012). La complementariedad es posible gracias a las diferencias en la morfología y fenología de las plantas, el rango ambiental y las necesidades de recursos que conforman el nicho de una especie (Lehman y Tilman, 2000). Dentro de una comunidad de plantas, el aumento de la riqueza de especies amplía la gama de condiciones químicas y ambientales que se pueden utilizar a través de la diferenciación de nichos, lo que explica por qué una mayor diversidad de plantas mejora la productividad y la eficiencia del ecosistema (Tilman y Snell, 2016).

5. Metodología

5.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en La Quinta Experimental Docente la Argelia (QEDA) de la Universidad Nacional de Loja en el barrio La Argelia, parroquia Punzará, cantón y provincia Loja; la QEDA se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas $4^{\circ}02'19.2''S$ $79^{\circ}12'00.6''W$ (Figura 1). La zona de estudio se encuentra a 2 150 m.s.n.m, presenta una temperatura promedio de $18^{\circ}C$ y una precipitación media anual de 1 058 mm en un suelo de naturaleza franco limoso con un pH de 5 a 6.

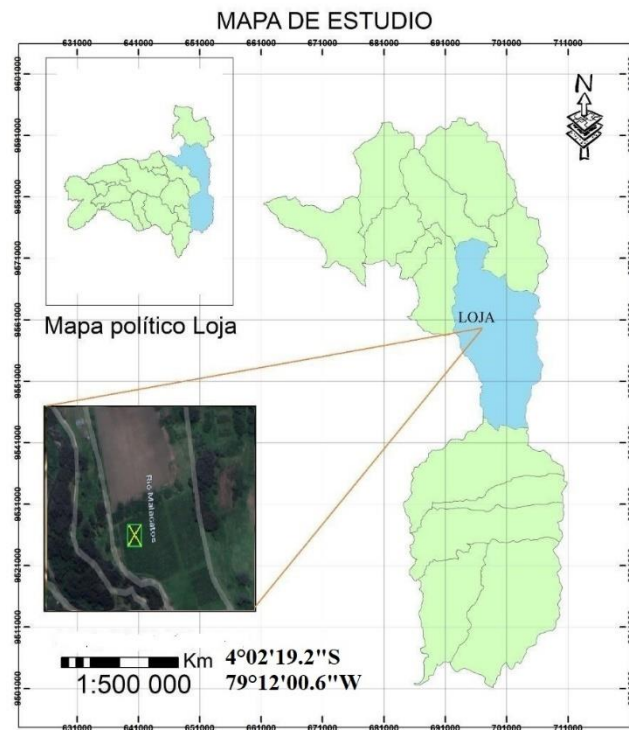


Figura 1. Mapa de ubicación del experimento.

Fuente: Amay, 2022.

5.2. Metodología general

Se realizó un análisis químico del suelo para la corrección de macro y micronutrientes, se recogió 10 submuestras en zigzag a una profundidad de 0,25 m, estas se secaron y se mezclaron para tomar 1 kg de suelo para el análisis químico en el laboratorio. Posteriormente se preparó el terreno con el paso del arado y la rastra, también se aplicó un herbicida preemergente, para proceder con la preparación de las unidades experimentales las cuales tuvieron una dimensión de

2,5 m de largo por 2,5 m de ancho, con una distancia de surcos de 0,4 m, a continuación se sembró la quínoa a chorro continuo para posteriormente ralea dejando 1 planta cada 10 cm, la siembra de leguminosas se la realizó el mismo día que se lo hizo con la quínoa, en el caso de la vicia y arveja se sembró a chorro continuo, mientras que el fréjol se depositaron 2 semillas por golpe con una distancia de 0.20m entre planta.

Se realizaron controles químicos de las plagas con la aplicación de insecticidas agrícolas (SHY, Solitrina), para controlar diabrotica (*Diabrotica sp.*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) presentes durante las etapas de ramificación e inicio de panojamiento en el cultivo de quínoa, existió la presencia de algunas arvenses como lengua de vaca (*Rumex sp.*) y algunos pastos que se los controló a través de prácticas culturales.

5.2.1. Alcance de la investigación

El alcance de la presente investigación es de tipo cuantitativa, donde se podrá determinar la respuesta de la asociación de quínoa con leguminosas y la aplicación de microorganismos benéficos en el desempeño agronómico del cultivo

5.2.2 Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño completamente al Azar (DCA), en arreglo bifactorial (4 x 2) (factor 1: intercalado de cultivos, y factor 2, aplicación edáfica del bio-producto ORGEVIT®). En el factor intercalado se utilizó tres especies de leguminosas: vicia, arveja y fréjol, más un control monocultivo de quínoa variedad Chimborazo. Mientras que, para el segundo factor se aplicó según la recomendación del fabricante y un control sin aplicación del bio-producto (Tabla 3). Finalmente, los tratamientos resultantes fueron ocho con tres repeticiones que se detallan en la Tabla 4, y posterior a ello se esquematiza el diseño experimental empleado en campo (Figura 2).

Tabla 3. Delineamiento del diseño experimental del cultivo asociado con leguminosas y el uso de bio-producto en el crecimiento de quínoa.

Diseño	Cantidad
Número de tratamientos:	8
Número de repeticiones por tratamiento:	3
Número total de parcelas:	24

Unidad experimental:	1 parcela
Número de hileras	6
Número de plantas por hilera	24
Tamaño de la parcela	2,5 m ancho x 2,5 m largo

Factores:

Factor 1	Factor 2
Intercalado de cultivos+ control	Bio-producto ORGEVIT
Vicia	Con Bio-producto
Arveja	Sin Bio-producto
Frejol	
Monocultivo quínoa	

Tabla 4. Abreviaturas y tratamientos del intercalado con leguminosas y el uso de bio-producto en el crecimiento de la quínoa.

Tratamiento	Bio-producto	Asociación con leguminosas
T1	Con	Monocultivo Quínoa
T2	Con	Quínoa+Vicia
T3	Con	Quínoa+Arveja
T4	Con	Quínoa+Fréjol
T5	Sin	Monocultivo Quínoa
T6	Sin	Quínoa+Vicia
T7	Sin	Quínoa+Arveja
T8	Sin	Quínoa+Fréjol

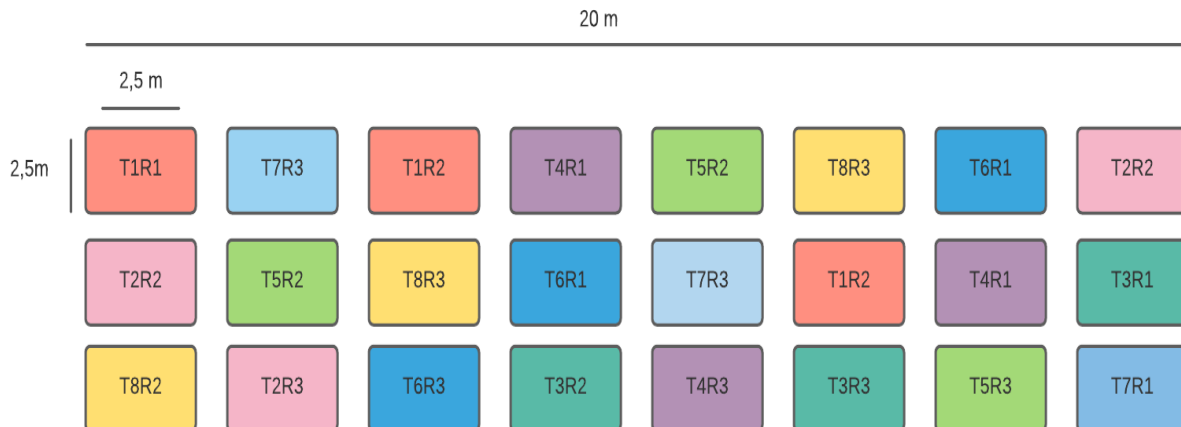


Figura 2. Diseño experimental, detallando cada uno de sus tratamientos distribuidos al azar con sus respectivas repeticiones.

