



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

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.

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

AUTOR:

Wilson Fernando Camacho Carrión

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

C E R T I F I C O:

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.



Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Wilson Fernando Camacho Carrión**, 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: 0706216991

Fecha: 16/03/2023

Correo electrónico: Wilson.camacho@unl.edu.ec

Teléfono: 0985757824

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 **Wilson Fernando Camacho Carrión**, declaro ser autor 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**, 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 marzo de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Wilson Fernando Camacho Carrión

Cédula: 0706216991

Dirección: Ciudad Alegría, La Condomine y Ulpiano Páez, Cantón Loja – Loja

Correo electrónico: Wilson.camacho@unl.edu.ec

Celular: 0985757824

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, PhD.

Dedicatoria

Con todo el aprecio y consideración dedico mi trabajo a mi ejemplo de vida, mi madre Carmita Marisol Carrión Carrión, por su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y por inculcarme valores que sin duda alguna ha hecho de mí una persona de bien.

A mis hermanos, Nicole y Yerickson por su confianza, motivación, aprecio, por impulsarme a seguir siempre adelante y por siempre estar cuando los necesité.

A mí querida sobrina por ser mi inspiración y el ángel que llena de felicidad mi vida.

Wilson Fernando Camacho Carrión

Agradecimiento

Doy gracias a Dios y la Virgen de los Remedios, por brindarme salud, por ser la guía en mi vida y por haberme dado la fortaleza para culminar esta etapa de mi vida.

De manera especial, agradezco a mi director de tesis el Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, por su guía, asesoramiento y apoyo constante durante el desarrollo de mi proyecto. Así mismo a la Universidad Nacional de Loja, por brindarme la oportunidad de formarme como todo un profesional, a la planta docente de la carrera de Agronomía por sus conocimientos brindados.

Mi más sincero agradecimiento a mi madre, hermanos y cuñado por brindarme su ayuda ante cualquier circunstancia.

Gracias infinitas a mí querida y estimada Tía Mayra Carrión quien me ayudó en toda esta etapa de mi vida.

Gracias a Gloria espinosa y su madre por su ayuda incondicional y por impulsarme a ser cada día mejor.

Agradezco a todos mis amigos, especialmente a Elvis Sarango, Danny Puchaicela, Bryan Celi, Jimmy Torres y demás quienes han compartido conmigo sus conocimientos y me han acompañado en el desarrollo de este trabajo.

Wilson Fernando Camacho Carrión

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos Específicos.....	5
4. Marco teórico	6
4.1. Origen del cultivo de quinua	6
4.2. Clasificación taxonómica y características morfológicas del cultivo de quinua.....	6
4.3. Requerimientos climáticos y edáficos para la quinua	9
4.4. Importancia nutricional de la quinua.....	10
4.5. Fenología del cultivo.....	10
4.6. Características de la variedad INIAP Tunkahuan	13
4.7. Cultivos intercalados.....	13
4.8. Uso de microorganismo benéficos	14
5. Metodología	15

5.1. Ubicación del área de estudio	15
5.2. Metodología general	15
5.2.1. Tipo de investigación	16
5.2.2. Diseño experimental.....	16
5.2.3. Modelo estadístico.....	18
5.2.4. Metodología para el primer objetivo específico. Determinar el crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas en La Argelia, Loja.	18
5.2.5. Metodología para el segundo objetivo específico. Evaluar rasgos fisiológicos del crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en La Argelia, Loja. .	20
6. Resultados	21
6.1. Altura de la planta	21
6.2. Área foliar	22
6.3. Biomasa del cultivo.....	23
6.4. Diámetro del tallo	24
6.5. Cobertura vegetal	25
6.6. Fenología del cultivo.....	26
6.7. Índice SPAD	28
6.8. Efecto del cultivo intercalado y el bio-producto	29
6.9. Correlación entre las variables de estudio.....	30
7. Discusión	30
8. Conclusión	33
9. Recomendaciones.....	33
10. Bibliografía.	34
11. Anexos	38

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la quinua.	6
Tabla 2. Delineamiento del diseño experimental del cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en el crecimiento de quinua.	17
Tabla 3. Abreviaturas y tratamientos del intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en el crecimiento de quinua.	17
Tabla 4. Etapas de crecimiento fenológico de la quinua basadas en la escala BBCH.	21
Tabla 5. Fenología del cultivo de quinua, días después de la siembra con su respectiva fotografía considerando la escala BBCH.	26
Tabla 6. Variables fenológicas en el cultivo de quinua var. Tunkahuan para el primer objetivo.	29
Tabla 7. Variables fenológicas en el cultivo de quinua var. Tunkahuan para el segundo objetivo.	29
Tabla 8. Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas en quinua.	30

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del experimento (Villavicencio, 2021).	15
Figura 2. Diseño experimental, detallando cada uno de sus tratamientos distribuidos al azar con sus respectivas repeticiones.	18
Figura 3. Regresión lineal entre biomasa seca y área foliar para estimar la ecuación y R^2 que se utilizó para determinar el área foliar de 2plantas/UE.	20
Figura 4. Dinámica de crecimiento de la altura de la planta de quinua con cultivos intercalados con leguminosas y la aplicación de bio-producto a base de microorganismos. Con microorganismos (A), Sin microorganismos (B).	22
Figura 5. Área foliar de las hojas de quinua después de aplicar el bio-producto (A. Con microorganismos, B. Sin microorganismos). Las barras indican el error estándar de la media en base a tres repeticiones.	23

Figura 6. Peso de la biomasa seca del cultivo de quinua después de aplicar el bio-producto y ser sometida a 75°C durante 72 horas (A. Con microorganismos, B. Sin microorganismos).....	24
Figura 7. Dinámica de crecimiento del diámetro del tallo con cultivos intercalados con leguminosas y la aplicación de bio-producto a base de microorganismos. Con microorganismos (A), y Sin microorganismos (B).	25
Figura 8. Dinámica de la cobertura vegetal con cultivos intercalados con leguminosas y la aplicación de bio-producto a base de microorganismos. Con microorganismos (A), y Sin microorganismos (B).....	26
Figura 9. Dinámica del Índice SPAD de las hojas de quinua en los tratamientos de intercalado con leguminosas y la aplicación de Bio-producto a base de microorganismos benéficos. Con microorganismos (A), y Sin microorganismos (B).	28

Índice de anexos

Anexo 1. Trazo y división de parcelas.....	38
Anexo 2. A) Aplicación de herbicida preemergente sobre cada una de las parcelas. B) Aplicación de compost sobre hileras destinadas a la siembra de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Will. Var Tunkahuan).....	39
Anexo 3. A) Emergencia de las semillas de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Will. Var Tunkahuan). B) Deshierbe de las parcelas a los 12 días después de la siembra.....	39
Anexo 4. Aplicación de insecticida agrícola (SHY), para controlar diabrotica (<i>Diabrotica</i> sp.) y gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.).	40
Anexo 5. Raleo de plantas de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Will. var Tunkahuan), procurando dejar un distanciamiento de 10 cm entre planta.	40
Anexo 6. 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.	41
Anexo 7. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable altura de la planta (p valor significativo < 0,05).	41
Anexo 8. Resultados del análisis de Correlación de Pearson para todas las variables evaluadas.	42
Anexo 9. Certificación de traducción del Abstract.....	43

1. Título

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

2. Resumen

El presente trabajo de integración curricular se realizó en los terrenos de la Quinta Docente Experimental “La Argelia” de la facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, Provincia de Loja, ubicada en las coordenadas geográficas: latitud de 04° 02' 47" S y longitud de 79° 12' 59" W. Como material de siembra se empleó semillas de quinua variedad Tunkahuan, Arveja, Fréjol y Vicia. Los tratamientos estuvieron compuestos por dos factores; el intercalado con leguminosas y la aplicación de un bio-producto comercial a base de micorrizas el cual posee 100000 esporas/lb + Ácidos húmicos (50% p/p) sin dejar de lado la presencia de macro y micro nutrientes, la dosis recomendada según el fabricante es de 50kg/ha⁻¹, es por eso que en la primera aplicación se colocó un total de 5 kg y en la segunda 3 kg de bio-producto sobre 12 parcelas. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial, ocho tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron variables como: altura de la planta, área foliar, biomasa del cultivo, cobertura vegetal, diámetro del tallo, fenología del cultivo e índice de SPAD. Se realizó análisis estadístico para cada variable, demostrando así que no existen diferencias estadísticas significativas en la interacción Asociación y Bio-producto aplicados sobre las variables, es por eso que se utilizó el software GraphPad Prism 8.01., para graficar las dinámicas de desarrollo de cada variable. En cuanto a los resultados obtenidos se puede decir que cuando se aplicó el bio-producto se observó un aumento de valores en las variables morfo-fisiológicas, esto fue más notorio en la cobertura vegetal que aumentó en un 9,2% y el índice SPAD en un 33,4% con respecto al tratamiento sin la aplicación del bio-producto, indicando beneficios en la nutrición vegetal.

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

2.1. Abstract

The following research work was carried out at *Quinta Docente Experimental "La Argelia"*, this farm, which is part of the Agriculture and Renewable Natural Resources college, in the National University of Loja, Province of Loja, is located at geographical coordinates: latitude 04° 02' 47" S and longitude 79° 12' 59" W. As planting material, seeds of the quinoa varieties Tunkahuan, Pea, Bean and Vicia were used. Treatments included intercropping with legumes and applying a commercial bio-product based on mycorrhizae which has 100000 spores/lb + humic acids (50% w/w) without neglecting the presence of macro and micro nutrients. The recommended dose according to the manufacturer is 50kg/ha-1, that is why in the first application a total of 5 kg and in the second 3 kg of bio-product was applied to 12 plots. Three replications, eight treatments, and a completely randomized design (CRD) were used in the study. The following variables were evaluated: plant height, leaf area, crop biomass, plant cover, stem diameter, crop phenology and SPAD index. Based on a statistical analysis of each variable, we found that the interaction between association and bio-products applied to the variables did not exhibit significant statistical differences, which is why GraphPad Prism 8.01 software was used to graph the development dynamics of each variable. Regarding the results obtained, it can be said that when the bio-product was applied, an increase in values in the morpho-physiological variables was observed. With respect to the treatment without the bio-product, the plant cover increased by 9.2% and the SPAD index by 33.4%, indicating benefits in plant nutrition.

