

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Trichoderma y Azospirillum en el rendimiento de dos
variedades de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)
Canaán 2735 msnm, Ayacucho**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Ruben Dario PORTAL MORALES

ASESOR:

Dr. José Antonio QUISPE TENORIO

AYACUCHO - PERÚ

2024

A Dios, por permitirme la dicha de culminar mis estudios profesionales, por permitirme recorrer el sendero de la vida, junto a mis seres queridos.

A mi madre y hermanos, por el apoyo incondicional que me brindan desde mi niñez hasta la actualidad, por forjarme como una persona honesta y por mi desarrollo profesional.

A Diana por ser mí compañera de vida y a César, mi hijo, por ser el motivo de cada día.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, principal casa de estudios forjadora de profesionales de calidad, a la Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente a la Escuela Profesional de Agronomía, por los conocimientos impartidos a lo largo de estos años de educación universitaria.

Al Dr. José Antonio Quispe Tenorio, docente de la Escuela Profesional de Agronomía, como asesor, por brindarme su tiempo y conocimientos para el planteamiento, conducción y culminación del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Cayo García Blásquez Morote, investigador de la Escuela Profesional de Agronomía, como co-asesor para la materialización y culminación del estudio de investigación.

A los grandes impartidores de conocimiento y experiencias, docentes de la escuela profesional de Agronomía, por la voluntad, disposición, tiempo y la paciencia para formar profesionales de calidad.

A los que considero mejores amigos (as), que me brindaron y compartieron conmigo aulas académicas y sobre todo por el invaluable apoyo durante los años de estudio.

.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Antecedentes internacionales	3
1.1.2. Antecedentes nacionales	4
1.1.3. Antecedentes locales	5
1.2. Kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i> L.)	6
1.2.1. Clasificación taxonómica	6
1.2.2. Origen y distribución	6
1.2.3. Variedades	7
1.2.4. Descripción botánica	7
1.2.5. Fases fenológicas de la kiwicha	8
1.2.6. Contenido nutricional	10
1.3. <i>Trichoderma</i>	11
1.3.1. Fisiología del <i>Trichoderma</i>	12
1.3.2. Capacidad antagonista y estimuladora	13
1.3.3. Competencia	13
1.3.4. Micoparasitismo	14
1.4. <i>Azospirillum</i>	15
1.4.1. Efecto que provoca la bacteria <i>Azospirillum brasilense</i> como biofertilizante	17
1.4.2. Posibles mecanismos de acción de <i>Azospirillum</i> sp. sobre el crecimiento vegetal	17
CAPÍTULO II	19

METODOLOGÍA	19
2.1. Ubicación.....	19
2.2. Análisis físico y químico del suelo.....	19
2.3. Material biológico	20
2.4. Condiciones climáticas.....	21
2.5. Variables evaluadas	24
2.6. Descripción de los tratamientos	24
2.7. Diseño experimental.....	25
2.9. Proceso de instalación y conducción del experimento	27
2.9.1. Limpieza de terreno	27
2.9.2. Preparación de terreno	28
2.9.3. Estacado y demarcación del terreno	28
2.9.4. Inoculantes biológicos y fertilización.....	28
2.9.5. Siembra	30
2.9.6. Riego.....	30
2.9.7. Desahije o raleo de plantas	30
2.9.8. Apoque y control de malezas	30
2.9.9. Control fitosanitario	31
2.9.10. Cosecha	31
2.10. Parámetros evaluados	31
2.10.1. Peso de raíz (gr)	31
2.10.2. Longitud de raíz (cm)	31
2.10.3. Volumen de raíz (cm ³)	31
2.10.4. Diámetro de raíz (mm)	32
2.10.5. Número de ramificaciones de raíz.....	32
2.10.6. Altura de planta (cm).....	32
2.10.7. Longitud de panoja (cm)	32
2.10.8. Diámetro de tallo (mm)	32
2.10.9. Peso de panoja (gr)	33
2.10.10. Rendimiento de grano de Kiwicha (tn/ha)	33
CAPÍTULO III.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1. Desarrollo y crecimiento de las plantas de Kiwicha (parte radicular)	34
3.1.1. Longitud de raíz.....	34

3.1.2. <i>Diámetro de raíz</i>	36
3.1.3. <i>Número de ramificaciones de raíz</i>	38
3.1.4. <i>Volumen de raíz</i>	40
3.1.5. <i>Peso de raíz</i>	42
3.2. Crecimiento y desarrollo de las plantas de Kiwicha (parte aérea)	44
3.2.1. <i>Altura de planta</i>	44
3.2.2. <i>Diámetro de tallo</i>	46
3.2.3. <i>Longitud de panoja</i>	48
3.2.4. <i>Peso de panoja</i>	49
3.2.5. <i>Rendimiento de grano de Kiwicha</i>	51
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 <i>Clasificación taxonómica del Kiwicha</i>	6
Tabla 1.2 <i>Composición química de la semilla de Kiwicha (por 100 g de parte comestible y en base seca)</i>	10
Tabla 1.3 <i>Contenido de proteína del Kiwicha comparado a los principales cereales (por 100 g pasta comestible)</i>	11
Tabla 1.4 <i>Modo de acción de las bacterias Azospirillum brasilense</i>	18
Tabla 2.1 <i>Características físicas y químicas del campo experimental</i>	20
Tabla 2.2 <i>Temperaturas (máxima, mínima, media), precipitación y balance hídrico promedio mensual de julio 2021 - junio 2022, de la estación metrológica Canaán (SENAMHI)-Ayacucho</i>	22
Tabla 2.3 <i>Variables e indicadores</i>	24
Tabla 2.4 <i>Tratamientos aplicados</i>	25
Tabla 2.5 <i>Características físicas, químicas del abono orgánico Mallki</i>	29
Tabla 3.1 <i>Análisis de variancia de la longitud de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	34
Tabla 3.2 <i>Prueba de Tukey de la longitud de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	35
Tabla 3.3 <i>Análisis de variancia del diámetro de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	37
Tabla 3.4 <i>Prueba de Tukey del diámetro de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	37
Tabla 3.5 <i>Prueba de Tukey del diámetro de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	38
Tabla 3.6 <i>Análisis de variancia del número de ramificaciones de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha, Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	39

Tabla 3.7	<i>Prueba de Tukey del número de ramificaciones de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i>	39
Tabla 3.8	<i>Prueba de Tukey del número de ramificaciones de raíz en 2 variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	40
Tabla 3.9	<i>Análisis de variancia del volumen de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	41
Tabla 3.10	<i>Prueba de Tukey del volumen de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	41
Tabla 3.11	<i>Prueba de Tukey del volumen de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	42
Tabla 3.12	<i>Análisis de variancia del peso de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	43
Tabla 3.13	<i>Prueba de Tukey del peso de raíz con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	43
Tabla 3.14	<i>Análisis de variancia de la altura de planta con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	44
Tabla 3.15	<i>Prueba de Tukey de la altura de planta con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	45
Tabla 3.16	<i>Análisis de variancia del diámetro de tallo con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	46
Tabla 3.17	<i>Prueba de Tukey del diámetro de tallo con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	47
Tabla 3.18	<i>Prueba de Tukey del diámetro de tallo en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	47

Tabla 3.19	<i>Análisis de variancia de la longitud de panoja con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	48
Tabla 3.20	<i>Prueba de Tukey de la longitud de panoja con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	48
Tabla 3.21	<i>Análisis de variancia del peso de panoja con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	50
Tabla 3.22	<i>Prueba de Tukey del peso de panoja con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.</i>	50
Tabla 3.23	<i>Análisis de variancia del rendimiento de grano con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	51
Tabla 3.24	<i>Prueba de Tukey del rendimiento de grano con Trichoderma harzianum y Azospirillum brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 <i>Diagrama ombrotérmico (temperatura, precipitación)</i>	23
Figura 2.2 <i>Esquema del campo de cultivo</i>	26
Figura 2.3 <i>Croquis de la unidad experimental</i>	27

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Análisis físico-químico del suelo.....	61
Anexo 2 Longitud de raíz, diámetro de raíz, n° de ramificaciones de raíz, volumen de raíz, peso de raíz.....	62
Anexo 3 Altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, peso de panoja, peso de 50 semillas, rendimiento de grano.....	63
Anexo 4 Panel fotográfico.....	64

RESUMEN

Se estudió el efecto de la inoculación y coinoculación con *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento y desarrollo de la raíz de dos variedades de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) La Frondosa y Oscar Blanco, en condiciones del Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, en la campaña 2020 - 2021. Se utilizó el Diseño Bloques Completamente Randomizado (DBCR) con un arreglo factorial de 2 variedades de Kiwicha x 2 niveles de *T. harzianum* x 2 niveles de *A. brasilense* con 3 repeticiones, constituyendo un total de 24 UE, bajo el Diseño de Parcelas Divididas. La inoculación y coinoculación con *T. harzianum* y *A. brasilense* no afectó la longitud de raíz, varió de 28.67 a 36.30 cm para “La Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*” y “Oscar Blanco + *T. harzianum* + *A. brasilense*”. El diámetro de raíz se diferenció entre variedades, 15.28 cm en Oscar Blanco y 12.93 en La Frondosa. La inoculación con *T. harzianum* afectó positivamente el número de ramificaciones de la raíz en Oscar Blanco, paso de 5.47 a 9.27 raíces; el número de ramificaciones de la raíz fue diferente entre variedades, 7.85 en Oscar Blanco y 6.69 en La Frondosa. La altura de planta varió entre 83.80 a 105.37 cm sin diferencia significativa para “Oscar Blanco” y “La Frondosa + *A. brasilense*”. El diámetro de tallo se diferenció significativamente entre variedades, 15.13 cm para Oscar Blanco y 13.06 cm La Frondosa. La longitud de panoja varió significativamente entre 43.10 a 62.73 cm para “Oscar Blanco” y “La Frondosa + *A. brasilense*”. El peso de panoja varió entre 40.37 a 55.60 g sin diferencia significativa para “La Frondosa + *A. brasilense*” y “La Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*”. El rendimiento de grano varió para ambos cultivares de 1,610.5 a 2,302 kg.ha⁻¹ para “La Frondosa sin microorganismos” y “Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*”, mientras que para Oscar Blanco 2,596.5 a 3,455.5 kg.ha⁻¹ para “Oscar Blanco sin microorganismos” y “Oscar Blanco + *T. harzianum* + *A. brasilense*”