5.2.3. Modelo matemático

Considerando que se usará un DCA con arreglo bifactorial, se usará el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Respuesta de la k-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor A y j-ésimo nivel del factor B

μ = Media general de las observaciones

A_i = Efecto que produce el i-ésimo nivel del factor A

B_j = Efecto que produce el j-ésimo nivel del factor B

AB = Efecto de la interacción entre el nivel i de A con el nivel j de B

ϵ_{ijk} = Error asociado a la ijk-esima observación, que se supone normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza σ^2

5.2.4 Metodología para el primer objetivo específico. Evaluar el crecimiento del cultivo de quínoa en respuesta a la asociación con leguminosas y el uso de microorganismo benéficos.

Se realizaron comparaciones entre las parcelas del bio-producto comercial que contenía micorrizas 100 000 esporas/Lb + Ácidos húmicos (50% p/p), el producto fue obtenido a través de un convenio con la Empresa EUROAGRO S.A, y se evaluó su efecto sobre el crecimiento de la quínoa. Cabe aclarar que el producto no especifica el tipo de micorriza o consorcio de micorrizas.

El bio-producto fue aplicado en una dosis de 50kg/ha⁻¹, distribuido en dos aplicaciones, cada 15 días. La primera aplicación del bio-producto se realizó, al momento de encontrarse el cultivo completamente establecido en la etapa fenológica de panoja miento, se colocó de 5kg, la segunda aplicación se realizó en la etapa de florecencia en la cual se colocó 3kg. De esta manera se identificará si los cultivos que están interactuando ejercen un efecto positivo o un efecto negativo sobre la quínoa.

Las variables que fueron evaluadas son las siguientes:

Altura de planta: De 2 plantas de quínoa seleccionadas al azar de las hileras centrales y cada unidad experimental (parcela), se registró esta variable, utilizando una cinta métrica, midiendo desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma (cm). Las lecturas se efectuaron cada 6 días, posterior a la primera aplicación del bio-producto hasta la etapa de la floración

Área foliar (AF): Se seleccionaron 5 plantas al azar de las cuales se escogieron las hojas más representativas, para obtener una ecuación que estime el área foliar, para lo cual, se utilizó un Medidor Portátil de Área Foliar, y por medio de escaneo, se obtuvo el área foliar de las hojas. Con estos datos por medio de regresión, $R^2 = 0,9708$), se estimó la ecuación para el área foliar, usando el peso seco de la planta

Para determinar el AF de cada planta se utilizó la siguiente ecuación:

$$y = 14,99x + 37,309$$

Diámetro del tallo: Se midió de 2 plantas tomadas al azar por unidad experimental, utilizando un calibrador Vernier, a 5 cm del nivel del suelo. Las lecturas se efectuaron cada 6 días, hasta la floración.

Biomasa del cultivo: esta variable se realizó mediante un muestreo destructivo cortando las plantas desde la base en el estado de panoja miento y se muestrearon 48 plantas de todo el cultivo (2 plantas/UE). Las plantas fueron secadas a 75 °C por 48 h, para posterior a ello pesar la biomasa total en una balanza analítica.

5.2.5 Metodología para el segundo objetivo específico. Evaluar los rasgos morfológicos del crecimiento de la quínoa (Chenopodium quinoa Willd.), variedad Chimborazo en respuesta a la asociación con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos

Para la realización del segundo objetivo se midieron las siguientes variables

Cobertura vegetal: Cada 8 días mediante una aplicación móvil se tomaron fotos desde una altura regular de aproximadamente 1 m, usando la aplicación canopeo app se estimó el porcentaje de la cobertura vegetal, desde la ramificación hasta la floración, en cada unidad experimental

Fenología: Semanalmente, se registró la fenología del cultivo de quínoa usando la escala BBCH (Martínez-Núñez et al., 2019), como se observa en la Tabla 5. Cada cambio de etapa se asignó cuando el 50% de las plantas de cada parcela cambió de un estado a otro.

Tabla 5. Etapas de crecimiento fenológico de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Will.) basadas en la escala BBCH.

Código	Descripción
0	Germinación
9	Emergencia de cotiledones a través del sol
10	Cotiledones completamente emergidos
11	Primer par de hojas visibles
12	Segundo par de hojas visibles
19	Nueve pares de hojas visibles
20	Brotes laterales visibles u hojas expandidas sin tallos laterales
50	Inflorescencia presente pero aún encerrada por hojas
59	Inflorescencia visible, pero todas las flores aún están cerradas

Fuente: (Sosa et al., 2017)

Índice SPAD: las lecturas de clorofila fueron realizadas por medio de un medidor Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de las hojas (650 a 940 nm), obteniéndose medias de dos plantas al azar por parcela con mediciones de tres hojas por planta, totalizando 6 hojas por parcela. Este variable se evaluó, cada 6 días desde el inicio de panojamiento hasta el inicio de la floración.

5.2.6 Análisis Estadístico


Los datos registrados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel, para su análisis estadístico mediante el programa Infostat versión libre. Los datos ingresados en el programa estadístico Infostat, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial en función del intercalado y la aplicación del bio-producto con un nivel de significancia del 5 % y pruebas de comparaciones múltiples mediante el test Tukey con un nivel de significancia del 5 %, para determinar si existen o no interacciones estadísticamente significativas en todas las variables registradas durante el tiempo de evaluación.



6. Resultados



6.1. Fenología

En la Tabla 6 se observan las etapas fenológicas del cultivo de quínoa variedad Chimborazo, Para esta variedad el ciclo fue de 108 días hasta el inicio de floración, la fase vegetativa presentó un rápido desarrollo del follaje de la planta.

Tabla 6. Duración de las etapas fenológicas de la planta de quínoa en asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas.

Estado BBCH	Días después de la siembra
<p style="text-align: center;">9 Emergencia de cotiledones a través del sol</p>	3 días
	

<p>11 Primer par de hojas visibles</p>	<p>23 días</p> 
<p>12 Segundo par de hojas visibles</p>	<p>32 días</p> 

<p>19 Nueve pares de hojas visibles</p>	<p>52 días</p> 
<p>20 Brotos laterales visibles u hojas expandidas sin tallos laterales</p>	<p>68 días</p> 
	<p>108 días</p>

<p style="text-align: center;">50 Inflorescencia presente pero aún encerrada por hojas</p>			
---	--	--	--

6.2. Respuesta del crecimiento de la quínoa a la asociación de cultivos y la aplicación del bio-producto

No se encontraron efectos estadísticos significativos en las variables de crecimiento de la quínoa en asociaciones con diferentes especies de leguminosas ($p > 0,05$), ni tampoco cuando se aplicó el bio-producto ($p > 0,05$) (Tabla 7).

Tabla 7. Variables de crecimiento de la Quínoa asociadas con leguminosas y con la aplicación del bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas.

Bio-producto	Asociación	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Cobertura vegetal (%)	Índice SPAD	Área foliar (cm²)	Peso de Biomasa (g)
Con	Monocultivo	59,83	5,37	54,94	47,2	71,39	3,67
	Quínoa+Vicia	51,18	5,08	53,54	39,37	76,36	3,8
	Quínoa+Arveja	47,58	4,82	56,13	49,13	78,83	4,22
	Quínoa+Fréjol	50,6	4,32	51,69	44,1	59,69	3,66
Sin	Monocultivo	50,5	4,15	37,1	36,13	71,24	3,72
	Quínoa+Vicia	53	4,22	40,15	38,2	70,26	3,89
	Quínoa+Arveja	48,25	3,99	40,68	47,13	77,73	3,82
	Quínoa+Fréjol	45,62	4,52	25,89	34,53	81,73	4,23
Asociación		n.s	ns	ns	ns	ns	ns
Bio-producto		n.s	ns	ns	ns	ns	ns
Asociación * Bio-producto		n.s	ns	ns	ns	ns	ns

Los datos fueron sometidos a la prueba de Tukey (p-valor<0,05). Los valores son medias de tres repeticiones. ns = efecto no significativo

6.3. Altura de la planta

Según el análisis estadístico realizado, no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable de altura de la planta. Así mismo se puede observar que la quínoa como monocultivo con la aplicación del bio-producto alcanzó una altura mayor de 59,83 cm, a diferencia del monocultivo sin la aplicación del bio-producto que obtuvo una altura de 50,50 cm, mientras que entre los cultivos asociados se destacó el cultivo de asocio-Vicia obteniendo una altura de 53,00 cm sin la aplicación del bio-producto, en cambio el cultivo que obtuvo una menor altura fue el asocio-Arveja independiente de la aplicación del bio-producto 47,58 y 48,25 cm (Tabla 7), (Anexo 6).