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

3. Introducción

El cultivo intercalado de leguminosas con otros cultivos de grano es una práctica agronómica extensamente aplicada debido a que presenta distintos beneficios para el cultivo objetivo, el suelo, y el medioambiente (Zhang et al., 2015). Además, puede aumentar el crecimiento de los cultivos mejorando la eficiencia en el uso del nitrógeno, pero rara vez se ha estimado la dinámica de las interacciones de las plantas (Li et al., 2014). En el cultivo de quinua existe escasa información sobre los efectos del cultivo asociado con leguminosas y sus potenciales beneficios sobre el crecimiento y rendimiento.

Los avances recientes en agronomía y fisiología vegetal incluyen mejor comprensión de los mecanismos de interacción entre genotipos de cultivos y las diferentes especies a su alrededor, por ejemplo, una mayor disponibilidad de recursos naturales. Esta comprensión puede guiar los enfoques para mejorar los sistemas de cultivo intercalado, incluidos los cultivos de mejoramiento que son destinados y aptos para este tipo de asociación (Brooker et al., 2015). Principalmente la producción de quinua en la agricultura de subsistencia está conformando parte de un sistema asociado o múltiple de cultivos (Peralta, 2009).

La asociación de cultivos comparado con el monocultivo es un sistema de siembra que, generalmente, posibilita elevar los rendimientos de los cultivos implicados, por lo que, hay un gran aprovechamiento de los recursos naturales como agua, luz y nutrientes, además de que se le ha considerado ventajoso para el suelo al mejorar su fertilidad y ejercer un efecto conservador, igualmente, al disminuir de manera considerable los insumos, que contribuye a incrementar la producción y los ingresos de los productores; por una parte, a partir de la perspectiva sanitaria son una limitante de las incidencias de insectos, hongos y malezas al contribuir por impacto de la pluralidad a conservar y aumentar la igualdad biológica; sin embargo, se puede explotar un área más grande de suelo y tener mejor ingreso a los nutrientes, por consiguiente constituye un enorme beneficio en los sistemas de producción bajo un principio de la agricultura sostenible (Rodríguez et al., 2008).

Ante la necesidad de minimizar los efectos negativos del uso de agroquímicos, el sistema de asociación de cultivos podría ser una alternativa, como se ha demostrado que mejora la

protección de cultivos contra factores bióticos, constituyéndose en una tecnología amigable al ambiente (León et al., 2019).

Gracias a todo lo mencionado, la agricultura mundial está dirigiéndose hacia un enfoque más sostenible y amigable con el ambiente. En este sentido, los microorganismos que habitan en el suelo resultan de interés para producir alternativas biológicas y ambientalmente amigables al uso de agroquímicos. Estos microorganismos juegan un papel fundamental en la regulación de la fertilidad del suelo, el ciclo de diferentes nutrientes y contribuye a la conservación de la diversidad de las plantas en los ecosistemas (Schillaci et al., 2019).

Con el propósito de orientar el desarrollo de la investigación se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Evaluar el crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en La Argelia, Loja.

Objetivos Específicos

- Determinar el crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas en La Argelia, Loja.
- Evaluar rasgos fisiológicos del crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en La Argelia, Loja.

4. Marco teórico

Origen del cultivo de quinua

La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), es originaria de los Andes de Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, es una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las Amaranthaceae (Veas & Cortés, 2019). Es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sud América. Existen evidencias de que fue alimento básico para las poblaciones prehispánicas hasta la época de la conquista. La introducción y expansión de cultivos como el trigo, cebada, avena, habas y arvejas, principalmente, relegó el cultivo de la quinua a zonas marginales de la sierra del Perú y Bolivia; reduciéndose en forma significativa el área cultivada. Por muchos siglos la quinua fue alimento de auto subsistencia humana y animal (Pando & Aguilar, 2016).

La quinua se cultiva en Sud América en zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m s n m, en zonas con precipitaciones de 0 a 1000 mm, en suelos de diferentes texturas y con un rango de pH que fluctúa entre 4 a 9 (Pando & Aguilar, 2016).

En el pasado tuvo una amplia distribución geográfica que abarcó Sudamérica desde Mérida en Venezuela y Nariño en Colombia hasta Tucumán en Argentina y el archipiélago de Chiloé en Chile, es una planta andina que muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí, Bolivia y Sicuani (Cusco), Perú (Instituto de Investigaciones Agropecuarias., 2018).

Clasificación taxonómica y características morfológicas del cultivo de quinua

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) se clasifica así (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la quinua.

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

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

Fuente: (ITIS, 2011)

Raíz

La raíz de quinua es del tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de las raíces es variable, de 0,80 a 1,5 m. Su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (Pando & Aguilar, 2016).

Tallo

El tallo en la unión con el cuello de raíz es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados. Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, cuando los tallos maduran la médula es esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío. El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. En algunas variedades se puede apreciar la presencia de estrías con colores variables como el verde, amarillo, rosado y púrpura y en otras la presencia de axilas de color rosado, rojo y púrpura (Pando & Aguilar, 2016).

El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. En algunas variedades se puede apreciar la presencia de estrías con colores variables como el verde, amarillo, rosado y púrpura y en otras la presencia de axilas de color rosado, rojo y púrpura. Las combinaciones resultantes del color básico del tallo, el color de las estrías y el color de axilas puede ser empleado para identificar variedades. A la madurez el color del tallo, en general, se torna de un color crema o rosado con diferentes intensidades (Pando & Aguilar, 2016).

Hojas

Las hojas tienen dos partes diferenciadas: el peciolo y la lámina. El peciolo de las hojas es largo y acanalado, su longitud depende de su origen; son más largos los peciolos que se

originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. El color del peciolo puede ser verde, rosado, rojo y púrpura (Pando & Aguilar, 2016).

La lámina de la hoja tiene tres venas principales que se originan del peciolo. Las láminas son más grandes en el follaje y más pequeñas en la inflorescencia. Las láminas son polimórficas en la misma planta. Las láminas de la planta o el follaje pueden ser triangulares o romboidales y las de la inflorescencia pueden ser triangulares o lanceoladas. Las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados. Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular– granular blanca, rosada o púrpura. Esta pubescencia granular contiene oxalato de calcio 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 (Pando & Aguilar, 2016).

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 (Pando & Aguilar, 2016).

Flores

Es una planta ginomonoica porque presenta dos tipos de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. Las flores hermafroditas se encuentran en el ápice del glomérulo y son más grandes que las pistiladas, con un diámetro de 3 a 5 mm; tienen cinco tépalos, cinco anteras y un ovario súpero con dos o tres ramificaciones estigmáticas. Las flores pistiladas se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas, están formadas de cinco tépalos, un ovario súpero y dos o tres ramificaciones estigmáticas y tienen un diámetro de 2 a 3 mm (Pando & Aguilar, 2016).

Las flores son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. La posición del glomérulo en la inflorescencia y la posición de las flores dentro del glomérulo, determinan el tamaño y el número de los granos o frutos (Pando & Aguilar, 2016).

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 10 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. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano. El fruto puede alcanzar un diámetro de 1,5 a 3 mm (Pando & Aguilar, 2016).

Semilla

Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perispermo. El epispermo, es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio. El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye, aproximadamente, el 30 % del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320 grados. La radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento; reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60 % de la semilla (Pando & Aguilar, 2016).

Requerimientos climáticos y edáficos para la quinua

Altitud: La quinua fue domesticada y sembrada durante miles de años en zonas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 m s n m), la yunga (500 hasta 2500 m s n m); sierra media – zona quechua o valles interandinos (2500 – 3500 m s n m) y hasta la sierra alta, Suni o Altiplano (3500 a 4000 m s n m), dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar, para lograr una buena productividad y calidad de granos (Pando & Aguilar, 2016).

Temperatura: La quinua se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco hasta el frío, a más de ello prefiere mayormente los climas templados y fríos que es en donde alcanza un mayor rendimiento (Pinto, 2013); dependiendo de las variedades, están en el rango de temperatura de 15 a 25°C (Pando & Aguilar, 2016).

Precipitación: La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm. Se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 800 mm (Pando & Aguilar, 2016).

Fotoperiodo: Este cultivo prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada, como lo que ocurre en las áreas nórdicas de Europa (Miranda, 2012).

Suelo: La quinua se adapta bien a diferentes tipos de suelos, pero prefiere los franco-arenosos a franco-arcillosos, con buen drenaje, llanos o con pendientes moderadas, con profundidad media y con una riqueza media de nutrientes (Zaragoza, 2010). Es una planta resistente a la sequía y a la salinidad con un pH entre los 6,3 a 7,3 (Pinto, 2013). Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular (Pando & Aguilar, 2016).

Importancia nutricional de la quinua

La quinua es un alimento de excepcional valor nutritivo, principalmente por su alto contenido de proteína (14 – 18 %). El valor proteico de un alimento se mide con base en dos factores: el balance de los aminoácidos y el contenido de los llamados aminoácidos esenciales; y la quinua sobresale en estos dos factores, pues contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes. A las proteínas se suman el almidón, grasa, minerales y vitaminas, en diferente proporción lo que ha hecho que la quinua sea llamada por los indígenas como “grano madre”, por ser comparable con la leche materna en cuanto a su valor nutricional (Ramírez & Estefano, 2018).

Fenología del cultivo

La fenología, es el estudio de los cambios extremos diferenciales y visibles que muestran las plantas como resultado de sus relaciones con las condiciones ambientales (temperatura, luz, humedad, suelo) donde se desarrollan; durante su período vegetativo y reproductivo. En el caso de la quinua, se ha determinado que atraviesa por catorce fases fenológicas importantes y claramente distinguibles, ello en base a la observación de las diferentes accesiones del banco de germoplasma sembrados en varios años y localidades, así como observación del cultivo de

distintas variedades en campo de agricultores, habiendo determinado y nominado las siguientes, según (Moreno, 2016).