Palabras clave: *Trichoderma harzianum*, *Azospirillum brasilense*, Kiwicha, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), originaria de los Andes sudamericanos, la mayoría de los ecotipos de Kiwicha se cultivan en Argentina, Ecuador, Perú y Bolivia. El grano crudo tiene un contenido de proteína del 13-19%, un contenido de grasa del 5-13%, un contenido de almidón del 65% y 8 aminoácidos esenciales. Estas cualidades hacen del grano una especie beneficiosa, y su consumo va en aumento tanto a nivel nacional como internacional. (Martínez-Lopez et al., 2020). Es importante solucionar el problema de la inseguridad alimentaria en el Perú, los bajos rendimientos, además disminuir el uso excesivo de agroquímicos que degradan el ecosistema. La producción utilizando microorganismos beneficiosos y el uso de productos libres que agroquímicos es una opción importante para los agricultores porque se dirigen a mercados tanto local como internacional que exigen una calidad adecuada libre de residuos de agroquímicos en el grano de Kiwicha, estos productos inocuos poseen un alto valor económico que ayuda al productor a mejorar la rentabilidad. Por otro lado, la agricultura convencional, basada en la revolución verde, se centra en lograr altos rendimientos aumentando el uso de fertilizantes, pesticidas plantas genéticamente modificados y otros. Los agroecosistemas se degradan o sufren erosión genética debido al uso excesivo de fertilizantes y pesticidas. Esto se refiere a la pérdida lenta pero constante de diversidad genética en los tipos de cultivos como resultado de la selección natural. (Dazzo & Yanni, 2006; Hernández, Terry, & Almoghea, 2015)

El uso de microorganismos beneficiosos, es una opción altamente recomendable, como indican Domínguez et al.(2019) que:

Trichoderma harzianum, la investigación ha demostrado que puede disminuir efectivamente el impacto de los microorganismos causantes de la pudrición en las plántulas. Un grupo de bacterias conocido como PGPB es *Azospirillum brasilense*. Cuando las rizobacterias están presentes en el suelo cerca de las

raíces de las plantas, aumentan el rendimiento de los cultivos al expandir tanto las partes aéreas de la planta como sus sistemas radiculares. (p. 23)

Objetivo general

Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento de las variedades de Kiwicha, INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco, en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2021.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento de las variedades de Kiwicha, INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco, en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2021.
2. Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el crecimiento desarrollo de la raíz de las variedades de Kiwicha INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco, en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2021.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes internacionales

Peñasco (2021) en su investigación titulada “Evaluación de la respuesta de bioinsumos en el rendimiento de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el municipio de Jesús de Machaca, La Paz-Bolivia, mediante métodos participativos” con el objetivo:

Azospirillum brasilense brasilense, un bioinsumidor sólido concentrado en particular turba, y Vigortop plus, un bioinsumidor líquido, son dos microorganismos que exhiben propiedades ecológicas que deben estudiarse. Utilizamos datos agronómicos como altura de la planta, número de raíces secundarias, número de ramas y rendimiento para averiguar cómo respondieron los bioinsumos en la Cañihua. La evaluación agronómica encontró que hubo diferencias en altura de planta, número de ramas primarias, número de raíces secundarias y rendimiento de grano. El tratamiento T4, que combinó *Azospirillum brasilense* con vigortop plus, produjo la mayor cantidad de Cañihua. El tratamiento con T2 también incluyó *Azospirillum brasilense*, pero produjo un rendimiento comparable al tratamiento con T4. Los tratamientos T3, que combinaron vigortop plus con T1, obtuvieron un rendimiento estadísticamente igual. En general, el uso de bioinsumos ayudó al desarrollo de las plantas de Cañihua. Con base en los resultados de las evaluaciones participativas de los agricultores, los tratamientos que contenían *Azospirillum brasilense* T4 (*Azospirillum brasilense* con vigortop plus) y *Azospirillum brasilense* T2 (*Azospirillum brasilense*) fueron los más bien recibidos en términos de madurez fisiológica, fase de floración y rendimiento. Por uniformidad, buen follaje y mayores rendimientos, el tratamiento *Azospirillum brasilense* fue el más bien recibido por los agricultores.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Ortiz et al. (2023) evaluaron la “Biofertilización con cepas de *Trichoderma* sp. sobre la nutrición de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Salcedo INIA en invernadero” con el objetivo de:

Con el fin de evaluar el impacto de varias cepas de *Trichoderma* sp. sobre las propiedades químicas del suelo y el estado nutricional de la quinua var. Salcedo INIA. Para inocular plantas de quinua, aplicaron cinco cepas de *Trichoderma* sp. al suelo o semilla peletizada utilizada. Analizaron el suelo y el tejido vegetal en busca de niveles de N, P y K a los seis meses del ciclo del cultivo. Aunque la inoculación con *Trichoderma* sp. no afectó los niveles de nutrientes del suelo, las plantas infectadas exhibieron mayores contenidos de P y K en comparación con el grupo control ($P \leq 0.05$). Aunque los datos no respaldaron la afirmación de que *Trichoderma* sp. tuvieron un impacto solubilizante en los nutrientes del suelo, sí dieron crédito a la teoría de que la planta mejoró su eficiencia de absorción de nutrientes debido al mayor desarrollo del radical. (p. 105)

León et al. (2018) en su investigación titulada “Cepas de *Trichoderma* con capacidad endofítica sobre el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) y mejora del rendimiento de quinua”, tuvo como finalidad:

Con el fin de evaluar el impacto de *Trichoderma* sp. con capacidad endofítica. cepas en quinua var. Salcedo INIA rendimiento y control de mildiu, peletizamos las semillas (1×10^6 cfu. semilla⁻¹) e inoculó el sustrato con esporas de 10 cepas diferentes. En condiciones controladas, medimos el porcentaje de colonización endófitica en plantas de 30 y 60 días de edad; en condiciones de campo, administramos cuatro aplicaciones foliares (1×10^7 ufc. ml⁻¹) y evaluamos la gravedad para encontrar el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) y el rendimiento de grano. Todas las variedades son endófitas de quinua ya que colonizaron varias regiones de la planta. A los 60 días de evaluación, la cepa T10 tuvo el mayor porcentaje de colonización con un 60%, seguida de la T3 con un 56,67% y la T2 con un 43,33%. La infestación del sustrato resultó en el mayor porcentaje de colonización con un 34,24%. En comparación con el testigo, que tuvo una AUDPC de 1670,5 y un rendimiento de 1141,27 kg. ha.⁻¹, los tratamientos que se trataron con las cepas T1, T3 y T2 tuvieron el menor impacto de moho, con valores de AUDPC de 615,7, 706,7 y 759, respectivamente.

Estos tratamientos también mostraron el mayor rendimiento de grano, con 3127,30, 3029,12 y 2866,57 kg. ha⁻¹, respectivamente. (p. 19)

Mejía et al. (2020) evaluaron los “Niveles de fertilización inorgánica en tres variedades de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en Ancash, Perú” con el objetivo de:

El objetivo es conocer cómo interactúa el ecotipo Caracino con dos variedades de Kiwicha (Oscar Blanco y Centenario) y tres niveles de fertilización (NPK). El estudio se realizará en la localidad de Mato, provincia de Huaylas, Ancash, y utilizará un Diseño Aleatorio de Bloques Completos (DBCA) con una disposición factorial de 3V x 3F y cuatro repeticiones. La altura de la planta, el número de días para florecer, el número de días para madurar, el rendimiento, el contenido de proteínas y el peso de mil granos fueron los factores que se estudiaron. En términos de rendimiento, altura de la planta y días hasta maduración, la dosis de 120-100-80 produjo los mejores resultados (2105.58 kg ha⁻¹, 90.50 cm y 123.83 días, respectivamente), mientras que la dosis de 18-46-30 produjo los mejores resultados en términos de contenido de proteína (1.12 g) y peso de mil granos (20.19%). Centenario superó a Oscar Blanco y Centenario en rendimiento y peso de 1000 granos, con 2104,75 kg ha⁻¹ y 1,09 g, respectivamente, aunque el ecotipo Caracino tuvo un mayor contenido proteico, con un 20,01%, en comparación con las otras dos variedades. (p. 75)

1.1.3. Antecedentes locales

Lonazco (2022) evaluó la “Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), Llachoccmayo - Chiara, Ayacucho 2019” con el objetivo de:

El objetivo de este estudio es determinar cómo les va a cuatro variedades ecológicas diferentes de tarwi cuando se coinoculan con los microorganismos *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*. Se crearon un total de 64 subtramas experimentales utilizando el Diseño Aleatorio de Bloques Completos (DBCA). El experimento utilizó una disposición factorial de cuatro ecotipos de tarwi y cuatro tratamientos: fertilización nitrogenada, control absoluto, coinoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, e inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*. El diseño experimental incluyó 16 parcelas grandes con 4 repeticiones. Se utilizó la prueba de contraste y análisis de varianza de Tukey

(ANVA) con un umbral de significancia de $p > 0,05$. En tarwi, los mejores rendimientos de grano seco fueron de 2254,01 kg.ha⁻¹ cuando el ecotipo 3 interactuó con *Bradyrhizobium*, y 2216,71 kg.ha⁻¹ cuando el ecotipo 3 interactuó con *Azospirillum*. Se registró baja rentabilidad por los tratamientos de fertilización nitrogenada (1524,26 kg.ha⁻¹) y el grupo de control absoluto (1361,17 kg.ha⁻¹). Con una ganancia de 6679.02 soles por hectárea, el ecotipo 3 + *Bradyrhizobium* tuvo la máxima rentabilidad económica con un 285.8%. En comparación con los tratamientos sin inoculante y fertilización con urea, todos los ecotipos inoculados con bacterias *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* tuvieron un desempeño mucho mejor. (p. 7)

1.2. Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)

1.2.1. Clasificación taxonómica

Según Cronquist citado por Céspedes (2004) clasifica a la Kiwicha de la siguiente manera:

Tabla 1.1

Clasificación taxonómica del Kiwicha (Amaranthus caudatus L.)