En la figura 3 se observa la dinámica de crecimiento, en la figura 3A a los 7 días después de la aplicación del bio-producto el tratamiento control fue el que alcanzó una mayor altura de 38,38 cm, en cambio cuando no se aplicó el bio-producto (figura 3B) la mayor altura a los 7 días se vio registrada en el asocio Arveja con una altura de 28,65 cm, cuando se aplicó el bio-producto el tratamiento control presentó una mayor altura hasta el final de la fase de experimentación, mientras que cuando no se aplicó el bio-producto al día 34 la mayor altura se vio registrada en el asocio Vicia.

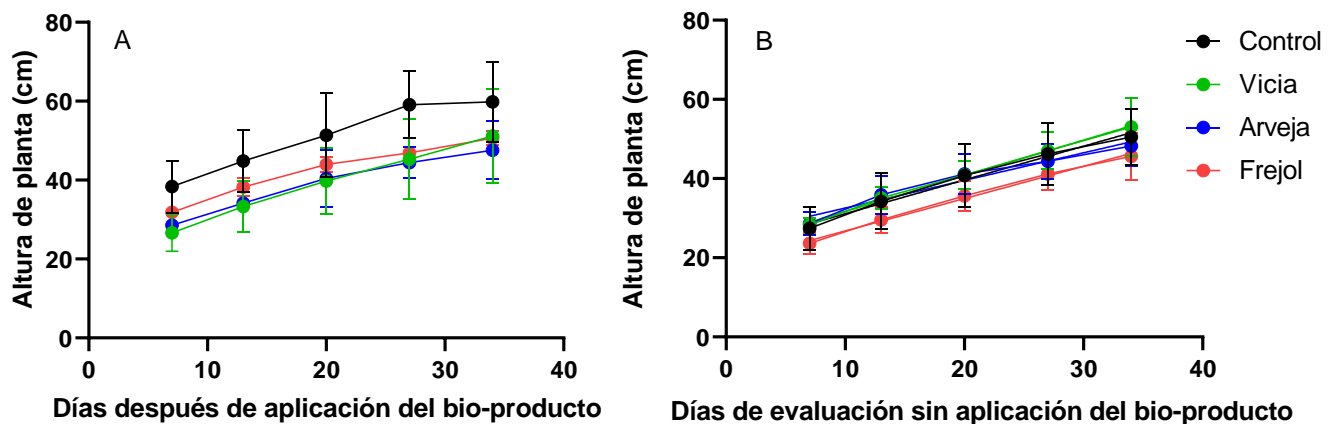


Figura 3. Altura de la planta de quínoa con asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas: **A** con aplicación de bio-producto; **B** sin aplicación de bio-producto.

6.4. Diámetro del tallo

En el diámetro del tallo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción asociado con leguminosas y la aplicación del bio-producto. A pesar de no existir diferencias significativas se pudo evidenciar que las plantas con los valores más altos fueron las del tratamiento control (Monocultivo) con la aplicación del bio-producto, donde los tallos alcanzaron un diámetro de 5,37 mm a los 27 días después de haber realizado dicha aplicación (Tabla 7), (Anexo 7).

En la figura 4 se muestra la respuesta del diámetro del tallo que obtuvieron las plantas de quínoa con la asociación de leguminosas y aplicación de bio-producto. En la figura 4A se muestra que el mayor diámetro fue registrado en el tratamiento control desde día 7 hasta el día 27 después de la aplicación del bio-producto, por otro lado, en la figura 4B se observa que el que obtuvo un mayor diámetro desde la primera hasta la última toma de datos fue la asociación con Fréjol.

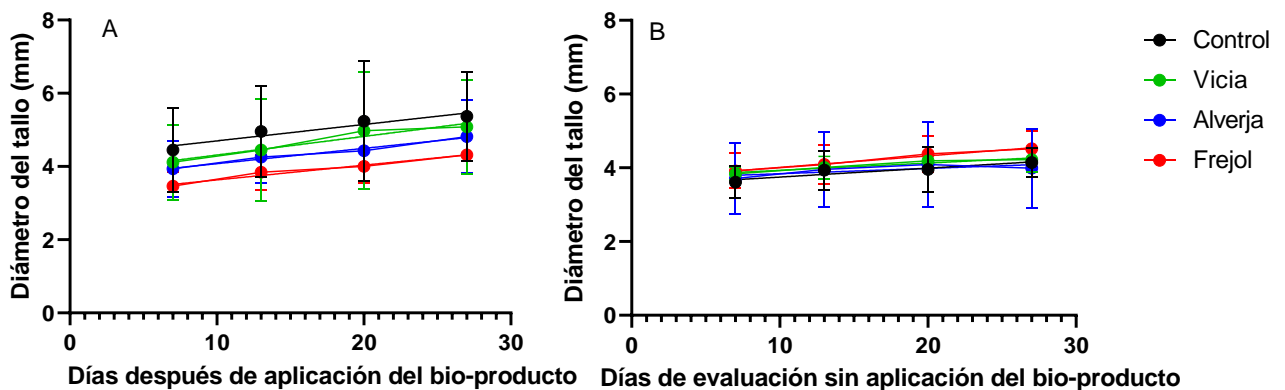


Figura 4. Respuesta del diámetro del tallo de la planta de quínoa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas. **A.** con aplicación de bio-producto; **B** sin aplicación de bio-producto.

6.5. Cobertura vegetal

La variable cobertura vegetal no presentó diferencia estadística significativa para la interacción de los factores, ni factores independientes (p -valor > 0,05), sin embargo, la mayor

cobertura vegetal se registró en el asocio con Arveja cuando se aplicó bio-producto (Tabla 7), (Anexo 8).

Fue notorio el efecto de aplicación del bio-producto en lo que respecta a la cobertura vegetal de la quinua (Figura 5A), a los 13 días fue marcada la diferencia del asocio Vicia en comparación al control, al día 27 se observa que la asociación Arveja presenta una mayor cobertura que los demás tratamientos, por otro lado, cuando no se aplica el bio-producto (Figura 5B) se obtiene una menor cobertura vegetal en este sentido el asocio con arveja presenta una cobertura de 40,68% al día 27.

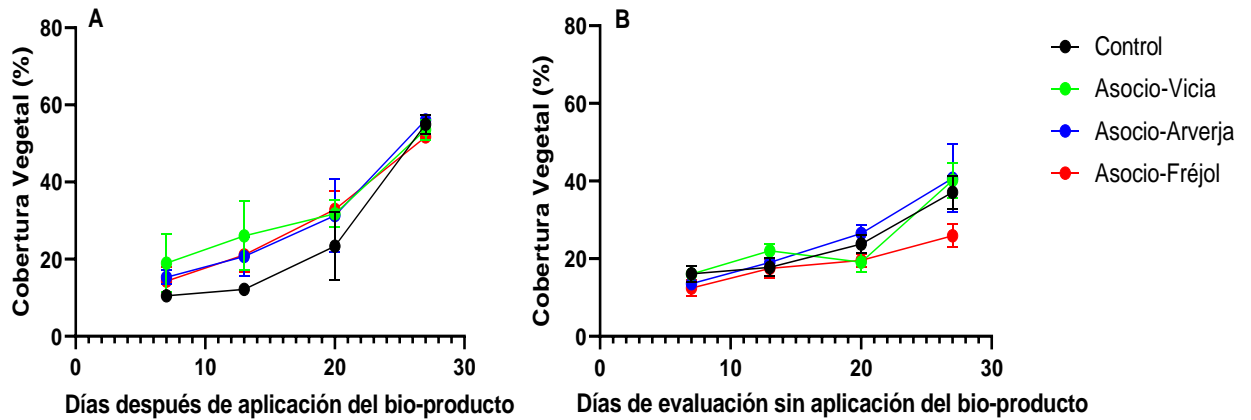


Figura 5. Respuesta de la cobertura Vegetal de la planta de quinúa a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación de un bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas. **A.** con aplicación de bio-producto; **B** sin aplicación de bio-producto.