Emergencia

Es cuando los cotiledones aún unidos, emergen del suelo y es distinguible solo cuando uno se pone al nivel del suelo, en esta etapa es muy susceptible de ser consumido por aves por su succulencia y exposición de la semilla encima del talluelo, ocurre de 5 a 6 días después de la siembra; en condiciones adecuadas de humedad (Moreno, 2016).

Hojas cotiledonales

Es cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran las dos hojas cotiledonales extendidas de forma lanceolada angosta, esto ocurre desde los 7 a 10 días después de la siembra (Moreno, 2016).

Dos hojas verdaderas

Es cuando, fuera de las dos hojas cotiledonales, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles, ocurre desde los 15 hasta los 20 días después de la siembra (Moreno, 2016).

Cuatro hojas verdaderas

Es cuando ya se observan dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde, ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la planta ya tiene buena resistencia a la sequía y al frío (Moreno, 2016).

Seis hojas verdaderas

Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas, las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento y algo flácidas, esta fase ocurre desde los 35 a 45 días después de la siembra (Moreno, 2016).

Ramificación

Se notan ocho hojas verdaderas extendidas y extensión en las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra. En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina (Moreno, 2016).

Inicio de panojamiento

Emerge del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdaderas, se produce una elongación y engrosamiento del tallo. En esta fase, la parte más sensible a las heladas no es el ápice, sino por debajo de este y en caso de severas bajas de temperatura que afectan a la planta, se produce el colgado de ápice (Moreno, 2016).

Panojamiento

La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre desde los 65 a 70 días después de la siembra; a partir de esta etapa se pueden consumir las panojas tiernas como verdura (Moreno, 2016).

Inicio de la floración

Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre entre los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas, también ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética (Moreno, 2016).

Floración

Es cuando el 50 % de las flores de la inflorescencia principal se encuentran abiertas, esto ocurre entre los 90 a 100 días de la siembra, debe observarse esta etapa al medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas. En esta fase, la planta es muy sensible a las heladas (Moreno, 2016).

Características de la variedad INIAP Tunkahuan

La variedad INIAP-Tunkahuan, fue obtenida por una selección de una población de germoplasma recolectada en la provincia del Carchi (Ecuador) en 1985. En 1986 se identificó como línea promisoría y se introdujo al Banco de Germoplasma del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos con el código ECU 0621. Del año 1992 hasta el año 1996 fue evaluada en diferentes ambientes de la Sierra ecuatoriana por el Programa de Cultivos Andinos, demostrando su gran adaptabilidad en áreas comprendidas entre 2 400 y 3 200 metros de altura. En 1992 fue entregada oficialmente como variedad mejorada con el nombre de INIAP Tunkahuan, en homenaje a los antiguos pobladores de la provincia ya mencionada (Moreno, 2016).

Es una variedad de valles, semi precoz (150 a 210 días); con una altura de planta entre 90 y 180 cm, de color verde cuando joven y rosado-amarillo a la cosecha; el grano es de color blanco opaco, de tamaño mediano, de forma redonda y aplanado, de bajo contenido de saponina (0,06 %). El rendimiento varía entre 1,5 a 3 t/ha (Bazile et al., 2014).

Cultivos intercalados

El cultivo intercalado; es decir, el cultivo simultáneo de dos o más cosechas en la misma tierra, tiene un gran potencial y constituye una alternativa para optimizar sustancialmente los sistemas de cultivo gracias a la diversificación. Además, se logran ventajas adicionales cuando los cultivos asociados incluyen leguminosas (Permingeat, 2018).

Las leguminosas intercaladas demostraron ser capaces de proporcionar una amplia gama de servicios y de producir rendimientos sustancialmente más altos que un cultivo único. Entre esas ventajas pueden citarse que mejoran la dinámica del nitrógeno como nutriente (esto asociado a la fijación biológica), mejoran la eficiencia en el uso de agua, facilitan el control de malezas, reducen los ataques y daños por plagas, aumentan la estabilidad del suelo, la agregación

y la permeabilidad y aumentan la biomasa, la actividad y la diversidad de microorganismos del suelo (Permingeat, 2018).

También las ventajas del cultivo intercalado pueden asociarse a las condiciones de su manejo. El espaciamiento de los surcos y la disposición intercalada son elementos importantes de los patrones de siembra de los sistemas de consorcio. Esto puede influir en el ambiente Microclimático de las especies interespecíficas, en particular la tasa de transmisión de luz de los grupos de cultivos (Permingeat, 2018).

Uso de microorganismo benéficos.

Dentro de las prácticas agroecológicas, la tecnología de los microorganismos eficaces (EM) ha empezado a demostrar un extraordinario potencial para resolver uno de los mayores problemas de ámbito mundial como es la polución en general (Nikitin et al., 2018), con el deterioro resultante del medio ambiente (Alaña et al., 2017). Los EM, están constituidos por 80 especies de microorganismos benéficos que incluyen especies aeróbicas y anaeróbicas, capaces de restaurar los agro ecosistemas dañados por la fuerte intervención antrópica (Nikitin et al., 2018).

De ahí, el interés en explorar la diversidad de microorganismos benéficos del suelo, en los últimos años han ido creciendo los estudios en estos, como promotores de crecimiento de plantas y otros, para evitar la infección del tejido vegetal por patógenos. Tales microorganismos pueden ser simbióticos o de vida libre. En el primer caso, se encuentran los endófitos, un grupo específico de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos) que se encuentran asociadas a diversos tejidos vegetales. Entre los endófitos, están bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB), los que presentan un metabolismo versátil con capacidad de utilizar diversos sustratos liberados por la planta para su desarrollo (León et al., 2019).

Los microorganismos benéficos son independientes y se conservan por sí solos. Crean sustancias provechosas de las secreciones de las raíces, de material orgánico o de gases dañinos (sulfato de hidrógeno), aprovechando la luz del sol y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias que crean contienen aminoácidos, ácido nucleico y sustancias bioactivas. Las bacterias de fotosíntesis sostienen la actividad de otros microorganismos, pero al mismo tiempo utilizan las sustancias producidas por otros microorganismos (Mendoza, 2019).

5. Metodología

5.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en la Estación Experimental Docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el cantón y provincia de Loja. El lugar se encuentra ubicado a una altitud de 2135 m.s.n.m., con latitud de 04° 02' 47" S y longitud de 79° 12' 59" W (Figura 1). Presenta condiciones climáticas favorables con una temperatura media anual de 16,3 °C, precipitaciones de 913,5 mm por año, velocidad media de viento de 3,1 m/s y una humedad relativa de 65 % (Granda, 2022).

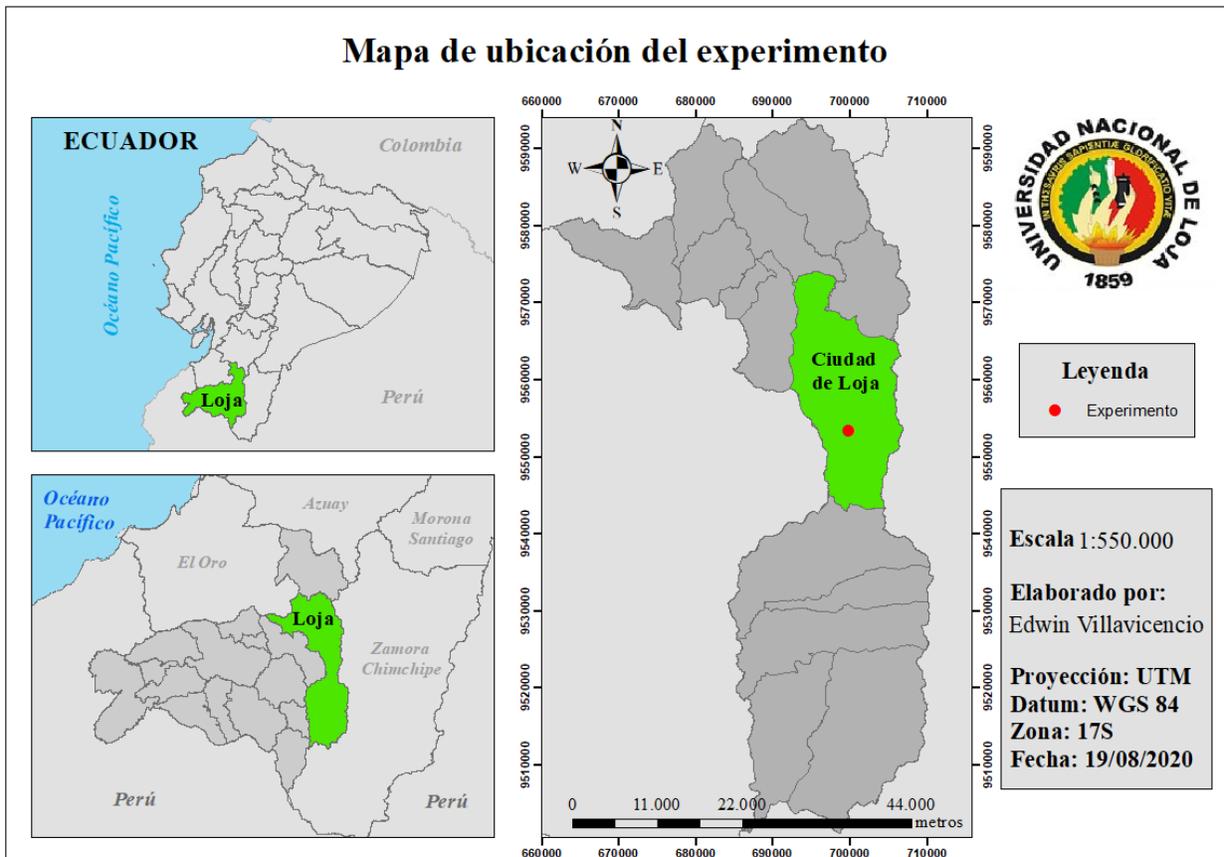


Figura 1. Mapa de ubicación del experimento (Villavicencio, 2021).