Taxonomía del Kiwicha	
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Cariophyllidae
Orden	Cariophyllales
Familia	Amaranthaceae
Sub familia	Amarantoideas
Género	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>Amaranthus caudatus</i> L.

Nombres comunes: Amaranto (español), Amaranth (ingles), kiwicha (Cusco Perú), achita (Ayacucho – Perú), Coyo (Cajamarca – Perú), Achiz (Huaraz – Perú), coimi, millmi e inca pachachi o grano inca (Bolivia), quinua de Castilla (Ecuador), alegría y huaythi (México), rejgira, ramdana, eeerai (India).

1.2.2. Origen y distribución

El Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA (2011), sobre el origen de la kiwicha (*Amaranthus* sp.), refiere que:

Cultivado en Asia, África y América. Los valles andinos del norte de Argentina, Bolivia y Perú albergan la mayoría de las regiones productoras de América del Sur. Cusco y llámalo kiwicha, Ayacucho y llámalo achita, los ancashanos lo llaman itachi, Cajamarca y lo llaman cañón, y Arequipa y lo llaman qamaya. Todo está en la zona andina de Perú. Crime en Bolivia, millmi en Argentina y sangoracha en Ecuador describen amaranto de color oscuro, respectivamente. (p. 6)

1.2.3. Variedades

Peruecologico (2024) refiere que el género *Amaranthus* se distribuye en amplias zonas de la Cordillera Andina donde se encuentran numerosas variedades. Es así como a lo largo de los Andes se han colectado al menos 1200 ecotipos de kiwicha, las cuales se diferencian por sus granos, forma de la panoja o panícula, color de la planta y otras características.

Las variedades más comerciales del kiwicha son: Noel Vietmeyer, de grano rosado y no usado como hortaliza; Oscar Blanco, de grano blanco y usado como hortaliza; Chullpi: con granos de tipo reventón, adecuados para cocción en seco.

1.2.4. Descripción botánica

Raíz. Es pivotante con abundantes raíces secundarias ramificadas, permitiendo la absorción de agua, absorción de nutrientes, sirve de sostén manteniendo el peso de la panoja (Mujica, 1997).

Tallo. En la madurez, el tallo central puede tener entre 2 y 2,5 metros de altura; sin embargo, hay variaciones menores disponibles. La variedad determina qué tan bajas pueden crecer las ramas cilíndricas de la planta (Alvarez y Gonzales, 2013).

Hojas. Son pecioladas, se presentan de forma alterna, con nervadura en el envés, lisas, poco pubescentes, sin estipula de forma oval, de color verde o purpura y de tamaño variable de 6.5 – 1.5cm (Mujica, 1997).

Inflorescencia. es una panoja glomerulada, pueden ser erectas o decumbente de colores amarillos, anaranjado, café, rojo, rosado, purpura (Tamayo, 2022). Llegan a medir

90 cm de largo, panoja tiene flores masculinas y femeninas presenta autopolinización o por acción del viento (Alvarez y Gonzales, 2013).

Mujica (1997) menciona que “Pequeñas flores unisexuales con un pistilado que completa el glomérulo y estambres que estaminan en el ápice forman el androceo; un punto cerca de la base del androceo sostiene las anteras; un ovario esférico con tres estigmas filiformes y vellosos corona el gineceo; y una sola semilla se aloja en el supero”.

Tomayo (2022) en su trabajo de investigación “Respuesta de líneas mutantes de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) al estrés hídrico en condiciones de costa central” menciona que:

El glomérulo, es una rama dicásial con una floración terminal masculina al final, seguida de dos flores laterales femeninas en la base, que a su vez dan lugar a dos flores laterales femeninas más, y el ciclo continúa a partir de entonces. La flor masculina, habiendo liberado su polen, se seca y cae en picado, y un glomérulo puede contener hasta 250 flores femeninas. (p.5)

Fruto. En la madurez, este pixidio unilocular se abre transversalmente, liberando la sección superior, el opérculo y la urna que contiene la semilla; los cultivares determinan si es dehiscente o indehiscente (Mujica, 1997).

Semilla. Las kiwichas tienen una amplia variedad de colores, desde el negro y el rojo hasta el marfil y el blanco. Su cubierta seminal es brillante y su embrión está curvado, rodeando el endospermo. A diferencia de la quinua, la kiwicha no contiene saponinas amargas. Por lo general, tienen 32 cromosomas, pero en raras ocasiones, pueden tener 34 (Alvarez y Gonzales, 2013). El diámetro varía de 1 a 1.5 mm ligeramente aplanada, el número de semillas en un gramo varía de 1000 a 3000 (Mujica, 1997).

1.2.5. Fases fenológicas de la kiwicha

Henderson (1993) y Musical y Quillahuaman (1989) han proporcionado descripciones de los estados fenológicos de la kiwicha. Los siguientes estados fenomenológicos son compartidos por los dos escritores:

Emergencia (VE). El boletín publicado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA (2011) titulado “Kiwicha – Alimento nuestro para el mundo” menciona que:

Durante esta etapa, las plántulas revelan sus dos cotiledones expandidos cuando asoman la cabeza fuera de la tierra; al menos la mitad de la población de plántulas se encuentra en esta condición cuando el surco es visible. Cada una de las hojas reales de los cotiledones mide menos de 2 centímetros de largo. Dependiendo de las circunstancias agroclimáticas, esta etapa puede durar entre ocho y veintiún días. (p. 7)

Fase vegetativa (V1-Vn). El boletín publicado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA (2011) titulado Kiwicha – Alimento nuestro para el mundo menciona que:

Para determinarlos se usa el número de nudos en el tallo principal en el punto en que las hojas miden al menos 2 cm de largo. Los estados V1, V2, etc. están representados por los nodos de la red. La cicatriz en el tallo principal se usa para determinar el nudo adecuado cuando las hojas basales se marchitan. En la etapa V4, la planta comienza a producir nuevos brotes. (p. 7)

Fase Reproductiva

Inicio de panoja (R1). “El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra”.

Panoja (R2). “La panoja tiene al menos 2 cm de largo”.

Término de panoja (R3). “Más de cinco centímetros de largo tiene la panoja. En el momento en que se alcanza esta etapa, la planta debe clasificarse según si se ha iniciado o no la antesis”.

Antesis (R4). El estigma es completamente visible y los estambres se han separado en al menos una flor abierta. La antesis a menudo comienza a la mitad del eje central de las panículas y se abre hacia afuera, con las flores hermafroditas abriéndose primero.

Las heladas y el estrés hídrico son bastante dañinos en este momento. Dependiendo de qué proporción de las flores del eje central de las panículas hayan terminado la antesis, esta etapa puede subdividirse en muchos subestados.

Llenado de granos (R5). Al menos el 95% del eje central de las panículas tiene anthesis terminada. Varias subetapas componen esta fase: Las semillas liberan un líquido lechoso cuando se aprietan entre los dedos, dando la apariencia de grano lechoso.

Grano pastoso. Se imparte una sustancia pastosa y blanquecina a las semillas al presionarlas entre los dedos.

Madurez fisiológica (R6). Aunque no existe un método universalmente aceptado para identificar la madurez fisiológica, el signo más común es un cambio en el color de las hojas. Cuando están en una panícula verde, adquieren un tono dorado, y cuando están en una panícula roja, adquieren un tono marrón rojizo. Además, las semillas son demasiado difíciles de clavar en la uña. En este punto, las semillas maduras caen de la panoja cuando se agita.

Madurez de cosecha (R7), La planta adquiere un tono marrón reseco a medida que sus hojas se marchitan y caen. Es una práctica común anticipar una helada otoñal para reducir el contenido de humedad de la semilla.