6.6. Índice de SPAD

El índice de SPAD no presentó diferencias significativas ni en la interacción, ni de manera independiente entre los factores, a pesar de ello el mayor índice de SPAD fue registrado en la asociación con arveja cuando se aplicó el bio-producto, mientras que cuando no se aplicó bio-producto la asociación con arveja presentó un índice de SPAD un tanto inferior (Tabla 7), (Anexo 9).

En la figura 6 se muestra la respuesta del índice de SPAD que obtuvo la planta de quinúa

con la asociación de leguminosas y aplicación del bio-producto. En la Figura 5A se observa que en el día 7 la asociación con fréjol presentó un mayor índice a diferencia de la asociación arveja, sin embargo, al día 27 el que presentó un mayor índice de SPAD fue la asociación con arveja, por otro lado, en la Figura 5B se visualiza que desde el día 7 hasta el día 27 el que presentó un mayor índice de SPAD fue la asociación con arveja.

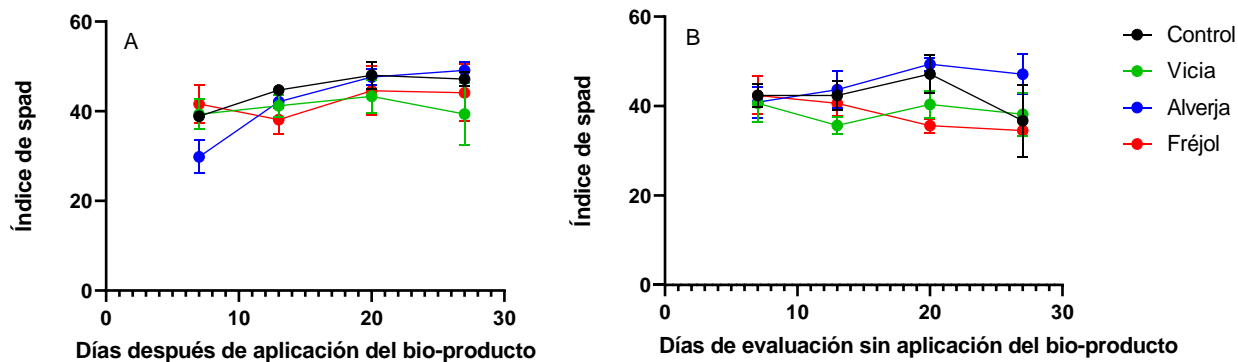


Figura 6. Respuesta del Índice de SPAD de la planta a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas. **A.** con aplicación de bio-producto; **B** sin aplicación de bio-producto.

6.7. Área foliar del cultivo

La interacción Asociación * Bio-producto no tiene un efecto significativo sobre el área foliar ($p\text{-valor} = 0,7014 > 0,05\%$), en comparación con el análisis de varianza que se realizó sobre los factores de forma individual, los cuales tampoco presentaron diferencias significativas, Asociación ($p\text{-valor} = 0,6963 > 0,05\%$) y Bio-producto ($p\text{-valor} = 0,7743 > 0,05\%$). Además, de no existir diferencias estadísticas significativas (Tabla 7). Se puede apreciar a simple vista que la figura 7A tiene una mayor área foliar cuando el cultivo de quínoa se asoció con Vicia y se aplicó el bio-producto en comparación con el monocultivo y la asociación con las otras leguminosas, mientras que la figura 7B a la cual no se aplicó el bio-producto presenta diferencias en el cultivo de quínoa asociado con fréjol en relación a las demás asociaciones y el cultivo control.

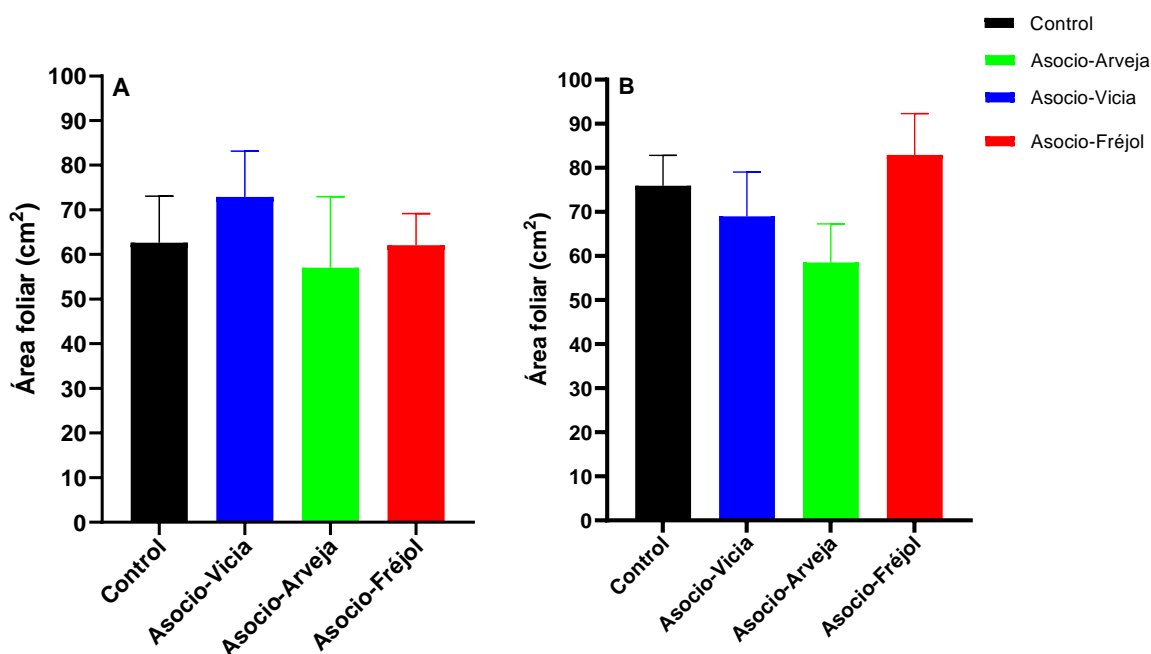


Figura 7. Respuesta del Área foliar de la planta a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas. **A.** con aplicación de bio-producto. **B** sin aplicación de bio-producto.

6.8. Biomasa del cultivo

No existe diferencia estadística significativa en la interacción, ni de manera independiente entre los factores Asociación y Bio-producto (p -valor $> 0,05$), la mayor biomasa fue registrada en la asociación con Arveja cuando se aplicó el bio-producto (Tabla 7).

En la Figura 8A se observa que la asociación con arveja más la adición del bio-producto presentó una biomasa superior a los demás tratamientos, mientras que cuando no se aplicó bio-producto (Figura 8B) la mayor biomasa se vio registrada en el control y el asocio con Fréjol y Vicia presentaron la biomasa inferior entre tratamientos.

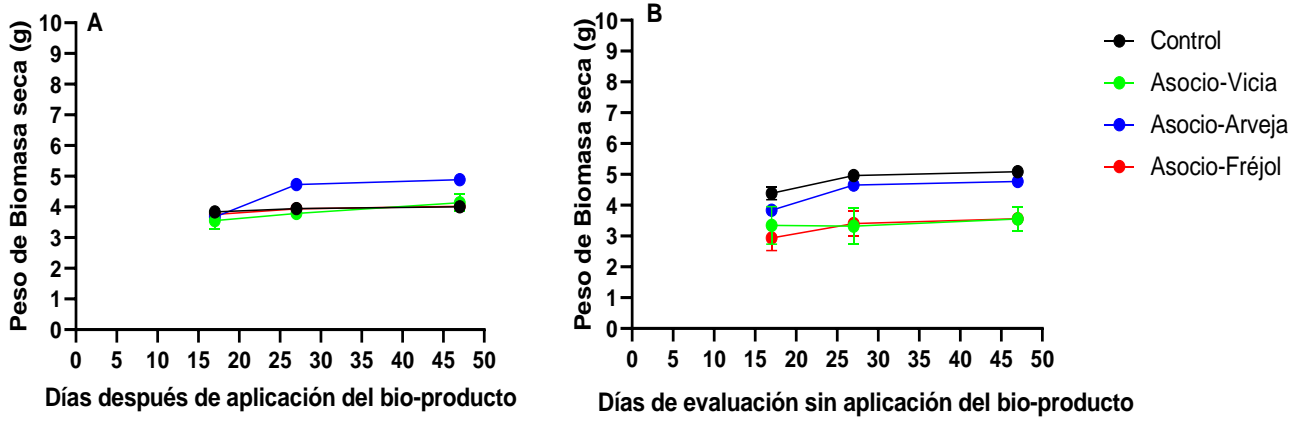


Figura 8. Respuesta del peso de la biomasa de la planta a la asociación de cultivos con leguminosas y aplicación bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos y micorrizas. **A.** con aplicación de bio-producto: **B** sin aplicación de bio-producto.