5.2. Metodología general

Se preparó el terreno con el paso del arado y la rastra, también se aplicó un herbicida preemergente, para proceder con la parcelación de las unidades experimentales las cuales tuvieron una dimensión de 2,5 m de largo por 2,5 m de ancho, con un arreglo espacial entre

surcos de 0,4 m y se sembró la quinua a chorro continuo, para posteriormente ralea dejando aproximadamente 30 plantas por hilera con una separación de entre plantas de 0,1 m.

Durante todo el ensayo se realizaron controles químicos de plagas con la aplicación de insecticida agrícolas (SHY, Solitrina), para controlar diabrótica (*Diabrotica sp.*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) presentes durante las etapas de ramificación e inicio de panojamiento en el cultivo de quinua, existió la presencia de algunas arvenses como lengua de vaca (*Rumex sp.*) y algunos pastos que se los controló a través de prácticas culturales y se proporcionó riego para asegurar las condiciones potenciales para el cultivo.

5.2.1. Tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo cuantitativa - correlacional, porque se investigó de forma teórica la información necesaria para elaborar y ejecutar este estudio donde se recopilaron datos necesarios para realizar los respectivos análisis estadísticos sobre cada una de las variables evaluadas, y así establecer resultados claros y conclusiones generalizadas y específicas. Es por eso que se pudo determinar la respuesta del intercalado de quinua con leguminosas y además evaluar el crecimiento a través de la aplicación de un bio-producto a base de microorganismos benéficos, así mismo identificar cuáles fueron las ventajas y desventajas de esta asociación de cultivos.

5.2.2. Diseño experimental

Se usó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo bifactorial (factor 1: intercalado de cultivos, y factor 2, aplicación edáfica de microorganismos benéficos). En el factor intercalado se utilizó tres especies de leguminosas: vicia, arveja y fréjol, más un control monocultivo de quinua. Mientras que, para el factor uso de microorganismos se aplicó según la recomendación del fabricante (dosis 100%) y un control sin aplicación del bio-producto (dosis 0%) de aplicación del bio-producto) (Figura 2) (Tabla 3). Se utilizaron 8 tratamientos con 3 repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental correspondió a 1 parcela, con una dimensión de 2,5 m de largo por 2,5 m de ancho conformado por 5 hileras, cada hilera constituida por un número de 30 plantas aproximadamente después de realizar el raleo, alcanzando una densidad de siembra de 250000 plantas ha⁻¹ (Tabla 2). La variedad de quinua que se utilizó fue INIAP-Tunkahuan.

Tabla 2. Delineamiento del diseño experimental del cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en el crecimiento de quinua.

Diseño	Cantidad
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones por tratamiento	3
Número total de parcelas	24
Número de hileras	5
Unidad experimental	Parcela
Tamaño de la parcela	2,5 m ancho x 2,5 m largo

Tabla 3. Abreviaturas y tratamientos del intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en el crecimiento de quinua.

Tratamiento	Microorganismos	Intercalado
T1	Con	Monocultivo quinua
T2	Con	Quinua-Vicia
T3	Con	Quinua-Arveja
T4	Con	Quinua-Fréjol
T5	Sin	Monocultivo quinua
T6	Sin	Quinua-Vicia
T7	Sin	Quinua-Arveja
T8	Sin	Quinua-Fréjol

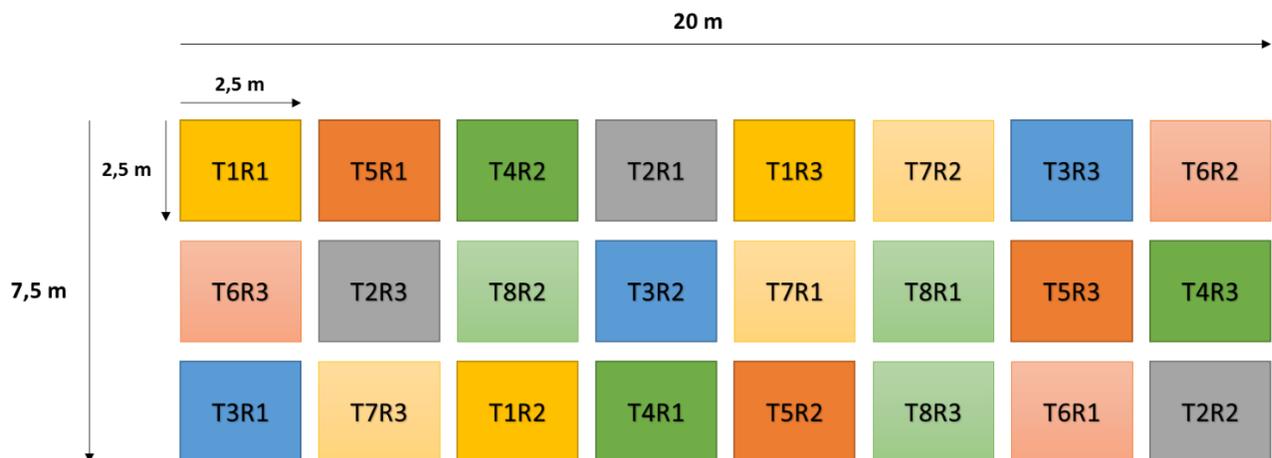


Figura 2. Diseño experimental, detallando cada uno de sus tratamientos distribuidos al azar con sus respectivas repeticiones.

5.2.3. Modelo estadístico.

Considerando que se utilizó un DCA con arreglo bifactorial, se tomó en cuenta el siguiente modelo:

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

Y_{ijk} = respuesta de las k repeticiones en los i niveles del factor leguminosas y j nivel del factor inoculación de microorganismos benéficos.

μ = media general de las observaciones

α_i = efecto de los i -ésimo niveles del factor intercalado con leguminosas (Vicia, Arveja, Fréjol)

β_j = efecto de los j -ésimo niveles del factor inoculación de microorganismos benéficos (Con microorganismos al 100% de aplicación según la dosis del fabricante y Sin microorganismos al 0% de aplicación del bio-producto)

$(\alpha * \beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el nivel i de las leguminosas con el nivel j de la inoculación de microorganismos benéficos

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

5.2.4. Metodología para el primer objetivo específico. Determinar el crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas en La Argelia, Loja.

Para llevar a cabo este objetivo se realizaron comparaciones entre los tratamientos de los cultivos asociados con la aplicación de un bio-producto comercial (ORGEVIT) a base de micorrizas 100000 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 quinua. Cabe aclarar que el producto no especifica el tipo de micorriza o consorcio de micorrizas que se encuentran presentes, es por eso que no está demás optar por la opción que lo ácidos húmicos hicieron efecto.

La aplicación del bio-producto se realizó al momento de encontrarse el cultivo completamente establecido, es decir, cuando se encontró en la tapa de panojamiento, se hizo dos aplicaciones cada 15 días durante dicha etapa del cultivo y se realizó el cálculo para todas las

unidades experimentales destinadas a este tratamiento, las cuales fueron 12 en total; según el fabricante la dosis recomendada es de 50kg/ha^{-1} , es por eso que en la primera aplicación se colocó un total de 5 kg para comprobar la efectividad del producto y debido a que existió un exceso de componentes provocando algunas pérdidas vegetales, es por esto que en la segunda aplicación se redujo la dosis a 3 kg.

Con respecto al cultivo intercalado se lo hizo con semillas certificadas de leguminosas como Arveja, Vicia y Fréjol, las cuales se sembraron respetando su distancia de siembra; colocando tres hileras de cada especie por parcela y estas a su vez fueron intercaladas por dos hileras de quinua obteniendo así un total de cinco hileras por parcela, así mismo se conformaron 18 parcelas, es decir seis parcelas por cada leguminosa, sin dejar de lado las seis parcelas donde se sembró el monocultivo de quinua y de esta forma se completó el estudio con 24 parcelas.

Las variables que fueron evaluadas son las siguientes:

- **Altura de la planta:** Se etiquetaron 2 plantas de las hileras centrales en cada unidad experimental, y se registró esta variable, utilizando un flexómetro, se comenzó 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.
- **Área foliar (AF):** Se seleccionaron 5 plantas al azar de todas las muestras obtenidas de estudio de las cuales se escogieron las hojas más representativas, tomando en cuenta su tamaño y forma 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, se estimó la ecuación para el área foliar total, usando el peso seco de la planta (Figura 3).

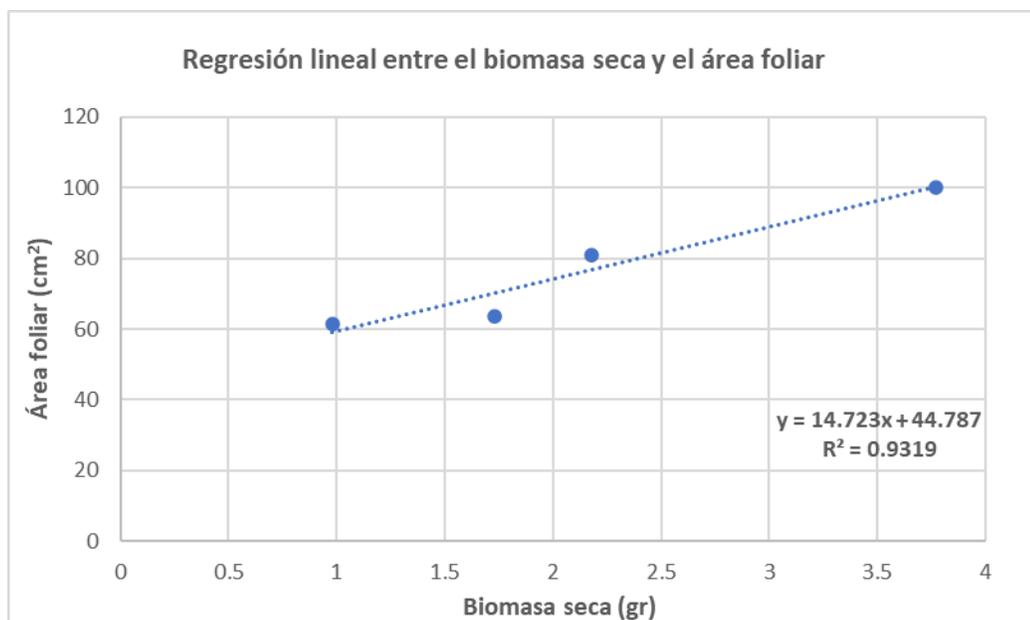


Figura 3. Regresión lineal entre biomasa seca y área foliar para estimar la ecuación y R^2 que se utilizó para determinar el área foliar de 2 plantas/UE.