1.2.6. *Contenido nutricional*

Tabla 1.2

Composición química de la semilla de Kiwicha (por 100 g de parte comestible y en base seca)

Característica	Contenido
Proteína (g)	12.0 a 19.0
Carbohidratos (g)	71.8
Lípidos (g)	6.1 – 8.1
Fibra (g)	3.5 – 5.0
Cenizas (g)	3.0 – 3.3
Energía (kcal)	391
Calcio (mg)	130 – 164
Fósforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1.5

Fuente: INIA, 2011, p. 35

Tabla 1.3

Contenido de proteína del Amaranthus caudatus comparado a los principales cereales (por 100 g pasta comestible)

Cultivo	Proteína
Amaranto	13.60 – 18.00
Cebada	9.50 – 17.00
Maíz	9.40 – 14.20
Arroz	7.50
Trigo	14.00 – 17.00
Centeno	9.40 – 14.00

Fuente: INIA, 2011, p. 35

1.3. *Trichoderma*

De acuerdo a los estudios realizados por Hernández et al. (2019) en su artículo titulado “*Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial” mencionan que:

Trichoderma, la notable adaptabilidad y producción de metabolitos por parte de este hongo global lo hace de gran valor en los campos de la biotecnología y la protección del medio ambiente. Estos metabolitos incluyen enzimas, sustancias químicas que promueven el desarrollo de las plantas y moléculas volátiles. Antibiosis, micoparasitismo, competencia espacial y de nutrientes y síntesis secundaria de metabolitos son algunas de las muchas formas en que esta especie funciona como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos. (p. 98)

Diversos investigadores conceptualizan a *Trichoderma*, tal es el caso de Harman y Chet (1981 citado en Ortiz, 2017) donde menciona que:

Trichoderma sp., este hongo en particular generalmente se encuentra en el suelo y se reproduce de manera asexual. Su pared celular está hecha de quitina, es aeróbica y tiene forma filamentosa. Crece rápidamente y puede utilizar fuentes de carbono como almidón, celulosa, pectina y quitina. Aunque *Trichoderma sp.* se encuentra con mayor frecuencia en suelos ácidos, varias cepas pueden prosperar en una variedad de medios, incluidos sólidos y líquidos, y en un amplio rango de temperaturas. Se extiende en el medio de cultivo, cubriendo eventualmente toda la superficie del agar como una alfombra de hierba amarilla o amarillo verdosa. ; la superficie de la colonia puede ser granular o plumosa. En los detalles a nivel

microscópico. La pequeña secreción mucilaginosa mantiene los conidios esféricos muy cerca unos de otros. (p. 46)

1.3.1. Fisiología del *Trichoderma*

En las investigaciones que realizaron Martínez *et al.* (2013) en el artículo titulado “*Trichoderma* sp. y su función en el control de plagas en los cultivos” sobre la fisiología de *Trichoderma* indican que:

Trichoderma, como ejemplo, McBeath y Adelman identificaron una cepa del suelo en Alaska que podía soportar temperaturas de hasta 33 °C y florecer a 4 °C, lo que demuestra que este hongo aeróbico puede soportar un amplio rango de temperaturas. Parece que las especies y el aislamiento tienen un papel en el vínculo entre la temperatura y el desarrollo de *Trichoderma*. Entre las especies de *Trichoderma*, algunas pueden soportar temperaturas de hasta 41°C (*T. pseudokoningii* y *T. harzianum saturnisporum* Hammill), mientras que otras, como *T. koningii* y *T. hamatum*, pueden soportar temperaturas de hasta 35°C, *T. viride* y *T. polysporum* tan bajo como 31°C, y *T. harzianum* tan alto como 38°C. En el caso de este último, la temperatura ideal de crecimiento varió entre 25 y 30 °C, pero para ciertos aislados fue de 20 °C. Pero la actividad hostil de esta especie era casi inexistente a 30 °C. Estas cosas muestran que la temperatura ideal para el desarrollo no siempre es la misma que la temperatura a la que se vuelve hostil, y que la temperatura, el aislamiento y la hostilidad están estrechamente relacionados. (p. 2)

Las especies de *Trichoderma* no son exigentes con el pH de los sustratos. Prosperan en suelos ligeramente ácidos con valores de pH entre 5.5 y 6.5, pero crecerán en cualquier suelo con un pH entre 5.5 y 8.5. Las condiciones húmedas, es decir, al menos el 60% de la capacidad de retención de humedad del suelo, son necesarias para que *Trichoderma* crezca. Debido a la insuficiente disponibilidad de oxígeno, la colonización y la supervivencia se reducen a mayores porcentajes de saturación. Además de descomponer los hongos, la *Trichoderma* aislada ayuda a descomponer los materiales orgánicos. Debido a su estrecha asociación con la materia orgánica, estos hongos se clasifican en hipogeos, bignoniáceos y depredadores. Puede encontrarlos en suelos donde prevalece la materia orgánica. (Martínez *et al.*, 2013, p. 2)

1.3.2. Capacidad antagonista y estimuladora

Martínez *et al.* (2013) en el artículo titulado “*Trichoderma* ssp. y su función en el control de plagas en los cultivos” sobre la capacidad antagonista y estimuladora indican que:

La efectividad de *Trichoderma* como antagonista puede variar mucho. La investigación de Mihuta-Grimm y Rowe mostró que las cepas locales de una ubicación específica son más eficientes que las importadas para reducir la Rizoctonia. De 255 aislamientos adquiridos en diversos lugares, solo el 15% resultó efectivo. Es necesario evaluar la especificidad de la cepa, ya que esta capacidad depende de los modos de acción de la cepa y del grado en que es capaz de manejar un determinado patógeno. Esto demostró lo importante que es investigar los procesos asociados con el manejo de agentes de plagas para identificar posibles aislamientos para dicho control. (p. 3)

Entre estos se encuentran: antibiosis, competencia (por espacio y nutrientes), micoparasitismo, desactivación de enzimas de los patógenos y otros. Recientemente, Harman (2006) y Vinale *et al.* (2008) Vinale *et al.* informaron nuevos mecanismos con los cuales *Trichoderma* ejerce su acción como antagonista y colonizador de las raíces, como son:

- Aceleración del desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta.
- Solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Inducción de resistencia.

Al fortalecer los sistemas de defensa fisiológica y bioquímica de la planta, tienen un efecto indirecto sobre los patógenos. Dado que *Trichoderma* es un hongo que habita en el suelo y la mayoría de estas actividades ocurren en la rizosfera, estudiar estos mecanismos en entornos del mundo real es un desafío. (Martínez, 2013, p. 3).

1.3.3. Competencia

Martínez *et al.* (2013) en el artículo titulado “*Trichoderma* ssp. y su función en el control de plagas en los cultivos” sobre la competencia indican que es:

Debe existir escasez o limitación de algún requerimiento (espacio y/o nutrientes) para que exista competencia. Por lo tanto, cuando dos o más organismos actúan de manera desigual en respuesta al mismo requerimiento, siempre que el uso de uno de ellos reduzca la cantidad necesaria para los demás, decimos que hay competencia. *Trichoderma ssp.* es altamente competitivo en cuanto a espacio y recursos nutricionales, y su flexibilidad ecológica se demuestra por su prevalencia en suelos agrícolas y naturales en todo el mundo. (p. 4)

Además, Martínez *et al.* (2013), sobre la competencia por nutrientes de la *Trichoderma ssp.* mencionan que:

El carbono, el nitrato y el hierro son los principales culpables. La liberación de metabolitos de varios tipos que ralentizan o destruyen rivales en el microambiente y la rápida tasa de crecimiento que presentan muchos de sus aislados son dos rasgos comunes que ayudan a competir a este antagonista. Este mecanismo de acción es crítico para la dispersión de los antagonistas y sus efectos para "bloquear el paso" a la infección. El espacio es el mediador principal en las pruebas de competencia in vitro (cultivo dual), que también tiene en cuenta las variables ambientales, incluido el tipo de sustrato, el pH y la temperatura, además de las tasas de crecimiento de las cepas antagonistas. Debido a su rápido crecimiento y capacidad para identificar el patógeno, se calculó un conjunto de aislados de *Trichoderma* para el espacio en un cultivo dual con *Rhizoctonia solani* Kühn. (p. 4)

1.3.4. Micoparasitismo

Companioni (2019) sobre el micoparasitismo menciona que:

Este es un proceso complejo en la interacción antagonista-patógeno, que ocurre en cuatro etapas:

Crecimiento quimiotrófico. “Donde *Trichoderma* puede detectar a distancia a sus posibles hospedantes”.

Reconocimiento. “Se considera que existe una alta especificidad del antagonista por su sustrato”.

Adhesión y enrollamiento, “esto sucede porque la pared del patógeno contiene una lectina y el azúcar del antagonista se une a ella, lo que resulta en actividad lítica: las enzimas que incluyen quitinasas, glucanasas y proteasas se producen fuera de las células; rompen las paredes celulares de los patógenos y permiten que penetren las hifas de *Trichoderma*”. (237-248)

Cuando el micoparasitismo progresa lo suficiente, la célula huésped comienza a desintegrarse y se pierde su contenido citoplasmático. El micoparasitismo implica una variedad de interacciones hifales, que incluyen enrollamiento, penetración, vacuolización, granulación, coagulación, desintegración y lisis. Debido a que estas interacciones parecen estar condicionadas por el patógeno, los factores ambientales y el grado de aislamiento de la *Trichoderma*, no todas son siempre visibles en el parasitismo microscópico. (Martinez *et al.*, 2013, p. 5)

1.4. *Azospirillum*

De acuerdo a los estudios realizados por Fernandes *et al.* (2020) en su artículo titulado “*Azospirillum* spp. en gramíneas y forreras” mencionan que:

La Dra. Johanna Dobereiner descubrió este género bacteriano y se hizo famoso en la década de 1970 por fijar nitrógeno en el aire. La capacidad de esta bacteria para fijar nitrógeno en organismos de vida libre llevó a nombrarla *Azospirillum* spp. Es posible encontrar esta especie tanto en climas tropicales como templados, gracias a su amplia distribución. (p. 225)

De acuerdo a los estudios realizados por Fernandes *et al.* (2020) en su artículo titulado “*Azospirillum* spp. en gramíneas y forreras” mencionan que:

Azospirillum, los suelos de toda la tierra albergan esta especie de bacteria que ayuda en el desarrollo de las plantas. Bacterias como esta aumentan los rendimientos de los cultivos al aumentar tanto las partes aéreas de la planta como sus sistemas radiculares cuando se adhieren a las raíces de las plantas. Estas ventajas provienen de la excreción de fitonutrientes que promueven el crecimiento, particularmente las auxinas. (p. 223)

De acuerdo con Romero *et al.* (2003), citado por Hernández *et al.* (2015), mencionan que en la actualidad:

Entre los muchos géneros bacterianos que se ha descubierto que fijan el nitrógeno atmosférico, varios han surgido como biofertilizantes prometedores y promotores del crecimiento; *Azospirillum brasilense* se encuentra entre los más conocidos de ellos (proviene del francés, Azote, significa nitrógeno y Spirillum que significa pequeña espiral). (p. 32)

Actualmente son reconocidas diez especies en el género *Azospirillum*: “las dos primeras en ser descritas fueron *A. lipoferum* y *A. brasilense*, siendo éstas las más ampliamente estudiadas. Posteriormente fueron descritas las especies *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense*, *A. largimobile*, *A. doebereinae*, *A. oryzae*, *A. melinis* y *A. canadense*” (Estrada, *et al.* 2008).