7. Discusión

En el presente estudio, se evaluó el desempeño agronómico de la quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) cultivada en asociación con leguminosas más la adición de un bio-producto a base de materia orgánica, ácidos húmicos, micorrizas y con ello evaluar el crecimiento y rasgos morfológicos del cultivo. Los resultados del estudio revelaron que la asociación con leguminosas y la aplicación del bio-producto no presentó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables evaluadas, ni al inicio ni al final de la fase de experimentación, sin embargo, ciertos tratamientos presentaban promedios un tanto superior. Aunque ya se ha reportado la interacción positiva de la quínoa con bacterias halotolerantes con habilidades de promoción del crecimiento vegetal (Yang et al., 2016), hasta donde se sabe, este es el primer estudio que utiliza la asociación con leguminosas y un bio-producto comercial.

Los biofertilizantes no solo son responsables de mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, sino que también afectan la estructura y función de los microorganismos a través de cambios en el carbono microbiano, la diversidad microbiana y el perfil fisiológico a nivel comunitario (Javoreková et al., 2015; Aponte et al., 2022). Aun así, no todos los microorganismos nativos del suelo interactúan de la misma manera con los biofertilizantes, las interacciones entre los biofertilizantes y los microorganismos del suelo pueden inhibir el crecimiento de las plantas, inmovilizar los nutrientes de las plantas y producir sustancias fitotóxicas (Allouzi et al., 2022), en este caso particular se cree la adición del bio-producto pudo inhibir algunos microorganismos del suelo y es una posible razón para que no se presenten diferencias significativas en ninguna de las variables que se evaluó.

También se cree que otra razón para no presentar diferencias significativas sea debido a la asociación de la quínoa, si bien las interacciones interespecíficas incluyen principalmente la competencia y la complementariedad entre las partes aéreas y subterráneas de la planta (Yang et al., 2017). Los sistemas de cultivo intercalado o cultivos asociados en ciertos casos tienen efectos marginales negativos debido a la competencia interespecífica por la humedad, los nutrientes y la luz (Gao et al., 2013 , Xu et al., 2013 , Yun et al., 2012).

La fenología del cultivo de quínoa llegó hasta el estadio 50 según la escala BBCH a los 108 días, Toapanta (2016) también evaluó la duración de etapas fenológicas de la quinua en el Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, como resultado obtuvo que a los 85 días llegó a la etapa de desarrollo, de igual manera Limachi (2022) también evaluó las etapas fenológicas del cultivo de quinua en la Paz, Bolivia, obtenido como resultado 90 días hasta llegar a la etapa 50 según la escala BBCH, los resultados con los que se compara presentan menores días en llegar a la etapa 50, la diferencia en días puede deberse a que las investigaciones se llevaron a cabo en sitios donde el cultivo de quínoa ya está adaptado ya que presenta condiciones edafoclimáticas diferentes a las de la hoya lojana.

En la altura de la planta el tratamiento control quínoa como monocultivo más bio-producto obtuvo una altura de 59,83 cm. Los resultados del presente estudio son inferiores a los presentados por Huamán et al. (2017) Los cuales evaluaron el efecto de los abonos orgánicos y dosis de un biofertilizante en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*), en Chachapoyas, Amazonas, los resultados mostraron que el T7 (humus 5tn/ha con guano de isla 2tn/ha sumado biol a una dosis de 5 l/20 l de agua) obtuvo los mayores valores en cuanto a altura de planta (75,78 cm). De igual manera León (2017) evaluó los biofertilizantes en el rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el valle del Mantaro, Lima-Perú. La fuente de nutriente donde se utilizó un biofertilizante alcanzó una altura de 86.417 cm resultado superior al presente estudio. Por su parte Justo (2014) también evaluó el efecto de la incorporación de estiércol ovino y biofertilizante microbiano sobre el comportamiento agronómico de la quinua, La Paz, Bolivia. El ensayo fue conducido y analizado bajo el Diseño de Bloques al Azar con arreglo bifactorial: factor 1 (Biofertilizante microbiano, Con y Sin), factor 2 (Niveles de estiércol 0 tn/ha, 2 tn/ha y 3 tn/ha) en dicha investigación la mayor altura fue alcanzada por las plantas sometidas al tratamiento con biofertilizante microbiano en dosis de 3 tn/ha presentando una altura de 76 cm, hay que tomar en cuenta que ellos realizaron la toma de datos hasta la etapa productiva, mientras que en la presente investigación solo se lo realizó hasta la etapa de crecimiento.

El diámetro del tallo en la inoculación con microorganismos fue de 5,37 cm y sin la inoculación fue el Asocio-fréjol de 4,52 cm. (Neira Ojeda, 2019), en su investigación la cual se enfocó en determinar los tratamientos de MEM (Microorganismos eficientes de montaña) y Compost con mejor efecto, sobre el rendimiento del cultivo quínoa, en tres pisos altitudinales, en

donde en las lagunas se obtuvo una diámetro de tallo de MEM foliar 10L/200L de 7.4 mm, el cual tiene una respuesta mayor a la obtenida en la investigación realizada. Según Gómez y Eguiluz, (2011), mencionan que el crecimiento del cultivo de quínoa se ve afectado por el genotipo y el medio ambiente, Iturrizaga (2013) y Borda (2011), para el diámetro del tallo, en su engrosamiento indican que influye la densidad de siembra, las condiciones del cultivo y del clima.

Con la aplicación canopeo, se pudo observar los resultados de cobertura vegetal, demostrando que el efecto del bio-producto inicia a los 13 días después de la aplicación, siendo que se obtuvo una mejor respuesta en el Asocio-Vicia obteniendo 56,13 %, mientras que sin la aplicación de microorganismos en Asocio-Alverja tuvo 40,68 % de cobertura vegetal. (Salcedo-Mayta, 2022), en su investigación en cultivos de cobertura asociados a la quínoa respecto a la CIC, fue mayor en el tratamiento con vicia y estadísticamente más alta que el tratamiento testigo con (+65,20%). Shelthon et al., (2018), estudiaron las leguminosas como coberturas y el impacto que tienen respecto al ciclo del nitrógeno en donde obtuvieron como resultado una cantidad mayor de este nutriente la cual se compensa con una mayor liberación, pero de una forma lenta para los cultivos. Si bien el periodo de evaluación fue de 180 días en el caso de Salcedo-Mayta la pérdida del suelo se considera mínima.

En el índice de spad el asocio-alverja en ambas inoculaciones tuvo un índice de spad de 49,13 y 47,3 mm, (López, 2018), en su investigación la quínoa en asocio fue muy variable, debido a la competencia de los cultivos asociados. En el caso de asocio con la alverja, donde se obtuvo una cantidad mayor de quínoa esto puede ser debido a que la mayor fijación de nitrógeno por parte de la alverja, el cual, es indispensable en la formación de proteínas y vital para la realización de la fotosíntesis, metabólicamente favorece el crecimiento vegetativo. Jiménez et al., (2020), establecieron el cultivo de chile bajo condiciones de invernadero, en un diseño completamente al azar en donde utilizaron cuatro micorrizas, (*Rhizophagus irregularis*, *Trichoderma* ssp y *Bacillus* ssp), no encontraron diferencias significativas, no obstante, los valores de cada tratamiento tuvieron comportamientos diferentes, es decir, que los valores son mayores en las plantas tratadas con microorganismos. Almanza et al., (2018), en su estudio en el cultivo de papa, usaron (*Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum*), en donde todas sus unidades obtuvieron una cantidad entre 43 y 34 de cantidad de clorofila, confirmando que la fertilización adecuada con nitrógeno se asocia al aumento en las unidades de clorofila.