- **Biomasa del cultivo:** Se tomaron 48 plantas de todo el experimento (2 plantas/UE), las cuales, fueron secadas a 75 °C por 48 h, para posterior a ello pesar la biomasa seca total en una balanza analítica.
- **Diámetro del tallo:** El primer dato se tomó cuando el tallo tuvo 1 mm de diámetro, para la segunda medición se lo hizo a 5 cm del nivel del suelo, lo que sirvió para las siguientes mediciones. Las mediciones se las realizó con la ayuda de un calibrador pie de rey en dos plantas por UE cada 6 días.
- **Dinámica de crecimiento del tallo:** Para la dinámica de crecimiento del tallo, se tomaron los valores de la última medición del diámetro del tallo y se ajustaron a una función sigmoidea usando el software GraphPad Prism 8.01.

5.2.5. Metodología para el segundo objetivo específico. Evaluar rasgos fisiológicos del crecimiento de la quinua bajo un sistema de cultivo intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos en La Argelia, Loja.

Para la evaluación del segundo objetivo se tomaron en cuenta las siguientes variables productivas:

- **Cobertura vegetal:** se estimó el porcentaje (%) de cobertura foliar del cultivo mediante fotografías usando un teléfono inteligente con la aplicación Canopeo cada 8 días desde la aplicación del bio-producto hasta el estado de panojamiento.
- **Fenología del cultivo:** se registró el tiempo de cambio de los estados fenológicos principales del cultivo de quinua, cada cambio de etapa se asignó cuando el 50 % de las plantas de cada parcela cambiaron de un estado a otro. Establecido el cultivo se realizó el seguimiento de la fenología, análisis del crecimiento y desarrollo del cultivo, utilizando como referencia para la determinación del estado fenológico la escala elaborada por (Sosa-Zuniga et al., 2017) basada en la escala BBCH (Tabla 4), con la cual se registraron los cambios fenológicos semanalmente hasta la floración.

Tabla 4. Etapas de crecimiento fenológico de la quinua basadas en la escala BBCH.

Código	Descripción
00	Germinación
09	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-Zuniga et al., 2017)

- **Índice SPAD:** las lecturas de estimación de clorofila fueron realizadas por medio del aparato Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de las hojas, obteniéndose medias de dos plantas al azar por parcela con mediciones de tres hojas por planta y un total de seis hojas. Esta variable se evaluó hasta que el cultivo alcanzó el estado de inicio de floración según la escala BBCH 50 (Tabla 4).

6. Resultados

6.1. Altura de la planta

Se puede observar que la quinua como monocultivo con y sin la inoculación con microorganismos alcanzó una mayor altura de 48,98 y 47,25 cm; mientras que entre los cultivos

asociados se destacó el cultivo intercalado-Arveja para con y sin microorganismos con alturas de 48,53 y 45,05 cm (Tabla 6). Según el análisis estadístico, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos factores Asociación*Bio-producto ($p\text{-valor} = 0,9869 > 0,05$), así mismo sucede para cada factor de forma individual, Asociación ($p\text{-valor} = 0,9450 > 0,05$) y Bio-producto ($p\text{-valor} = 0,4897 > 0,05$).

La Figura 4, muestra la dinámica de crecimiento de la planta de quinua. Las plantas con microorganismos (Figura 4A) iniciaron su efecto de crecimiento a los 7 días, alcanzando una altura de 48,98 cm a los 34 días después de aplicar el bio-producto en el caso del monocultivo, mientras que, el crecimiento de los tratamientos sin microorganismos se evidenció la elongación a los 13 días y el cultivo predominante que alcanzó una altura de 47.25 cm en el mismo tiempo fue el monocultivo igualmente.

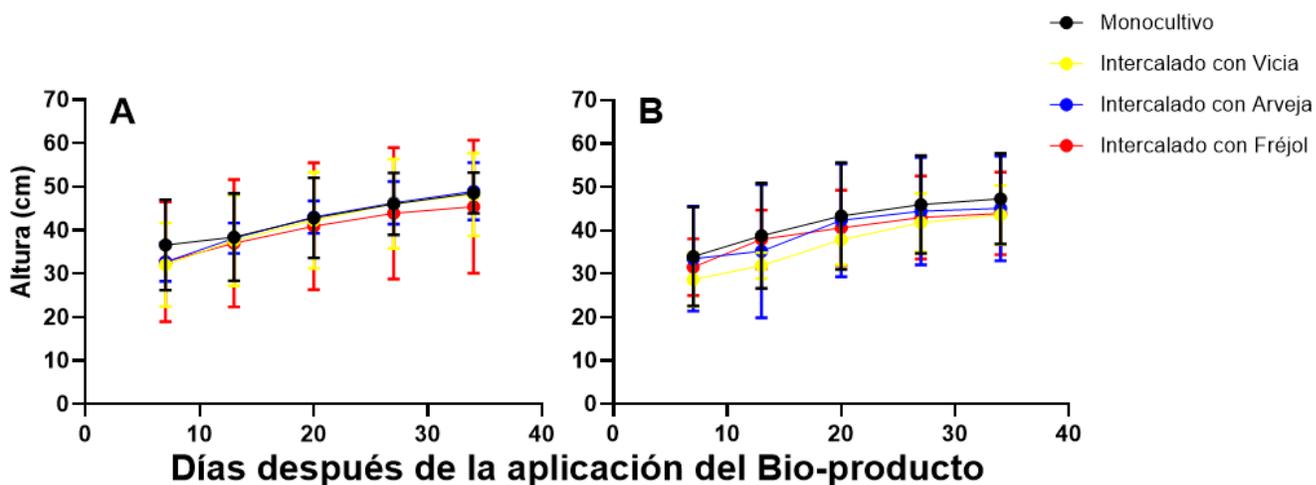


Figura 4. Dinámica de crecimiento de la altura de la planta de quinua con cultivos intercalados con leguminosas y la aplicación de bio-producto a base de microorganismos. Con microorganismos (A), Sin microorganismos (B).

6.2. Área foliar

La interacción entre Asociación x Bio-producto no tiene un efecto significativo sobre área foliar (Tabla 6). Se puede observar a simple vista una mínima diferencia en el área foliar en los tratamientos con microorganismos (Figura 5A, intercalado con vicia) y sin microorganismos (Figura 5B, monocultivo).

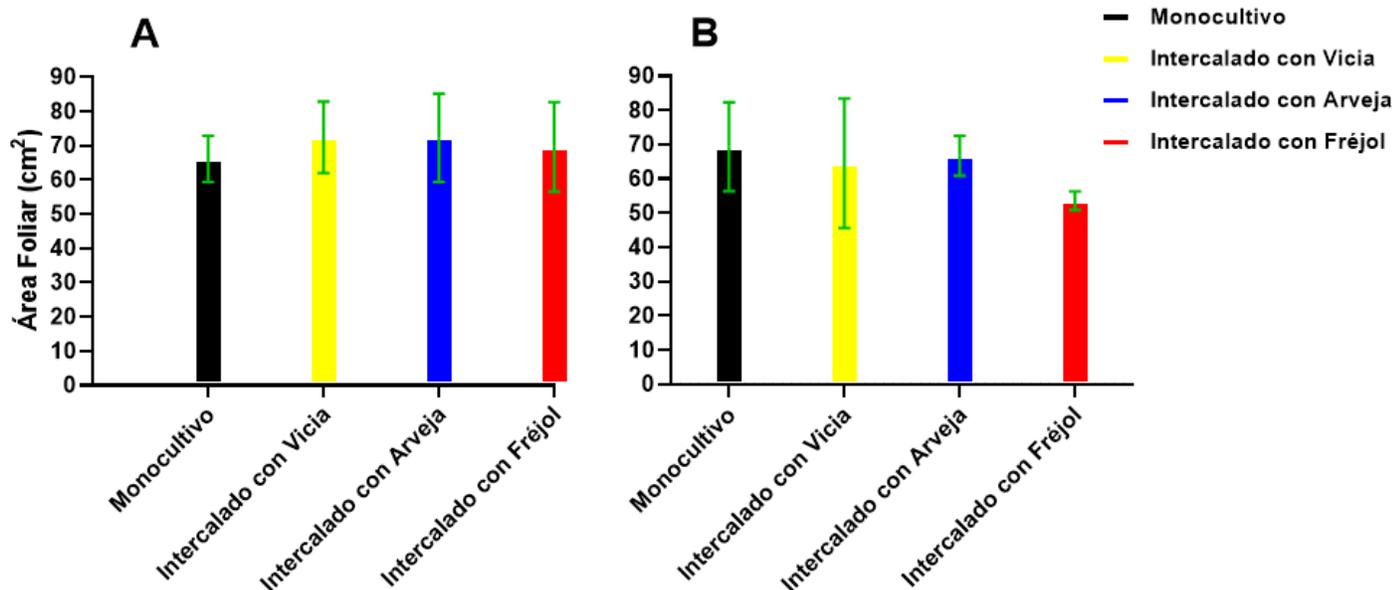


Figura 5. Área foliar de las hojas de quinua después de aplicar el bio-producto (A. Con microorganismos, B. Sin microorganismos). Las barras indican el error estándar de la media en base a tres repeticiones.

6.3. Biomasa del cultivo

La interacción que se realizó entre Asociación x Bio-producto en el caso de la biomasa no tiene un efecto significativo sobre el peso de la biomasa seca ($p\text{-valor} = 0,5586 > 0,05$), y en comparación con el análisis de varianza de los factores de forma individual tampoco no hubo diferencias significativas, Asociación ($p\text{-valor} = 0,6482$) y Bio-producto ($p\text{-valor} = 0,1825$). Además, de no existir diferencias estadísticas significativas (Tabla 6). En el caso de la biomasa seca del cultivo, existe igualmente una diferencia a simple vista entre los tratamientos (Figura 6A, intercalado con arveja y aplicación de microorganismos a los 28 DDABP; Figura 6B, intercalado con arveja sin aplicación de microorganismos a los 47 DDABP).