Cecato y Trento (2020) de acuerdo a los resultados y al proceso de investigación que realizaron indican que:

El género *Azospirillum* está compuesto por bacterias gramnegativas que viven en ambientes de vida libre. Estas bacterias tienen forma de bastón y se mueven activamente. Sus dimensiones oscilan entre 0,8 y 2 μm de diámetro y de 2 a 4 μm de longitud. Sus gránulos intracelulares contienen polihidroxibutirato. Al realizar FBN en un entorno libre de N_2 , varias publicaciones afirman que estas bacterias son exclusivamente aeróbicas cuando se alimentan con fuentes nitrogenadas o microaerófilas. Sin embargo, los científicos hicieron la interesante observación de que las bacterias en un medio semisólido crean una película similar a un velo para mejorar el entorno microaerófilo. Esta película contiene la concentración de oxígeno necesaria para la fijación de nitrógeno y el inicio del desarrollo bacteriano. (p. 52)

El *Azospirillum*, La capacidad de colonizar tanto el interior como la superficie de las raíces, así como su metabolismo variable de nitrógeno y carbono, hacen de este diazótrofo endófito un formidable competidor para la colonización de la rizosfera. sugieren que la rizosfera es la principal responsable de la colonización en la zona de elongación y la zona de pelos radicales; estos pelos a su vez

colonizan la capa de mucigelos que rodea las raíces (colonización externa) como los espacios intercelulares de las raíces (colonización interna). (p. 52)

1.4.1. Efecto que provoca la bacteria *Azospirillum brasilense* como biofertilizante

Las plantas tienen diazótrofos, o microbios que fijan el gas nitrógeno. La mayoría de las bacterias fijadoras de N₂ son rizobacterias que estimulan el crecimiento de las plantas, según los estudios. Esto se debe a que estas bacterias utilizan varias estrategias para hacer esto. Entre los grupos PGPR más conocidos se encuentran las bacterias de vida libre que pueden fijar el N₂ atmosférico, como *Azotobacter* y *Azospirillum brasilense*. (Alcarraz *et al.*, 2019, p. 16)

De acuerdo a los resultados obtenidos por Rubiños (2019), de los resultados de la inoculación de *Azospirillum* spp. informó que “Las plantas habían crecido más. encima de arroz, maíz, tomates y espárragos. El ácido acético, las auxinas, las giberelinas y las citoquininas también son producidas por muchas especies de *Azospirillum* spp. En particular, IAA se destaca entre las auxinas porque estimula el geotropismo, la floración, la maduración de los frutos, la senescencia y el desarrollo general de las plantas” (p.34).

1.4.2. Posibles mecanismos de acción de *Azospirillum* sp. sobre el crecimiento vegetal

No se ha definido el mecanismo principal por medio del cual *Azospirillum* sp. promueve el crecimiento vegetal. Sin embargo, Ferrera y Alarcón (2007) propone algunos mecanismos de acción:

- Agregar nitrógeno a la planta a través de la fijación de nitrógeno; influir en el metabolismo y el desarrollo a través de acciones hormonales.
- Una mayor capacidad para absorber agua y nutrientes debido a un aumento en el desarrollo de todo el sistema radicular, que puede estar asociado con cambios hormonales.
- Los cambios en las funciones de absorción de iones y la actividad de la membrana pueden ser provocados por moléculas de este tipo, que están involucradas en la comunicación celular y tienen un bajo peso molecular.
- La teoría de los efectos aditivos, que exige que los mecanismos antes mencionados trabajen juntos.

Tabla 1.4*Modo de acción de las bacterias Azospirillum sp.*

Modo de acción	Autor
Producción de reguladores vegetales (auxinas, citocinas y giberelinas)	Lambrecht et al.
Reducción asimiladora de nitrato	Fages
Fijación biológica del N ₂	Fernandes Júnior
Resistencia al estrés hídrico	Cohen et al.
Aumento del sistema radical	Okon y Labandera - Gonzales
Mayor absorción de agua y nutrientes	Okon y Labandera - Gonzales
Control biológico	Unno et al.

Fernández et al. (2020) indican que “entre los procesos primarios se encuentra la creación de reguladores de plantas, que cambia el desarrollo de las plantas, la forma de las raíces y el uso del suelo. Esto, a su vez, aumenta la disminución del nitrato asimilable al suelo y del FBN”.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, que se encuentra a 4 km de la ciudad universitaria en la región Andrés Bello Cáceres Dorregaray de la provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.

Latitud	:13°10'8.72" S
Longitud	:74°12' 12.85" O
Altitud	: 2735 msnm
Pendiente	: 2 %

La preparación, medición y evaluación de los materiales biológicos se realizó en el laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Escuela Profesional de Agronomía-UNSCH el cual se ubica en el campus de la ciudad universitaria, situada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho a una altitud de 2790 msnm. Los inoculantes *Azospirillum brasilense* fueron proporcionados por Laboratorio de Fruticultura y Post Cosecha de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), a través del Proyecto de Investigación de bacterias promotoras de crecimiento (PGPR)-UNSCH-FOCAM.

2.2. Análisis físico y químico del suelo

El maíz cultivado con fertilizante orgánico se sembró en el suelo del campo experimental durante la campaña anterior. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm utilizando la técnica tradicional de análisis. La muestra típica fue examinada en el Laboratorio de Aguas y Suelos del INIA-Ayacucho, los resultados se pueden observar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1*Características físicas y químicas del suelo del campo experimental*

Componente	Contenido	Interpretación según INIA – Ayacucho
pH (1:2)	8.05	Moderadamente alcalino
CE (ds/m)	1.93	Muy ligeramente salino
Materia orgánica (%)	0.337	Bajo
N-total (%)	0.10	Medio
P-disponible (ppm)	29.33	Alto
K-disponible (ppm)	343.00	Alto
Arena	35.30	
Limo	36.00	
Arcilla	28.70	
Clase textural		Franco Arcilloso

Nota: Laboratorio de Aguas y Suelos de INIA – Ayacucho

El análisis de suelo muestra que el contenido en el suelo de nitrógeno es medio, fósforo y potasio alto, la materia orgánica es baja. La textura que se encuentra en el campo Franco Arcilloso el cual es adecuado para el cultivo de Kiwicha. También se tiene un pH moderadamente alcalino.

2.3. Material biológico

Para la investigación se utilizó como material biológico semillas de kiwicha de las variedades INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco.

La variedad de kiwicha **INIA 442 La Frondosa**, desarrollado por selección recurrente por el INIA (Agraria.pe, 2022), las principales características de esta variedad son: rendimiento productivo potencial de 3 a 3.5 toneladas por hectárea, adaptación entre los 2500 a 3000 msnm, color de panoja crema, tipo de panoja decumbente, color de grano blanco, posee un alto valor de proteína 11.72%, resaltando la presencia de 8 aminoácidos esenciales donde se destaca la lisina con 8.34 mg. Esto lo hace un cultivo ideal para la nutrición de madres gestantes y niños, así como para la formación de colágeno, sustancia vital para los huesos, tejidos, tendones y cartílagos.

La variedad **Oscar Blanco**, es una especie cultivada en los departamentos de Cusco, Ayacucho, Arequipa, Ancash, Huánuco, Cajamarca y Junín con un porcentaje de

15 % de proteína que contiene aminoácidos como glicina, serina, leucina y lisina; tiene una adaptación : 1900 - 3200 msnm, ciclo vegetativo : 150 - 160 días, época de siembra : Octubre – noviembre, densidad de siembra : 4 - 6 kg/ha, distancia entre surco : 0.80 m, altura de planta : 140 cm, color de grano : blanco cremoso, color de la inflorescencia : Rosado claro, tipo de panoja : erecta, longitud de panoja: 50 cm, diámetro de grano : 0,9 mm, peso de 100 semillas : 0,5 mg, rendimiento : 2 500 kg/ha, característica del grano : amiláceo (Pérez, 2010).

El microorganismo *Azospirillum brasilense* se adquirió del Proyecto de Investigación de bacterias promotoras de crecimiento (PGPR)-UNSCH-FOCAM. y *Trichoderma harzianum* fueron adquiridos de la Institución de SENASA.

2.4. Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos fueron tomados de la Estación Meteorológica INIA- que esta esta designada a la Oficina de Operación y Mantenimiento Hidráulico (OPEMAN) del Gobierno Regional de Ayacucho, que se encuentra colindante al área donde se realizó el trabajo de investigación, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga a una altitud de 2735 msnm.