El área foliar con la aplicación de microorganismos el asocio con vicia fue mayor con 77,36%, mientras que sin la aplicación de microorganismos el asocio con frejol fue el más alto. Salvador-Castillo et al., (2021) establece que al utilizar la aplicación canopeo observó que, en etapas avanzadas de crecimiento, subestima la FCV (fracción de cobertura vegetal), efecto que se debe al sombreado que ejercen las hojas superiores. Además, durante la floración, las espigas no son detectadas como vegetación verde, subestimando aún más la FCV, ya que éstas se encuentran más cercanas de la cámara y ocupan una mayor porción de la fotografía.

La biomasa del cultivo de quínoa el asocio-Alverja fue mayor con un 4,9g, que los demás tratamientos sin la aplicación del bio producto, mientras que el monocultivo obtuvo 5,1 g con la aplicación del bio producto. Núñez (2017), establece que las respuestas al incremento de la población de plantas generan que el patrón de acumulación de biomasa se modifica notoriamente por cambios en la densidad. (Bender et al., 2014), la arquitectura de la quinua es reconocida por ser altamente ramificada y con un buen desarrollo en la densidad de raíces finas, lo que favorece la capacidad de colonizar el suelo y aumentar la captación de agua y nutrientes que son traslocados por la planta y transportados en biomasa, con mayor eficiencia en esta especie en comparación con otras pertenecientes a la subfamilia *Chenopodium* (Álvarez-Flores et al., 2014). Por lo tanto, una vez que las plantas son colonizadas por HMA, la eficiencia de absorción aumenta, ya que la absorción de nutrientes puede ocurrir a través de la raíz o la micorriza arbuscular que involucra la estructura hifal del hongo, esta última con mayor facilidad para explorar áreas donde la raíz no puede llegar (Liu et al. al., 2016).

8. Conclusiones

- Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo la investigación, se concluye que la asociación de leguminosas-quínoa y el uso de microorganismos (micorrizas) no afectaron estadísticamente las características fisiológicas y de crecimiento en el cultivo de quínoa. Sin embargo, en los tratamientos donde se aplicó el bio-producto algunas variables mostraron tener una tendencia superior independiente de la asociación de cultivos, incrementando en promedio un 6% la altura de planta, 14% en el diámetro de tallo, 35% en la cobertura vegetal y 15,3% en el índice Spad, sugiriendo un efecto positivo sobre el crecimiento de la quínoa.
- La escasa sensibilidad del crecimiento de la quinua fue debido a los factores evaluados (asociación y aplicación de micorrizas), los datos tomados durante el estudio, reflejaron resultados que no presentan diferencias estadísticas significativas, por lo que se procedió a analizarlos para demostrar las mínimas diferencia que existen entre los distintos tratamientos. Además, se puede decir que el tiempo evaluado fue parcial y la presencia de variación climática tuvo un efecto negativo sobre el desarrollo de los cultivos, por lo que es posible que los efectos se vean en estadios superiores de desarrollo del cultivo de quinua.

9. Recomendaciones

- Se propone realizar más investigaciones con el uso de microorganismos benéficos y el asocio con leguminosas, para valorar los posibles efectos que permitan mejorar al máximo la producción.
- Además, se podría estudiar el efecto con diferentes dosis a usar sobre el crecimiento y morfología de distintos cultivos y zonas de la ciudad.
- Estudiar el efecto de la asociación y micorrizas sobre las variables reproductivas del cultivo.
- Llevar a cabo un análisis de suelo para conocer sus nutrientes y poder realizar la fertilización necesaria
- Realizar la aplicación de microorganismos antes de la siembra para poder observar una mejor reacción del producto

10. Bibliografía

- Allende, M. (2017). Caracterización morfológica y molecular de accesiones de Quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) para estimar variabilidad genética. (Tesis Doctoral): Universidad Nacional de Villa María. Obtenido de Caracterización morfológica y molecular de accesiones de Quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) para estimar variabilidad genética.:
http://biblio.unvm.edu.ar/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1395
- Allouzi, M. M. A., Allouzi, S. M. A., Keng, Z. X., Supramaniam, C. V., Singh, A., & Chong, S. (2022). Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agriculture. *Heliyon*, e12609.
- Almanza, J. L., Gutiérrez-Coronado, M., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Cortes-Jiménez, J., & Santos-Villalobos, S. de los S. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. 52(8).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000801149
- Angus, J. F., Kirkegaard, J. A., Hunt, J. R., Ryan, M. H., Ohlander, L., & Peoples, M. B. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop and pasture science*, 66(6), 523-552.
- Aponte, H., Galindo-Castañeda, T., Yáñez, C., Hartmann, M., & Rojas, C. (2022). Microbial community-level physiological profiles and genetic prokaryotic structure of burned soils under mediterranean Sclerophyll forests in Central Chile. *Frontiers in microbiology*, 13.
- Alvarez-Flores R, Winkel T, Nguyen-Thi-Truc A and Joffre R. 2014. Root foraging capacity depends on root system architecture and ontogeny in seedlings of three Andean *Chenopodium* species. *Plant and Soil* 380(1): 415-428. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2105-x>
- Baspineiro, w. o. (2007). CULTIVO ASOCIADO DE QUÍNOA (*Chenopodium quínoa* Willd) CON HABA (*Vicia faba* L.) Y TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet) A DOS INTERCALACIONES DE SURCO EN LA LOCALIDAD DE SANTIAGO DE HUATA

PROVINCIA OMASUYOS, LA PAZ. Obtenido de
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5107/T-1165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Betencourt, E., Duputel, M., Colomb, B., Desclaux, D., & Hinsinger, P. (2012). Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. *Soil biology and Biochemistry*, 46, 181-190.

Borda, A.M. (2011). Análisis de productividad y componentes del rendimiento de tres variedades de quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) en la comunidad Callapa-Altiplano central (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Bulgarelli, R. G., De Oliveira, V. H., & de Andrade, S. A. L. (2020). Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters the expression of PHT1 phosphate transporters in roots and nodules of P-starved soybean plants. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 32, 243-253.

Burin díaz, Y. (2016). RENDIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE QUÍNOA (*Chenopodium quínoa* Willd.) BAJO TRES LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1999/F06-B8-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Campos, T. N. (2002). ESTUDIO DE ASOCIACIONES DE QUÍNOA (*Chenopodium quínoa* Willd.) Y KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.), CON LENTEJA (*Lens culinaris* L.), HABA (*Vicia faba* L.) Y ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN LA SIERRA NORTE DEL PERU:
https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/952781/1/Tejada_Campos_TN.pdf

Castillo, C y Bosque, H. 2013. La quínoa y la UMSA: Avances de Investigaciones Científicas. Documento científico final en conmemoración al Año Internacional de la Quínoa. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia. 252 p.

- Castillo, G., Gregorí, B. S., Michelena, G., de Villegas, M. E. D., Delgado, G., Montano, R., ... & Gálvez, L. O. (2007). Bioproductos para la agricultura: surgimiento y desarrollo en el ICIDCA. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 41(3), 42-51.
- Cortés, E. V. (2016). Manual de Cultivo de la Quínoa. Ediciones CEAZA.
- Dimitrios J. Bilalis, I. R. (2019). Quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) crop under Mediterranean conditions: a review. Scielo. doi:10.7764/rcia.v46i2.2151
- Dowling, A., Sadras, V. O., Roberts, P., Doolette, A., Zhou, Y., & Denton, M. D. (2021). Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture—a review. *Field Crops Research*, 260, 107980.
- Eduardo Peralta, N. M. (2014). iniap. Obtenido de La Quínoa en Ecuador: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2433/1/iniapscCD13.pdf>
- El-Ghamry, A., Mosa, A. A., Alshaal, T., & El-Ramady, H. (2018). Nanofertilizers vs. biofertilizers: new insights. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 2(2018), 51-72.
- FAO. (2011). La Quínoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial: <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- FAO. (2013). Fao. VALOR NUTRICIONAL: https://www.fao.org/quínoa-2013/what-is-quínoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1
- Gao, L., Xu, H., Bi, H., Xi, W., Bao, B., Wang, X., ... & Chang, Y. (2013). Intercropping competition between apple trees and crops in agroforestry systems on the Loess Plateau of China. *PLoS One*, 8(7), e70739.
- Gómez, L. y A. Eguiluz. (2011). Catálogo del Banco de Germoplasma de Quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.), Universidad Nacional Agraria La Molina. p183.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quínoa. <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>