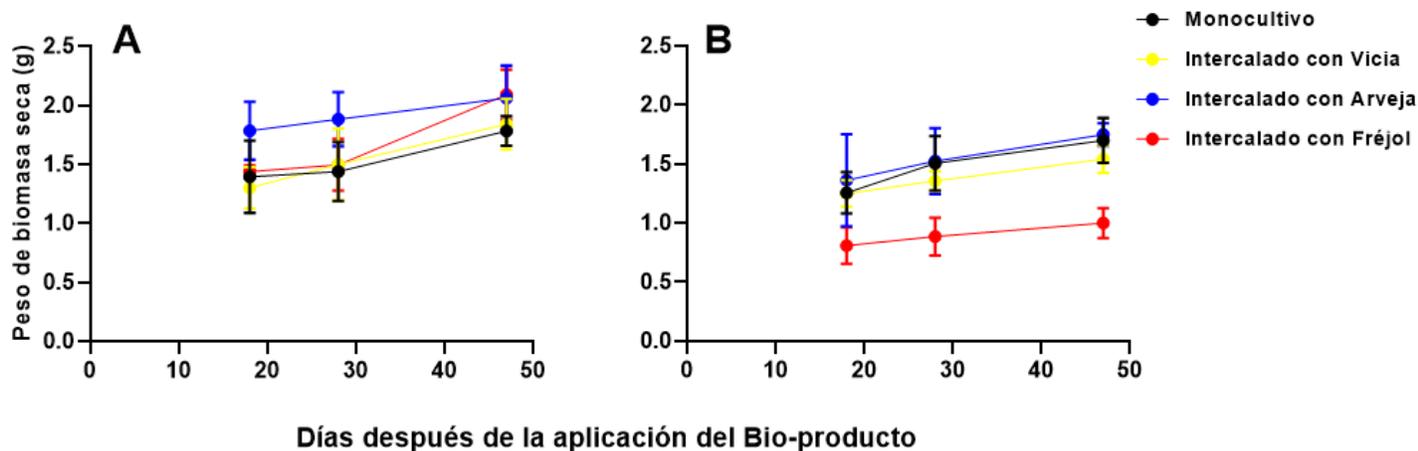


Figura 6. Peso de la biomasa seca del cultivo de quinoa después de aplicar el bio-producto y ser sometida a 75°C durante 72 horas (A. Con microorganismos, B. Sin microorganismos).

6.4. Diámetro del tallo

En el caso del diámetro del tallo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas para el cultivo asociado con leguminosas y la aplicación del bio-producto. Si bien, no existieron diferencias estadísticas significativas, se pudo evidenciar que las plantas con los valores más altos fueron las asociadas con arveja más la aplicación de microorganismos, donde los tallos alcanzaron 3,45 mm de diámetro a los 108 días después de la siembra.

En la figura 7, se observa el crecimiento del diámetro del tallo de la planta de quinoa, demostrando que el cultivo asociado con arveja fue el que sobresalió con mejores diámetros en ambas circunstancias. En la figura 7A, el crecimiento activo comenzó a los 13 días posteriores a la aplicación del bio-producto, alcanzando una media de 3,45 mm a los 27 días y así mismo para la figura 7B, la cual alcanzó una media de 3,01 mm en el mismo tiempo.

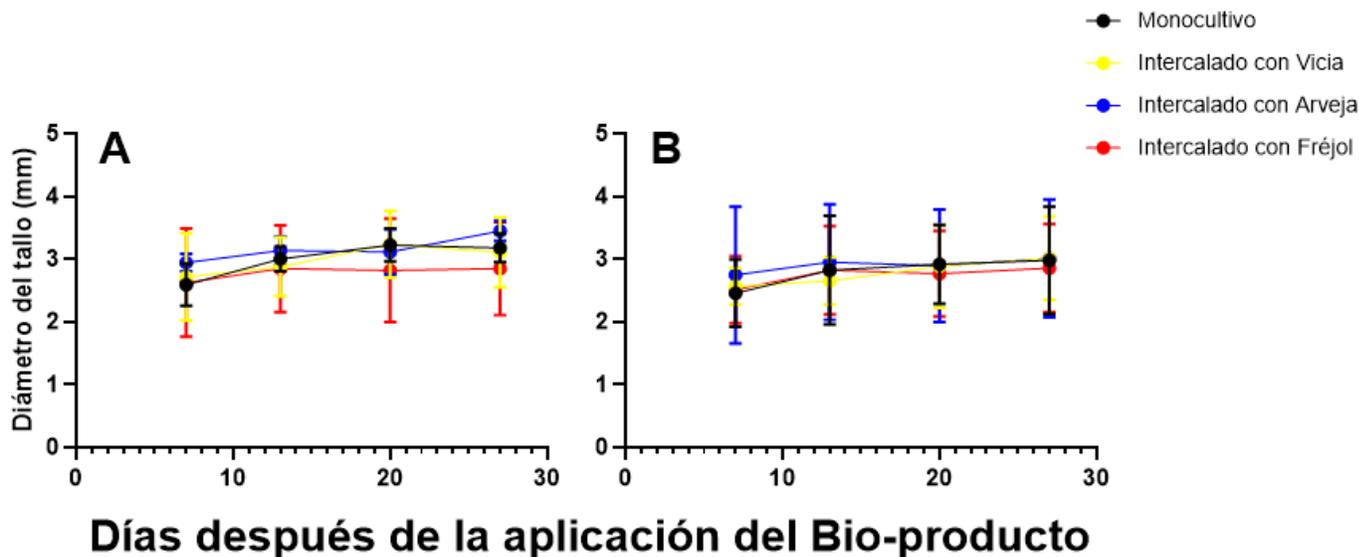


Figura 7. Dinámica de crecimiento del diámetro del tallo con cultivos intercalados con leguminosas y la aplicación de bio-producto a base de microorganismos. Con microorganismos (A), y Sin microorganismos (B).

6.5. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal fue sobresaliente cuando se aplicó el bio-producto y asoció con el cultivo de vicia, demostrando una media del 58,76% de cobertura.

Según la figura 8 A y B, se observa que el efecto inicia a los 13 días posteriores a la aplicación del bio-producto, siendo el cultivo intercalado con vicia el dominante a los 27 días, por otro lado, en la figura 8B existe una diferencia notoria por parte del monocultivo el cual es el que predomina frente a las asociaciones con leguminosas.

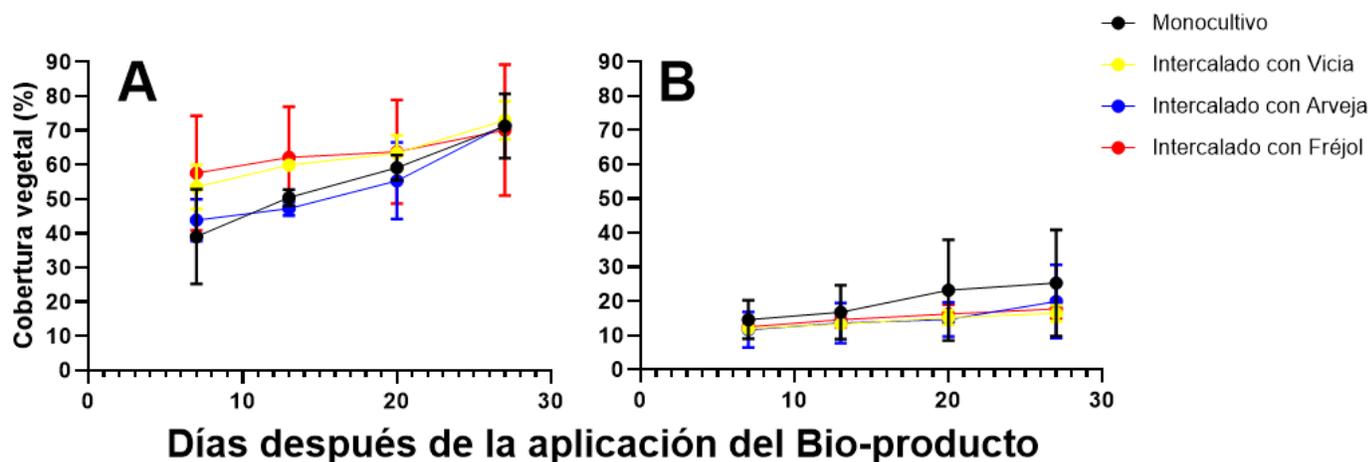


Figura 8. Dinámica de la cobertura vegetal con cultivos intercalados con leguminosas y la aplicación de bio-producto a base de microorganismos. Con microorganismos (A), y Sin microorganismos (B).

6.6.Fenología del cultivo

La Tabla 5, muestra la escala fenológica de la quinua variedad INIAP-Tunkahuan. 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 5. Fenología del cultivo de quinua, días después de la siembra con su respectiva fotografía considerando la escala BBCH.

<i>Estado BBCH</i>	<i>Días después de la siembra</i>
<i>09</i>	3 días 
<i>11</i>	23 días 
<i>12</i>	32 días

19



52 días



68 días

20



108 días

50



6.7. Índice SPAD

No existen diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza realizado con los datos del Índice SPAD (Tabla 7). Sin embargo, es evidente a simple vista que el monocultivo con microorganismos y el cultivo asociado con fréjol sin aplicación de microorganismos fueron los que mayores valores tuvieron.

Las curvas de la Figura 7, presentan una tendencia de crecimiento, debido a que la medición se la hizo en la hoja, y por esto los datos tomados son más grandes cuando la planta está en el inicio del desarrollo vegetativo, momento en el cual la planta se encuentra óptima para realizar el proceso fotosintético.