En la Tabla 2.2 se presenta la precipitación, temperatura máxima, mínima y media de los meses de julio del 2021 hasta junio del 2022. La precipitación total anual fue de 469.8mm. De acuerdo al balance hídrico realizado por el método propuesto por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), se obtuvo que hay escasez hídrica en la mayoría de los meses, por tal razón se utilizó el sistema de riego por goteo para mantener el suelo a capacidad de campo y no generar estrés hídrico al cultivo.

El periodo vegetativo del cultivo se da entre los meses de octubre del 2021 a marzo del 2022, se obtuvo que la temperatura máxima, mínima y media promedio fue 24.6 °C, 11.1°C y 17.9°C respectivamente.

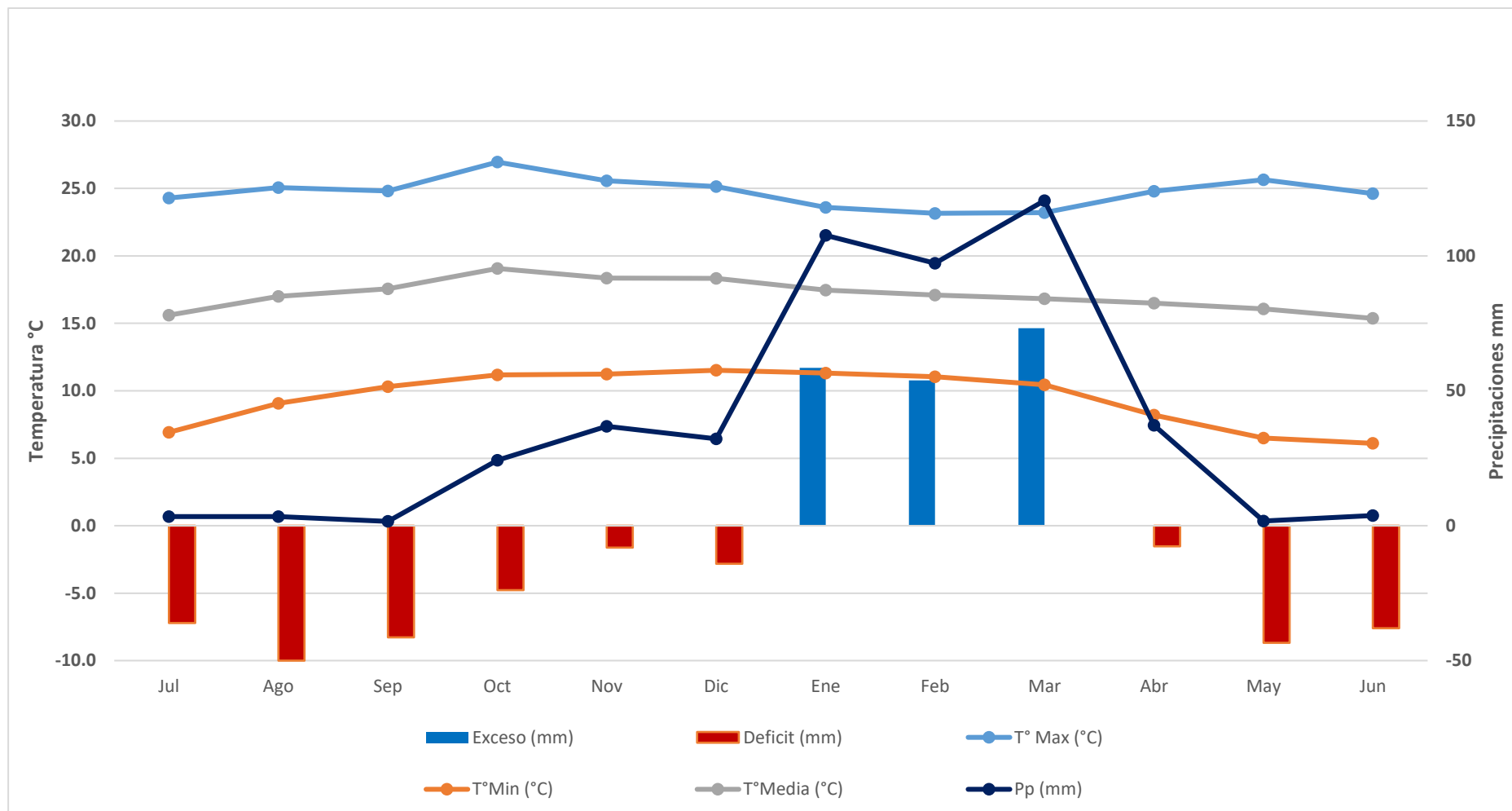
Tabla 2.2

Temperaturas (máxima, mínima, media), precipitación y balance hídrico promedio mensual de julio 2021 - junio 2022, de la estación metrológica Canaán (SENAMHI)-Ayacucho

Campaña	2021 - 2022												Total
Meses	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
T° max (°C)	24.3	25.1	24.8	27.0	25.6	25.1	23.6	23.2	23.2	24.8	25.6	24.6	
T° min (°C)	6.9	9.1	10.3	11.2	11.2	11.5	11.3	11.1	10.5	8.2	6.5	6.1	
T° med (°C)	15.6	17.0	17.6	19.1	18.3	18.3	17.5	17.1	16.8	16.5	16.1	15.4	
Número de días	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	
Factor	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8	
Precipitación (mm)	3.4	3.4	1.6	24.3	36.8	32.2	107.6	97.3	120.5	37.2	1.7	3.8	469.8
ETP (mm)	77.4	84.3	84.3	94.6	88.1	90.9	86.6	76.6	83.5	79.2	79.7	73.8	999.0
Factor de corrección	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
ETP Ajust. (mm)	36.4	39.6	39.6	44.5	41.4	42.7	40.7	36.0	39.2	37.2	37.5	34.7	
H del suelo (mm)	-33.0	-36.2	-38.0	-20.2	-4.6	-10.5	66.9	61.3	81.3	0.0	-35.8	-30.9	
Exceso (mm)							66.9	61.3	81.3	0.0			
Déficit (mm)	33.0	36.2	38.0	20.2	4.6	10.5					35.8	30.9	

Figura 2.1

Diagrama ombrotérmico, temperatura, precipitación y balance hídrico. Estación Meteorológica del INIA, Ayacucho



2.5. Variables evaluadas

2.5.1. Variables independientes

Variedades de kiwicha (V)

v1: Oscar Blanco

v2: La Frondosa

Trichoderma harzianum (B)

b1: Con *Trichoderma harzianum*

b2: Sin *Trichoderma harzianum*

Azospirillum brasilense (C)

c1: Con *Azospirillum brasilense*

c2: Sin *Azospirillum brasilense*

2.5.2. Variables dependientes

Se exponen en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3

Variables e indicadores

Variables	Indicadores	Estado / Unidad	Medida
Crecimiento	Altura de planta	cm	Numérica
	Longitud de panoja	cm	Numérica
	Diámetro de tallo	mm	Numérica
Rendimiento	Peso de panoja	g/planta	Numérica
	Rendimiento de grano	tn/ha	Numérica
Desarrollo de la raíz	Peso de raíz	g/planta	Numérica
	Longitud de raíz	cm	Numérica
	Volumen de raíz	cm ³ / planta	Numérica
	Diámetro de raíz	mm	Numérica
	Nº de ramificaciones	unidad	Numérica

2.6. Descripción de los tratamientos

Los 8 tratamientos considerando las variables independientes (factores) variedad (dos variedades), *Trichoderma harzianum* (dos niveles) y *Azospirillum brasilense* (dos niveles) de acuerdo al diseño parcelas divididas (Cochran & Cox, 1990), donde las parcelas fueron asignadas a las variedades de kiwicha y las subparcelas a la combinación

de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense*. Estos tratamientos se pueden apreciar en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

Tratamientos aplicados

Tratamiento	Variedad de kiwicha	<i>T. harzianum</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>
T1	Oscar Blanco	0	0
T2	Oscar Blanco	0	1
T3	Oscar Blanco	1	0
T4	Oscar Blanco	1	1
T5	La Frondosa	0	0
T6	La Frondosa	0	1
T7	La Frondosa	1	0
T8	La Frondosa	1	1

0 “Sin microorganismo”, 1 “Con microorganismo”

2.7. Diseño experimental

El experimento se condujo en el Diseño Bloques Completamente Randomizado (DBCR) y distribuido de acuerdo al Diseño de Parcelas Divididas, con un arreglo factorial de 2 variedades de kiwicha por 2 niveles de *T. harzianum* por 2 niveles *Azospirillum brasilense* con 3 bloques (repeticiones) constituyendo un total de 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ik} + \delta_j + \rho_k + (\alpha\delta)_{ij} + (\alpha\rho)_{ik} + (\delta\rho)_{jk} + (\alpha\delta\rho)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- μ : Efecto de la media
- β_k : Efecto del k-ésimo bloque.
- α_i : Efecto de la i-ésima variedad de kiwicha en la parcela.
- $(\alpha\beta)_{ik}$: Es el error experimental de la parcela
- δ_j : Efecto del j-ésimo nivel de *T. harziaum*.
- ρ_k : Efecto del k-ésimo nivel de *A. brasilense*
- $(\alpha\delta)_{ij}$: Efecto de la interacción de la variedad y *T. harzianum*.
- $(\alpha\rho)_{ik}$: Efecto de la interacción de la variedad y *A. brasilense*
- $(\delta\rho)_{jk}$: Efecto de la interacción de *T. harzianum* y *A. brasilense*

$(\alpha\delta\rho)_{ijk}$: Efecto de la interacción de la variedad, *T. harzianum* y *A. brasilense*

ϵ_{ijkl} : Error experimental de la parcela.

i = 1, 2 variedad de kiwicha.

j = 1, 2 niveles de *T. harzianum*

k = 1, 2 niveles de *A. brasilense*

l = 1, 2,3 repeticiones (bloques)

El análisis estadístico se realizó en base a análisis de variancia, pruebas de contraste, considerando la metodología del Diseño Parcelas Divididas y la forma usual del Diseño Bloques Completamente Randomizado.