- Gottshall, C. B., Cooper, M., & Emery, S. M. (2017). Activity, diversity and function of arbuscular mycorrhizae vary with changes in agricultural management intensity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 241, 142-149.
- Guinet, M., Nicolardot, B., & Voisin, A. S. (2020). Nitrogen benefits of ten legume pre-crops for wheat assessed by field measurements and modelling. *European Journal of Agronomy*, 120, 126151.
- Hazra, G. (2016). Different types of eco-friendly fertilizers: An overview. *Sustainability in Environment*, 1(1), 54.
- Huamán, E., Vásquez Pérez, H., Salas López, R., & Bobadilla Rivera, L. G. (2017). Effect of the organic fertilizers and doses of a biofertilizer on the yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable*, 1(1), 63-69.
- ITIS. (2011). ITIS. ITIS Standard Report Page: *Chenopodium quinoa*.: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>
- Iturrizaga, M.A. (2013). Comparativo de rendimiento de 23 accesiones de quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) procedentes de Puno bajo condiciones del Instituto Regional de Desarrollo Sierra (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Mantaro, Perú
- Jaizme-Vega, M. del C., & Rodríguez-Romero, A. S. (2008). Integración de microorganismos benéficos (hongos micorrícicos y bacterias rizosféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias. *Agroecología*, 3, 33-40. de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95491>
- Javoreková, S., Maková, J., Juraj, M. E. D. O., Kováčsová, S., Charousová, I., & Horák, J. (2015). Effect of bio-fertilizers application on microbial diversity and physiological profiling of microorganisms in arable soil. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(1), 54-61.

- Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 1-9.
- Jimenez Hernández, Castillo, Sánchez, Uresti, J. A., Francisco, David, Diana. (2020). MEDICIÓN DEL ÍNDICE SPAD EN PLANTAS DE CHILE POBLANO TRATADAS CON MICROORGANISMOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO BAJO INVERNADERO. <https://congresorebiza.mx/wp-content/uploads/2020/12/45-SPAD.pdf>
- Justo Chipana, I. C. (2003). Efecto de la incorporación de estiércol ovino y biofertilizante microbiano sobre el comportamiento agronómico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en el municipio de Papel Pampa, del Dpto. de La Paz (Doctoral dissertation).
- Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Yadav, N., Kumar, M., Kumar, V., ... & Saxena, A. K. (2020). Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101487.
- Lehman, C. L., & Tilman, D. (2000). Biodiversity, stability, and productivity in competitive communities. *The American Naturalist*, 156(5), 534-552.
- León Barandiarán, G. L. (2017). Los biofertilizantes en el rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el valle del Mantaro.
- León-Fajardo Melani, M.-F. J.-C. (2019). Evaluación de bacterias endófitas promotoras de crecimiento en el cultivo de quínoa. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592019000200003&lng=es&nrm=iso
- Limachi, E. M. (2022). Evaluación fenológica, morfológica y nutricional de cuatro progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) generación M3 bajo condiciones semicontroladas (Doctoral dissertation).
- Liu W, Zhang Y, Jiang S, Deng Y, Christie P, Murray PJ, Li X and Zhang J. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs

- in an intensively managed calcareous agricultural soil. *Scientific Reports* 6(24902): 1-11.
<https://doi.org/10.1038/srep24902>
- López, A. (2018). Impacto del cultivo de la quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd) como alternativa productiva y socioeconómica en la comunidad indígena Yanacona de La Vega, Cauca, Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63952/2018-Angelica_Guerrero_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Luz Gómez Pando, E. A. (2016). FAO . Obtenido de GUÍA DE CULTIVO DE LA QUÍNOA:
<https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Maçik, M., Gryta, A., & Frąc, M. (2020). Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in agronomy*, 162, 31-87.
- MacWilliam, S., Wismer, M., & Kulshreshtha, S. (2014). Life cycle and economic assessment of Western Canadian pulse systems: the inclusion of pulses in crop rotations. *Agricultural Systems*, 123, 43-53.
- MAG. (2020). Ministerio de Agricultura y Ganadería – Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. . Obtenido de Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario: https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagnósticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf
- Máximo Bolívar Pinto Mena. (2013). EL CULTIVO DE LA QUÍNOAY EL CLIMA EN EL ECUADOR:
<https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20de%20la%20quínoa%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Mena, M. (2013). EL CULTIVO DE LA QUÍNOAY EL CLIMA EN EL ECUADOR.
<https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20de%20la%20quínoa%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>

- Mendoza, Z. A. (2018). PRINCIPIOS PARA EL ESTUDIO DE LAS FAMILIAS BOTÁNICAS DEL ECUADOR: https://www.researchgate.net/profile/Zhofre-Aguirre/publication/344753433_GUIA_PARA_IDENTIFICAR_LAS_FAMILIAS_BOTANICAS_DEL_ECUADOR/links/5f8ddc08458515b7cf8db644/GUIA-PARA-IDENTIFICAR-LAS-FAMILIAS-BOTANICAS-DEL-ECUADOR.pdf
- Montalvo, D. F. (2016). ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEL CLÚSTER DE LA QUÍNOA, EN EL CANTÓN MEJÍA, DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA, EN EL MARCO DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA MATRIZ PRODUCTIVA, CON FINES DE EXPORTACIÓN: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/T-UIDE-0835.pdf>
- Morillo, A., Manjarres, E., Coronado, Y. M., & González, L. (2021). Una mirada al cultivo de la quínoa en el departamento de Boyacá. Editorial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Mujica, A., Izquierdo, J., & Marathee, J. (2004). Quínoa: chenopodium quínoa willd : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Perú: SIGB-UNAP.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., & y Marathee, J. P. (2001). ¿Qué es la quínoa? Orígenes e historia. Food and Agriculture Organization. Obtenido de Orígenes e historia.
- Muñoz, A. (2013). Año Internacional de la Quínoa. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000100001#:~:text=La%20quínoa%20es%20fuente%20de,son%20deficientes%20en%20estos%20amino%20ácidos.
- Naudin, C., Corre-Hellou, G., Pineau, S., Crozat, Y., & Jeuffroy, M. H. (2010). The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research*, 119(1), 2-11.
- Neira Ojeda, M. (2019). “APLICACIÓN DE MEM (Microorganismos Eficientes de Montaña) Y UNA FUENTE ORGÁNICA (COMPOST) EN EL CULTIVO DE QUÍNOA

Chenopodium quínoa VAR. INIA - PASANKALLA EN EL DISTRITO: SONDORILLO DE LA PROVINCIA DE HUANCABAMBA 2017". <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2487/AGRO-NEI-OJE-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Núñez N. "Influencia del distanciamiento y número de plantas por golpe en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)" [Internet]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2017. Available from: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1609>

Orozco Ubidia, D. A. (2014). *Situación macroeconómica de la quinua en el Ecuador y su capacidad exportable período 2007-2011* (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).

Osorio Torres, Y., Vasquez Cruz, W., & Ramirez Maldonado, J. (2020). Efecto de tres dosis de materia orgánica con la inoculación demicroorganismos mejoradores del suelo en el rendimiento del cultivo dequinua (*Chenopodium quínoa* Willd.), variedad Pasankalla, en centropoblado de Huanchac, Independencia-Ancash. *Revista de investigación Aporte Santiaguino*, 13(2), 118-1129. <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.738>

Palao Iturregui, L. A., Canaza-Cayo, A. W., & Beltrán Barriga, P. A. (2019). Producción agroecológica de ecotipos de quínoa de colores (*Chenopodium quínoa* Willd.) con microorganismos eficaces. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 173-181. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.475>

Palmero, F., Fernandez, J. A., Garcia, F. O., Haro, R. J., Prasad, P. V., Salvagiotti, F., & Ciampitti, I. A. (2022). A quantitative review into the contributions of biological nitrogen fixation to agricultural systems by grain legumes. *European Journal of Agronomy*, 136, 126514.