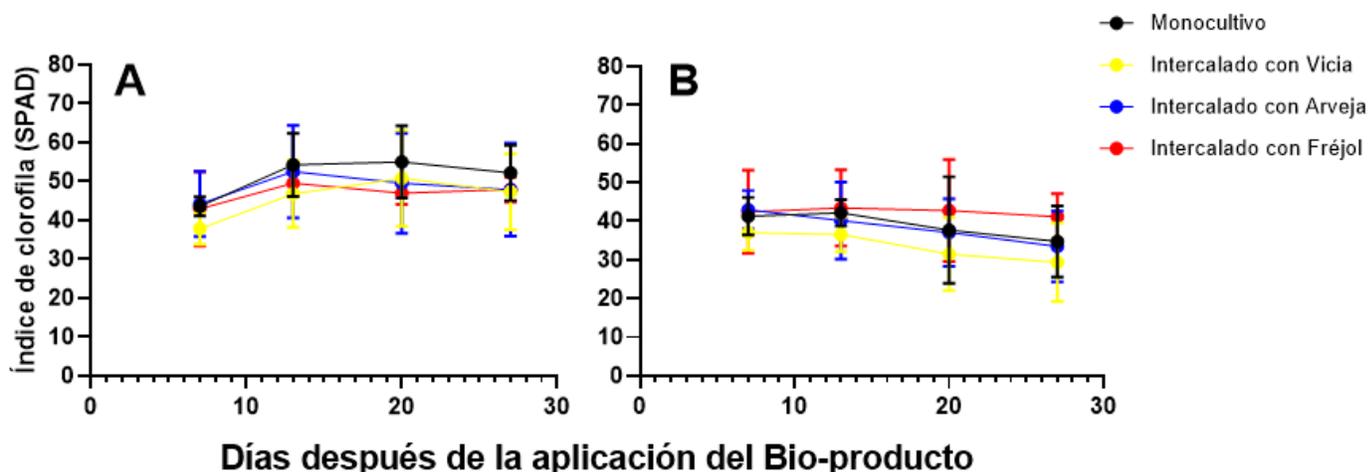


Figura 9. Dinámica del Índice SPAD de las hojas de quinua en los tratamientos de intercalado con leguminosas y la aplicación de Bio-producto a base de microorganismos benéficos. Con microorganismos (A), y Sin microorganismos (B).

6.8.Efecto del cultivo intercalado y el bio-producto

En el crecimiento de la quinua se evidenció que no existen diferencias estadísticas significativas en los factores de forma independiente (Bio-producto y Asociación) y así mismo en la interacción Asociación x Bio-producto no se encontró diferencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6. Variables fenológicas en el cultivo de quinua var. Tunkahuan para el primer objetivo.

Bio-producto	Asociación	Altura de la planta (cm)	Área foliar (cm ²)	Peso de Biomasa (g)	Diámetro del tallo (mm)
Con microorganismos	Monocultivo	48,98	66,11	1,45	3,18
	Intercalado-Vicia	45,38	72,39	1,88	3,09
	Intercalado-Arveja	48,53	72,25	1,87	3,45
	Intercalado-Fréjol	48,22	69,64	1,69	2,85
Sin microorganismos	Monocultivo	47,25	69,35	1,67	2,78
	Intercalado-Vicia	43,53	64,52	1,34	2,75
	Intercalado-Arveja	45,05	66,68	1,49	3,01
	Intercalado-Fréjol	43,87	53,57	0,60	2,86
Asociación		n.s	ns	ns	ns
Bio-producto		n.s	ns	ns	ns
Asociación * Bio-producto		n.s	ns	ns	ns

Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los valores son medias de tres repeticiones. ns = efecto no significativo

Tabla 7. Variables fenológicas en el cultivo de quinua var. Tunkahuan para el segundo objetivo.

Bio-producto	Asociación	Cobertura vegetal (%)	Índice SPAD
Con microorganismos	Monocultivo	55,05	52,20
	Intercalado-Vicia	58,76	47,33
	Intercalado-Arveja	53,15	47,87
	Intercalado-Fréjol	52,30	47,97
Sin microorganismos	Monocultivo	49,97	34,77
	Intercalado-Vicia	36,14	29,37
	Intercalado-Arveja	37,51	33,47
	Intercalado-Fréjol	36,04	41,13
Asociación		ns	ns
Bio-producto		ns	ns
Asociación * Bio-producto		ns	ns

Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los valores son medias de tres repeticiones. ns = efecto no significativo

6.9. Correlación entre las variables de estudio

La Tabla 8, muestra las principales correlaciones entre las variables: Altura de la planta, diámetro del tallo, cobertura vegetal, índice SPAD, área foliar y biomasa seca.

Los análisis se realizaron con el coeficiente de correlación de Pearson y un nivel significancia ($p < 0,05$). Las variables que presentaron mayor correlación son: la altura obtuvo altas correlaciones positivas con el diámetro del tallo ($r = 0,88$; $p < 0,001$) y con la cobertura vegetal ($r = 0,87$; $p < 0,001$). El área foliar presentó una alta correlación positiva con la cobertura vegetal ($r = 0,82$; $p < 0,001$) y la biomasa seca ($r = 0,82$; $p < 0,001$).

Tabla 8. Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas en quinua

Variables	Altura de la planta	Diámetro del tallo	Cobertura vegetal	Índice SPAD	Área Foliar
Diámetro del tallo	0,88***				
Cobertura vegetal	0,87***	0,75***			
Índice SPAD	0,52*	0,57*	0,60**		
Área Foliar	0,67**	0,55*	0,82***	0,46*	
Biomasa seca	0,67**	0,55*	0,82***	0,46*	1,00

Los valores son los coeficientes de Pearson de tres repeticiones ns efecto no significativo; * efecto significativo $p < 0,05$; ** efecto significativo $p < 0,01$; *** efecto significativo $p < 0,001$.

7. Discusión

Con la finalidad de encontrar el efecto del intercalado con leguminosas y el uso de microorganismos benéficos sobre el crecimiento de la quinua, se observó que en el monocultivo con la aplicación del bio-producto (micorrizas) presentó las plantas más altas (48.98 cm), en el caso del monocultivo sin bio-producto existe una altura de 47,25 cm, considerando que las plantas bajo estos tratamientos fueron establecidas en condiciones adecuadas para su crecimiento. Sin embargo, los resultados no son concluyentes debido a que el producto además contenía ácidos húmicos que pueden estar influyendo en los resultados del estudio.

Según Valenzuela, (2020) en su trabajo de titulación realizó un análisis de varianza en el cual utilizó micorrizas sobre las características agronómicas y sanitarias del maíz, establece que los tratamientos no alcanzaron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 6.78% con un promedio general de 257 cm de altura. Aunque no hubo significancia estadística, las plantas más pequeñas, estuvieron dentro del tratamiento 3 (Glumix 8 en dosis de 1.0 kg/ha-1), con un promedio de altura de 238 cm. El mayor crecimiento promedio de plantas se encontró en el tratamiento 6 (Glumix en dosis de 2.5 kg/ha-1) con altura de 269 cm.

Flores, (2019) en su trabajo afirma que, observó valores promediados de altura de la planta, el análisis de varianza registró diferencias significativas para las micorrizas, los ácidos húmicos y la interacción entre estos. El coeficiente de variación fue de 3,43 %. El factor micorrizas con Mycor en dosis de 0,5 L/ha-1 tuvo 204,69 cm, siendo estadísticamente superior a las demás fuentes evaluadas. La aplicación de Humus 12 % en dosis de 2 L/ha-1 (202,18 cm) fue estadísticamente superior a los demás ácidos aplicados. La interacción de Mycor en dosis de 0,5 L/ha-1 y Humus 12 % con 3 L/ha-1 fue estadísticamente superior, siendo la aplicación de Mycor 0,5 L/ha-1 con Humus 27 % en dosis de 2 L/ha-1 quien representó en menor promedio.

El diámetro del tallo de la quinua no obtuvo resultados estadísticos en la asociación con leguminosas y la aplicación de micorrizas, es por esto que, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, los datos obtenidos fueron considerables, ya que, con bio-producto más intercalado con arveja se obtuvo un diámetro de 3,45 mm, a diferencia de los tratamientos sin bio-producto que presentaron valores bajos en el mismo sistema de cultivo, es decir una media de 3,01 mm, respectivamente.

Con la ayuda de la aplicación Canopeo, se pudo observar los resultados de cobertura vegetal, demostrando que el efecto del bio-producto inicia a los 13 días posteriores a la aplicación, siendo el cultivo intercalado con vicia más bio-producto el dominante con una cobertura de 58,76%, por otro lado, existe una diferencia notoria por parte del monocultivo sin bio-producto con respecto a los demás tratamientos. Según 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 del dosel. 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.

Al no existir diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza realizado con los datos del Índice SPAD. Se puede evidenciar a simple vista que el monocultivo con micorrizas y el cultivo asociado con fréjol sin aplicación de micorrizas fueron los que mayores valores tuvieron. Es por eso que se puede decir que la asociación con dichas leguminosas no fue la óptima y lo cual afectó el crecimiento de la quinua, ya que se produjo una reducción de las unidades SPAD a causa del ataque de plagas que frecuentan estas leguminosas ocasionando pérdidas de clorofila en las hojas de quinua. Díaz Fanco et al., (2016), demuestran en su estudio que los tratamientos de fertilización biológica y sintética más la inoculación de la semilla con micorrizas impactaron significativamente en el índice de clorofila y en la biomasa aérea del sorgo dulce. Diferencias significativas ($p < 0.05$) se observaron en el contenido de clorofila, de manera que todos los tratamientos de fertilización superaron al testigo absoluto, los cuales promediaron 40.8 (unidades SPAD).

Por otro lado, la interacción Asociación * Bio-producto no tiene un efecto significativo sobre área foliar y el peso de la biomasa seca. Celebi et al., (2010) establecen un impacto positivo de las micorrizas sobre el crecimiento del maíz, en donde observaron un incremento promedio en la biomasa seca para las plantas inoculadas con micorrizas. Así mismo, para la variable área foliar no existen diferencias significativas, pero se debe tomar en cuenta que el tratamiento intercalado con vicia más micorrizas, el área foliar fue mayor, mientras que, en el caso de sin micorrizas predominó el monocultivo.

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 en el Software GraphPad Prism v8.01 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.