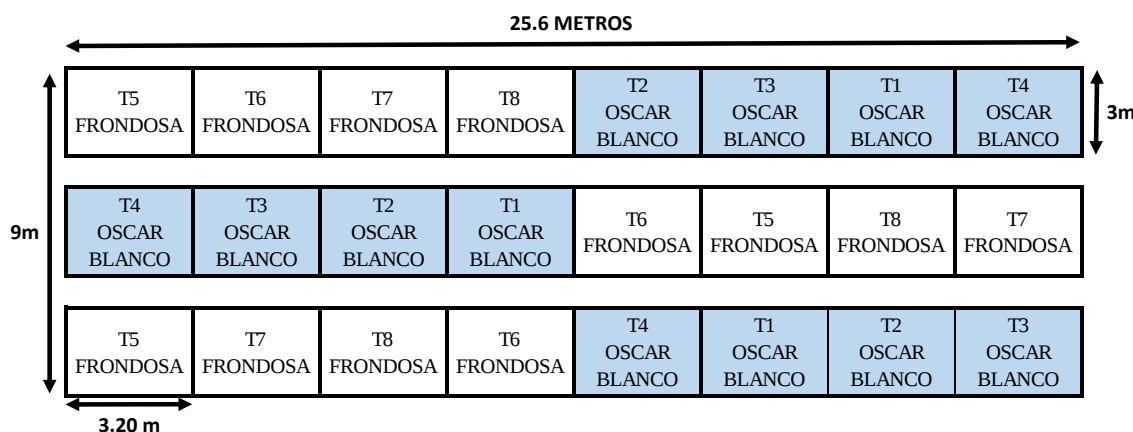
2.8. Descripción del campo experimental

El experimento se realizó en el campo del centro experimental de Canaán-UNSCH, en el suelo se roturó con tractor agrícola, teniendo una capa arable de 20 cm y una pendiente de 1.5-2.0 %.

- Número de bloques :3
- Largo de bloque : 25.6 m
- Ancho de bloque : 3 m
- Área de bloque : 76.8 m²
- Número de parcelas por bloque : 8
- Número total de parcelas : 24
- Área total del campo experimental: 230.4 m²

Figura 2.2

Esquema del campo de cultivo



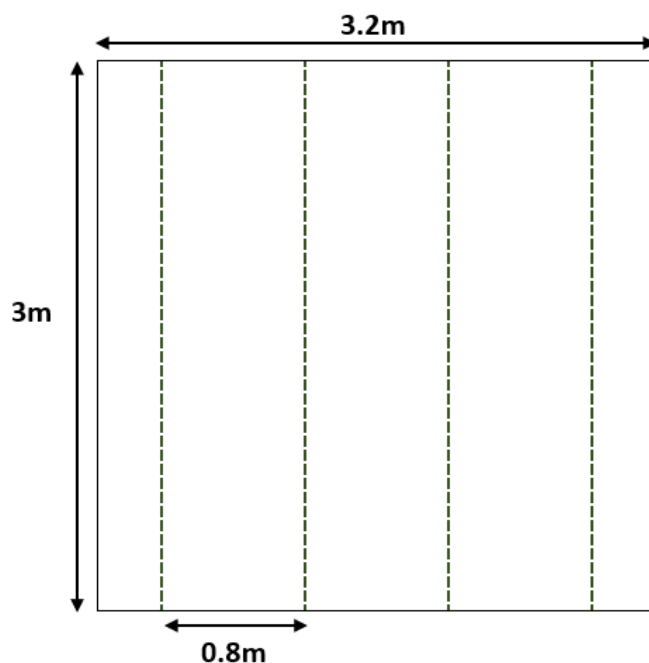
Características de la unidad experimental

Una sección de un campo que cultiva el tipo de kiwicha de la variedad INIA 442 utilizada como unidad experimental la variedad Oscar Blanco o Frondosa tiene una superficie de parcela de 9,6 m² con 4 surcos de 3 m y surcos intermedios de 0,80 m.

- Ancho : 3.20m
- Largo : 3.00 m
- Área : 9.6 m²
- Numero de surcos : 4

Figura 2.3

Croquis de la unidad experimental



2.9. Proceso de instalación y conducción del experimento

Aquí están las tareas agronómicas del cultivo de Kiwicha: preparar el suelo, tratar las semillas, plantar, fertilizar (fertilizante orgánico del fondo), regar, controlar las malezas, interplantar o desherbar, aporcar y controlar plagas y enfermedades.

2.9.1. Limpieza de terreno

Para preparar el campo experimental para el arado, esta tarea se completó el 13 de agosto de 2021 e incluyó la remoción de piedras, malezas, rastrojos y restos de la cosecha anterior.

2.9.2. Preparación de terreno

Con el fin de darle a la semilla el mejor ambiente posible para su crecimiento y desarrollo, el 13 de agosto de 2021 se retiró la tierra y se surcó a una profundidad de 20 cm con un tractor agrícola. Luego, usando rastrillos, la tierra fue desherbada, esponjada, surcada y nivelada de manera manual.

2.9.3. Estacado y demarcación del terreno

La actividad se realizó tomando en cuenta el croquis del experimento en el cual se utilizó cordel, wincha, cal y estacas con los cuales se procedió a demarcar y fijar las estacas a las parcelas, calles y bloques, esta labor se realizó el 18 de agosto del 2021.

2.9.4. Inoculantes biológicos y fertilización

El producto denominado TRICHOTSEN a base de hongo *Trichoderma harzianum* se adquirió de la institución pública SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA DEL PERU (SENASA) de acuerdo a su composición posee una concentración de 3.2×10^9 conidios/g, el producto se encuentra envasado en sustrato de arroz inerte en un empaque plastificado de 800 gr. De acuerdo a las recomendaciones del especialista se utilizó una dosis de 2600 gr/ha de producto para 10 kg/ha de semilla de Kiwicha y 2 tn/ha de abono Mallki. La preparación se realizó antes a la siembra en el cual se mezcló el inoculante con materia orgánica a base de abono Mallki el cual se humedeció a capacidad de campo, se almaceno bajo sombra por 4 días para permitir la esporulación de los conidios y después se realizó la inoculación en los tratamientos correspondientes en campo definitivo. Se realizó este trabajo el 15 de agosto de 2021 utilizando 60 gramos de inoculante *Trichoderma harzianum* y 23.04 kg de abono Mallki para los tratamientos.

El 17 de agosto de 2021 en el laboratorio de Fruticultura y Post Cosecha de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSH), se inoculó a las semillas de Kiwicha con la bacteria *Azospirillum brasilense* (concentración de 1.0×10^8 UFC/g o ml.) tanto a la variedad de Frondosa y Oscar Blanco a través del método de inoculación de peletización, utilizando 300 gr de inoculante por hectárea para una densidad de siembra de grano de Kiwicha de 10 kg/ha. Se tiene 115.2 m² de campo experimental en el que se utilizó la mezcla de inoculante líquido (4ml) y sólido (4 gramos) de *Azospirillum brasilense*, 10 ml solución adhesiva de goma arábiga, 120 gr dolomita finamente molida como cobertura para la semilla peletizada de Kiwicha.

Se utilizó el producto comercial Mallki como abono de fondo para aumentar la cantidad de materia orgánica y mejora calidad del suelo, requiriendo 23.04 kilos para 115.2 m² que es el área campo utilizada en la investigación con tratamientos de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense*. La dosis utilizada de este abono para el presente es de 2 toneladas/hectárea como indica la ficha técnica de dosificación para cultivos anuales.

Abono Mallki: Producido al descomponer desechos sólidos de cría de aves, restos de vegetales y otros componentes orgánicos, es un fertilizante que mejora la calidad del suelo y es completamente natural. Es un producto de impurezas que ayuda a la retención de agua, enriquece el suelo con microbios beneficiosos y aumenta la capacidad de intercambio catiónico. También muestra que la dosis para cultivos y hortalizas anuales debe ser de 2 a 8 t / ha, y aporta extractos húmicos que son característicos de la materia orgánica de alto nivel. De tres a cuarenta kg de fruta por planta (dependiendo de la edad y densidad del cultivo). (Mallki, 2017).

Tabla 2.5

Características físicas, químicas del abono Mallki

Macronutrientes	Nitrógeno	N	1.2 - 2.5 %
	Fósforo	P ₂ O ₅	1.0 - 2.0 %
	Potasio	K ₂ O	2.1 - 3.5 %
	Calcio	CaO	3.0 - 3.5%
	Magnesio	MgO	0.8 - 1.2 %
Micronutrientes	Manganeso	Mn	500 - 650 pmm
	Boro	B	70 - 100 pmm
	Zinc	Zn	400 - 600 pmm
	Cobre	Cu	65 - 90 pmm
	Hierro	Fe	3500 - 8500 pmm
Extractos Húmicos	Ácidos fúlvicos	%	0.2 – 10
	Ácidos húmicos	%	0.2 – 8
Características químicas	pH		7.7 - 8.39
	Humedad	%	18 - 21
	Conductibilidad eléctrica	dS/m	9.1 - 12.5
	Relación C/N		11 - 14.5
	Materia orgánica	%	25 – 45

Nota. (Mallki 2017). <https://mallki.pe/industria>

2.9.5. Siembra

La siembra se realizó el 19 de agosto de 2021 de forma manual, a chorro continuo en surcos de 0.80m en todas las unidades experimentales a una densidad de 10kg.ha⁻¹ de semilla de Kiwicha, luego se procedió a cubrir una capa superficial de suelo a las semillas. Inmediatamente culminada la siembra se aplicó el riego por goteo en todo el campo experimental.