Peñaranda Baspineiro, W. omar. (2007). CULTIVO ASOCIADO DE QUÍNOA (*Chenopodium quínoa* Willd) CON HABA (*Vicia faba* L.) Y TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet) A DOS INTERCALACIONES DE SURCO EN LA LOCALIDAD DE SANTIAGO DE HUATA PROVINCIA OMASUYOS, LA PAZ. 154.

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5107/T-1165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peralta, E. M. (2013). Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Peralta, E., & Mazón, N. (2014). La quínoa en Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2433/1/iniapscCD13.pdf>

Plinio Vargas Zambrano, R. A. (2019). ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL POTENCIAL NUTRICIONAL DE LA QUÍNOA (CHENOPODIUM QUÍNOA) COMO ALIMENTO FUNCIONAL. Centro Aguilar , 46. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n4/2223-4861-caz-46-04-89.pdf>

Raimi, A., Adeleke, R., & Roopnarain, A. (2017). Soil fertility challenges and Biofertiliser as a viable alternative for increasing smallholder farmer crop productivity in sub-Saharan Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1), 1400933.

Renard, D., & Tilman, D. (2019). National food production stabilized by crop diversity. *Nature*, 571(7764), 257-260.

Rillig, M. C. (2004). Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(4), 355-363.

Rojas, W. S. (2010). Obtenido de Granos andinos Avances, logros y experiencias desarrolladas en quínoa, cañahua y amaranto en Bolivia : https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_new_s/Granos_andinos_avances_logros_y_experiencias_desarrolladas_en_quínoa_cañahua_y_amaranto_en_Bolivia_1413.pdf

Salcedo-Mayta, S., Canihua-Rojas, J., Samaniego-Vivanco, T., Cruz-Luis, J., Pérez-Porras, W., & Cosme-De la cruz, R. (2022). Cultivos de cobertura asociados a quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd) en el Altiplano peruano: Reducción de la erosión, mejora de la salud del suelo y rendimiento agrícola. 13(3). <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.024>

- Shelton, R. E., Jacobsen, K. L., & McCulley, R. L. (2018). Cover crops and fertilization alter nitrogen loss in organic and conventional conservation agriculture systems. *Frontiers in Plant Science*, 8(January), 1-14.
- Sinchiguano, R. M. (2017). repositorio. Obtenido de EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AMARANTO (*Amaranthus quitensis*) EN ASOCIACIÓN CON LEGUMINOSAS.: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26422/1/Tesis-179%20%20Ingeniería%20Agronómica%20-CD%20529.pdf>
- Soledad torres calderon, J. H. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4, 15-22. doi:10.17162/rictd.v4i1.1068
- Sosa-Zuniga, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). Phenological growth stages of quínoa (*Chenopodium quínoa*) based on the BBCH scale: Phenological scale for quínoa. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117-124. <https://doi.org/10.1111/aab.12358>
- Tejos., I. M. (2015). Obtenido de El cultivo de la quínoa en Chile: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6727/NR41416.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tilman, D., & Snell-Rood, E. C. (2014). Diversity breeds complementarity. *Nature*, 515(7525), 44-45.
- Vargas, P., Arteaga, R., & Cruz, L. (2019). ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL POTENCIAL NUTRICIONAL DE LA QUÍNOA (*CHENOPODIUM QUÍNOA*) COMO ALIMENTO FUNCIONAL. 46(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612019000400089
- Veresoglou, S. D., Chen, B., & Rillig, M. C. (2012). Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 53-62.
- Veresoglou, S. D., Chen, B., & Rillig, M. C. (2012). Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 53-62.

- Villavicencio, E. (2021). "PERIODO CRÍTICO PARA EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL GRANO DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SOMBRA EN DISTINTOS ESTADOS FENOLÓGICOS, EN EL SECTOR LA ARGELIA, LOJA" [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24449/1/EdwinIsrael_VillavicencioSanchez.pdf
- Voisin, AS, Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, MH, Magrini, MB, Meynard, JM, ... & Pelzer, E. (2014). Legumbres para piensos, alimentos, biomateriales y bioenergía en Europa: una revisión. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible*, 34, 361-380.
- Wehner, J., Antunes, P. M., Powell, J. R., Mazukatow, J., & Rillig, M. C. (2010). Plant pathogen protection by arbuscular mycorrhizas: a role for fungal diversity?. *Pedobiologia*, 53(3), 197-201.
- Xu, H., Bi, H., Gao, L., Yun, L., Chang, Y., Xi, W., ... & Bao, B. (2013). Distribution and morphological variation of fine root in a walnut-soybean intercropping system in the Loess Plateau of China. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(5).
- Yang, A., Akhtar, S. S., Iqbal, S., Amjad, M., Naveed, M., Zahir, Z. A., & Jacobsen, S. E. (2016). Enhancing salt tolerance in quinoa by halotolerant bacterial inoculation. *Functional Plant Biology*, 43(7), 632-642.
- Yomer Osorio Torre, W. V. (2022). Efecto de tres dosis de materia orgánica con la inoculación de microorganismos mejoradores del suelo en el rendimiento del cultivo de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedad Pasankalla, en centro poblado de Huanchac, Independencia-Ancash. 13(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8460620>
- Yun, L., Bi, H., Gao, L., Zhu, Q., Ma, W., Cui, Z., & Wilcox, B. P. (2012). Soil moisture and soil nutrient content in walnut-crop intercropping systems in the Loess Plateau of China. *Arid Land Research and Management*, 26(4), 285-296.

11. Anexos



Anexo 1. Trazo y división de parcelas.



Anexo 2.A) Aplicación de herbicida preemergente sobre cada una de las parcelas. **B)** Aplicación de compost sobre hileras destinadas a la siembra de quínoa (*Chenopodium quinoa* Will. Var Chimborazo).



Anexo 3.Emergencia de las semillas de quínoa (*Chenopodium quinoa* Will. Var Chimborazo).



Anexo 4. Aplicación de insecticida agrícola (SHY), para controlar diabrótica (*Diabrotica* sp.) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp.).



Anexo 5. A) Secado de biomasa a 75 °C por 48 horas. B) Peso de biomasa seca con ayuda de una balanza analítica.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	24	0,29	0,00	15,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	391,27	7	55,90	0,96	0,4935
Cultivo	217,49	3	72,50	1,24	0,3280
Inoculación	52,66	1	52,66	0,90	0,3567
Cultivo*Inoculación	121,13	3	40,38	0,69	0,5710
Error	935,43	16	58,46		
Total	1326,70	23			

Anexo 6. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable altura de la planta (p valor > 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del Tallo	24	0,29	0,00	19,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,99	7	0,71	0,94	0,5039
Cultivo	0,56	3	0,19	0,24	0,8643
Inoculación	2,74	1	2,74	3,62	0,0753
Cultivo*Inoculación	1,69	3	0,56	0,74	0,5424
Error	12,13	16	0,76		
Total	17,12	23			

Anexo 7. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable diámetro de tallo (p valor > 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cobertura Vegetal	24	0,38	0,11	25,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	137,77	7	19,68	1,39	0,2749
Cultivo	72,07	3	24,02	1,70	0,2075
Inoculación	1,7E-05	1	1,7E-05	1,2E-06	0,9991
Cultivo*Inoculación	65,70	3	21,90	1,55	0,2407
Error	226,35	16	14,15		
Total	364,12	23			

Anexo 8. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable Cobertura Vegetal (p valor > 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
índice de SPAD	24	0,34	0,06	20,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	640,59	7	91,51	1,20	0,3585
Cultivo	330,94	3	110,31	1,44	0,2673
Inoculación	201,84	1	201,84	2,64	0,1237
Cultivo*Inoculación	107,81	3	35,94	0,47	0,7072
Error	1222,77	16	76,42		
Total	1863,36	23			

Anexo 9. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable índice de SPAD (p valor > 0,05).



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniques@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 11 de abril 2023

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro MDT-3104-CCL-252640, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de integración curricular **“Desempeño agronómico de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) cultivada en asociación con leguminosas usando microorganismos benéficos en la Argelia-Loja”**, cuya autoría de la estudiante Diana Carolina Poma Soto, con cédula 1105712614, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
Firmado digitalmente por
YANINA BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
Fecha: 2023.04.11
18:05:24 -05'00'

Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora freelance

Anexo 10. Certificación de traducción del abstract