8. Conclusión

Bajo las condiciones de este experimento no se encontraron efectos estadísticos significativos del cultivo intercalado con leguminosas, ni tampoco del uso del bio-producto que contiene microorganismos benéficos, sobre rasgos del crecimiento de la quinua. Sin embargo, cuando se aplicó el bio-producto, se observó una tendencia de incremento de los valores en las variables morfo-fisiológicas, esto fue más notorio en la cobertura vegetal la cual se incrementó 9,2 % y el índice SPAD en 33,4 % comparado con los tratamientos sin aplicación del bio-producto, sugiriendo un beneficio sobre la nutrición del cultivo.

9. Recomendaciones

- Realizar estudios posteriores de las mediciones de las partes individuales de la planta de quinua a lo largo del tiempo durante el crecimiento del cultivo hasta su senescencia, para concluir de forma correcta sobre los mecanismos específicos que conducen al desarrollo observado en este estudio.
- Estudiar el efecto de la asociación y las micorrizas sobre variables productivas.
- Para aislar el efecto de los microorganismos se recomienda usar un producto que contenga solamente micorrizas sin Ácidos Húmicos.
- Realizar investigaciones o estudios en otros sectores para comprobar la efectividad de los efectos del bio-producto sobre el crecimiento de la quinua y de esta manera pueda ser aplicado como una alternativa para los productores, además, de ser amigable con el ambiente.
- Realizar un estudio del suelo para conocer el efecto de la asociación de cultivos y el uso del bio-producto sobre la fertilidad del suelo.

10. Bibliografía.

- Alaña, T., Capa, L., & Sotomayor, J. (2017). Desarrollo sostenible y evolución de la legislación ambiental en las MIPYMES del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 9(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100013
- Bazile, D., Bertero, D., & Nieto, C. (2014). La Quinoa en Ecuador. En B. D. al, "Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013". *FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): © FAO, 2014.*, 465-466.
- Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., Hawes, C., Iannetta, P. P. M., Jones, H. G., Karley, A. J., Li, L., McKenzie, B. M., Pakeman, R. J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C. A., Zhang, C., ... White, P. J. (2015). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1), 107-117. <https://doi.org/10.1111/nph.13132>
- Díaz Fanco, A., Espinosa Ramírez, M., & Ortiz Cháirez, F. E. (2016). PROMOCIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO DE AZÚCARES EN SORGO DULCE MEDIANTE ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZA ARBUSCULAR. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 353-360. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.09>
- Flores, H. (2019). *Efectos de la combinación de micorrizas más ácidos húmicos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo* [Trabajo Experimental, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6098>
- Granda, G. (2022). "Rendimiento de dos especies de amaranto (*Amaranthus spp.*) en asociación con fréjol (*Phaseolus sp.*) bajo distinto arreglo espacial en el sector La Argelia, de la ciudad de Loja" [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24529/1/Grace%20Karina%20Granda%20Granda.pdf>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2018). El origen de la quínoa y la historia de su domesticación. *Revista Tierra Adentro N° 108*. «Quinoa: un superalimento para Chile y el Mundo».

- <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/67723/NR40344.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- ITIS. (2011). *ITIS Standard Report Page: Chenopodium quinoa*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506567#null
- León, M., Mancilla, J., & Ortuño, F. (2019). Evaluación de bacterias endófitas promotoras de crecimiento en el cultivo de quinua. *J. Selva Andina Biosph*, 7(2). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592019000200003&lng=es&tlng=es
- Li, C., Dong, Y., Li, H., Shen, J., & Zhang, F. (2014). The Dynamic Process of Interspecific Interactions of Competitive Nitrogen Capture between Intercropped Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Faba Bean (*Vicia faba* L.). *PLoS ONE*, 9(12), e115804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115804>
- Mendoza, P. (2019). *INFLUENCIA DE CEPAS DE Trichoderma ENDÓFITO Y MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN LA INCIDENCIA DE “Kcona Kcona” (Eurysacca sp.) Y RENDIMIENTO DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.)*. [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13488/Paul_Pascual_Mendoza_Coari.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda, R. (2012). *FOTOPERÍODO DE LA QUINUA*. <https://laquinua.blogspot.com/2012/01/fotoperiodo-de-la-quinua.html>
- Moreno, V. (2016). *VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL INTERNO DE CALIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE QUINUA VARIEDAD (INIAP-Tunkahuan), BAJO DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN, CADET, 2015* [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7987/1/T-UCE-0004-18.pdf>
- Nikitin, A. N., Okumoto, S., Gutzeva, G. Z., Shintani, M., Leferd, G. A., Chesnyk, I. A., & Higa, T. (2018). Effective Microorganisms as a Potential Tool for the Remediation of ¹³⁷ Cs-

- contaminated Soils. *2018 4th International Conference on Universal Village (UV)*, 1-5.
<https://doi.org/10.1109/UV.2018.8642116>
- Pando, L., & Aguilar, E. (2016). *GUÍA DE CULTIVO DE LA QUINUA* (Segunda edición, marzo de 2016, Vol. 2). ©FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina.
<https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Peralta, E. (2009). *LA QUINUA EN ECUADOR “Estado del Arte”*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/805/1/iniapsclgaq1.pdf>
- Permingeat, H. (2018). *Cereales y leguminosas combinados en un lote: Las ventajas de los “cultivos intercalados”* [Publicitaria]. La Voz.
<https://www.lavoz.com.ar/agro/agricultura/cereales-y-leguminosas-combinados-en-un-lote-las-ventajas-de-los-cultivos-intercalados/>
- Pinto, M. (2013). *EL CULTIVO DE LA QUINUA Y EL CLIMA EN EL ECUADOR*.
<http://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/EI%20%20cultivo%20de%20la%20quinua%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Ramírez, G., & Estefano, M. (2018). *CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DE LA QUINUA Y EL AMARANTO, PARA MEJORAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS PREESCOLARES EN ECUADOR* [UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO].
<http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3983/1/CARACTER%c3%8dSTICAS%20FUNCIONALES%20Y%20NUTRICIONALES%20DE%20LA%20QUINUA%20Y%20EL%20AMARANTO%2c%20PARA%20MEJORAR%20EL%20ESTADO%20NUTRICIONAL.pdf>
- Rodríguez, H., Pando, L., Hechevarría, I., Milanés, M., & Rodríguez, C. (2008, septiembre). Estudio comparativo entre el monocultivo y la asociación de cultivo en varias plantas medicinales. *Rev Cubana Plant Med*, 13(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962008000300002&lng=es&tlng=es
- Salvador-Castillo, J. M., Bolaños-González, M. A., Palacios-Vélez, E., Palacios-Sánchez, L. A., López-Pérez, A., & Muñoz-Pérez, J. M. (2021). Estimación de la fracción de cobertura

- vegetal y contenido de nitrógeno del dosel en maíz mediante sensores remotos. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.899>
- Schillaci, M., Gupta, S., Walker, R., & Roessner, U. (2019). The Role of Plant Growth-Promoting Bacteria in the Growth of Cereals under Abiotic Stresses. En T. Ohyama (Ed.), *Root Biology—Growth, Physiology, and Functions*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87083>
- Sosa-Zuniga, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale: Phenological scale for quinoa. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117-124. <https://doi.org/10.1111/aab.12358>
- Valenzuela, V. (2020). “EFECTO DE MICORRIZAS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y SANITARIAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) [Trabajo de titulación, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48994/1/Valenzuela%20Ortega%20Victor%20Alfonso.pdf>
- Veas, E., & Cortés, H. (2019). *MANUAL DEL CULTIVO DE LA QUINOA: Cultivo ancestral como una alternativa eficiente para la adaptación de la agricultura al cambio climático*. (Primera edición). CEAZA. http://www.ceaza.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-de-la-quinoa_FINAL.pdf
- Villavicencio, E. (2021). “PERIODO CRÍTICO PARA EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL GRANO DE QUINUA (*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
- Zaragoza. (2010). *CULTIVO DE LA QUÍNOA ORGÁNICA (Chenopodium quínoa Willd) El grano dorado tesoro de los Quechuas y Aymaras*. Dpto. Técnico de SEPHU, S.A. https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/051---15.07.10---Cultivo-de-la-Qui--769-noa-Orga--769-nica-2.pdf

Zhang, J., Yin, B., Xie, Y., Li, Jing., Yang, Z., & Zhang, G. (2015). Legume-Cereal Intercropping Improves Forage Yield, Quality and Degradability. *PLOS ONE*, 10(12), e0144813. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144813>

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 quinua (*Chenopodium quinoa* Will. Var Tunkahuan).



Anexo 3. **A)** Emergencia de las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Will. Var Tunkahuan). **B)** Deshierbe de las parcelas a los 12 días después de la siembra.



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



Anexo 5. Raleo de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Will. var Tunkahuan), procurando dejar un distanciamiento de 10 cm entre planta.



Anexo 6. 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.

Anexo 7. Resultados de la prueba de ANAVA para la variable altura de la planta (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de la planta	24	0.06	0.00	21.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	98.16	7	14.02	0.14	0.9927
Cultivo	36.13	3	12.04	0.12	0.9450
Inoculacion	48.88	1	48.88	0.50	0.4897
Cultivo*Inoculacion	13.15	3	4.38	0.04	0.9869
Error	1564.05	16	97.75		
Total	1662.21	23			

Anexo 8. Resultados del análisis de Correlación de Pearson para todas las variables evaluadas.

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Altura	Diámetro	Cobertura vegetal	Índice SPAD	Área foliar	Biomasa
Altura	1.00	1.1E-08	3.2E-08	0.01	3.4E-04	3.3E-04
Diámetro	0.88	1.00	2.5E-05	3.3E-03	0.01	0.01
Cobertura vegetal	0.87	0.75	1.00	2.0E-03	9.8E-07	9.6E-07
Índice SPAD	0.52	0.57	0.60	1.00	0.02	0.02
Área foliar	0.67	0.55	0.82	0.46	1.00	0.00
Biomasa	0.67	0.55	0.82	0.46	1.00	1.00

Anexo 9. Certificación de traducción del Abstract



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, 15 de marzo de 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 **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**, cuya autoría del estudiante Wilson Fernando Camacho Carrión, con cédula 0706216991, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA Firmado
BELEN digitalmente por
QUIZHPE YANINA BELEN
ESPINOZA
Fecha: 2023.03.15
18:35:13 -05'00'

Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora

Full text translator: servicios de traducción