2.9.6. Riego

El riego se manejó de acuerdo a la necesidad hídrica de la planta y también dependía de las condiciones edafoclimáticas del suelo, siendo la tecnología de riego por goteo utilizada que fue importante para propiciar una adecuada germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo de la planta. También el riego fue importante para propiciar la sobrevivencia y multiplicación de los microorganismos de la investigación que son *T. harzianum* y *Azospirillum brasilense*.

Las precipitaciones también aportaron agua al suelo, manteniendo una humedad a capacidad de campo que ayudaron a mejorar el crecimiento y desarrollo del cultivo.

2.9.7. Desahíje o raleo de plantas

El raleo se realizó el 06 de octubre del 2021 a los 48 días después de la siembra DDS, para evitar que la planta compita por agua, nutrientes y luz, y para darle el espacio que necesita para crecer. En esta actividad se eliminaron plantas débiles, delgadas, enfermas, muy pequeñas; dejando entre 10 a 14 plantas por cada metro lineal y además se quitó malezas como el Atajo (*Amaranthus Caudatus*), el cual es similar a la Kiwicha.

2.9.8. Aporque y control de malezas

El aporque se realizó de forma manual utilizando azadón el 09 de octubre del 2021 a los 51 días DDS, teniendo en consideración el inicio de panojamiento cuya altura de planta oscila entre 30-40 cm, con el fin de brindar un mayor anclaje de las plantas al suelo, oxigenar el suelo. En dicha actividad se aprovecha para eliminar las malezas existentes a fin de evitar la competencia por nutrientes, luz y agua.

El deshierbe se realizó 3 veces en la campaña agrícola siendo realizadas estas actividades el 14 de setiembre, 09 de octubre y 12 de noviembre de 2021.

2.9.9. Control fitosanitario

Se asperjó con una mochila de capacidad de 20 L para disminuir la incidencia de la plaga diabrotica (*Dibrótica virídula*), el cual causa daños a nivel de hojas y brotes de la planta, ocasionando daños que reducen el área fotosintética, a través de una fumigadora se asperjo en dos ocasiones siendo las fechas el 8 de octubre y el 14 de noviembre del 2021, utilizando como producto químico el CYPERKLIN 25 CE (cypermctrina).

2.9.10. Cosecha

La cosecha de panojas de Kiwicha se realizaron en horas de la mañana para evitar el desgrane de panoja, en 3 días consecutivos por bloques, siendo el bloque I cosechado el 27 de enero del 2022, la segunda cosecha del bloque II se realizó el 28 de enero del 2022 y por último el bloque III se cosecho el 29 de enero del 2022. Esta labor se realizó de forma manual con la herramienta denominada hoz, mantones y costales con etiquetas de identificación de acuerdo al experimento planteado.

El secado de las panojas se realizó sobre mantones en un ambiente bajo techo y protegido de roedores, al culminar el secado se procedió a la trilla, venteo y recolección de muestras de acuerdo a los tratamientos que indica el presente estudio de investigación.

2.10. Parámetros evaluados

2.10.1. Peso de raíz (gr)

Se evaluó 6 muestras de raíz por tratamiento, se extrajo del suelo con mucho cuidado con un pico o pala, después se realizó la limpieza de la raíz e inmediatamente se etiqueto para ser pesado en una balanza analítica el mismo día de recolección de muestra.

2.10.2. Longitud de raíz (cm)

Se evaluó las mismas raíces obtenidas para el peso de raíz, para esta medición se tendió la raíz sobre una superficie plana y se procedió a medir desde el cuello de la raíz hasta la parte apical de la raíz principal con un flexómetro en la unidad de cm.

2.10.3. Volumen de raíz (cm³)

Después de realizar la medición de longitud y peso de raíz se procedió a determinar el volumen de raíz (cm³), utilizando una probeta con agua realizando la siguiente operación para cada muestra por unidad experimental:

- Agregar agua a una probeta graduada hasta cierto volumen (V_1)
- Sumergir por completo la raíz en la probeta.
- Tomar lectura el nuevo volumen en la probeta (V_2)
- Realizar cálculos matemáticos para obtener el volumen de la raíz (V_F)

$$V_F = V_2 - V_1$$

2.10.4. Diámetro de raíz (mm)

La medición de este variable se realizó extrayendo la planta del suelo utilizando el equipo de Vernier a nivel de cuello de la raíz en la unidad de mm. Esta operación se repitió a nivel de los tratamientos en las unidades experimentales tomando las mismas muestras anteriormente evaluados.

2.10.5. Número de ramificaciones de raíz

La evaluación consistió en contabilizar las raíces secundarias en las muestras que obtuvieron en la unidad experimental.

2.10.6. Altura de planta (cm)

Durante la fisiología de la madurez del cultivo, se seleccionaron al azar seis plantas para cada tratamiento para evaluar la altura de las plantas. Para este examen, se usó un flexómetro para medir la distancia desde la base del cuello de la planta hasta la parte superior de la panoja. La medición se registró en centímetros.

2.10.7. Longitud de panoja (cm)

Para esta evaluación se utilizó al azar 6 plantas por cada tratamiento durante la madurez fisiológica. Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la planta, con la ayuda de un flexómetro.

2.10.8. Diámetro de tallo (mm)

Para determinar el diámetro de tallo de las plantas elegidas por tratamiento se utilizó el equipo de Vernier. Se midió desde la parte basal del tallo, esta medición se realizó inmediatamente después de la cosecha de la muestra.

2.10.9. *Peso de panoja (gr)*

El peso de panoja se determinó por cada tratamiento en el cual se cortó la panoja de la planta y se trasladó a un ambiente protegido debidamente etiquetada e identificada y de esta forma se realizó el pesado en una balanza analítica.

2.10.10. *Rendimiento de grano de Kiwicha (tn/ha)*

Para la obtención del rendimiento de grano se realizó la trilla, venteo de forma manual separando así los granos de Kiwicha en bolsas debidamente etiquetadas e identificadas por cada unidad experimental, estas muestras se realizaron el pesado en una balanza analítica en gr, previa a esta actividad se tomaron al azar 6 muestras por tratamiento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Desarrollo y crecimiento de las plantas de Kiwicha (parte radicular)

3.1.1. Longitud de raíz

En la tabla 3.1 se tiene el análisis de variancia de la longitud de raíz de dos variedades de Kiwicha con *T. harzianum* y *A. brasilense*, no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), siendo el promedio general de 32.18 cm y un coeficiente de variación de 14.17 %.

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la longitud de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	11.676	5.838	0.28	0.7600
Tratamiento	7	104.633	14.948	0.73	0.6527
Variedad (V)	1	16.834	16.834	0.88	0.4481
Error (a)	2	38.433	19.216		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	2.600	2.600	0.13	0.7297
<i>A. brasilense</i> (A)	1	2.470	2.470	0.12	0.7363
V x T	1	53.104	53.104	2.55	0.1360
V x A	1	14.570	14.570	0.70	0.4189
T x A	1	2.870	2.870	0.14	0.7167
V x T x A	1	12.184	12.184	0.59	0.4587
Error (b)	12	249.478	20.790		
Total	23	404.220			
Promedio = 32.18		CV (%) = 14.17			

En la tabla 3.2. se muestra la prueba de Tukey de las longitudes de la raíz de dos variedades de Kiwicha inoculados con *T. harzianum* y *A. brasilense*, no se encontró diferencias entre tratamientos, sin embargo, se observó diferencias numéricas entre los

promedios de cada tratamiento., donde la variedad Oscar Blanco con inoculación con dos microorganismos o solo un fueron superiores a los sin inoculación.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey de la longitud de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	T. harzianum	A. brasilense	Longitud de la raíz (cm)	Tukey 0.05
T3	Oscar Blanco	1	1	36.30	A
T1	Oscar Blanco	1	0	33.37	A
T6	La Frondosa	0	1	33.10	A
T2	Oscar Blanco	0	1	31.93	A
T8	La Frondosa	0	0	31.90	A
T5	La Frondosa	1	0	31.70	A
T4	Oscar Blanco	0	0	30.47	A
T7	La Frondosa	1	1	28.67	A

Si bien los promedios de la longitud de raíz no se diferencian significativamente al nivel de 0.05, estos presentan valores entre 28.67 cm (La Frondosa – *T. harzianum* – *A. brasilense*) a 36.30 cm (Oscar Blanco – *T. harzianum* – *A. brasilense*), siendo que los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en cuanto a la longitud de raíz.

Ortiz (2017) menciona en la evaluación de *chenopodium quinoa* utilizando dos métodos de inoculación, semilla peletizada con *Trichoderma sp.* y via Drech suelo con cepas de *Trichoderma spp.* se obtuvo en promedio una longitud de raíz 44.86 cm y 39.37 cm respectivamente, además el testigo tuvo 29.67 cm de longitud de raíz en promedio. Como se observa en la tabla 3.2 el promedio de longitud de raíz varía entre 28.67 a 36.30 cm en ambas variedades, evidenciado un efecto similar de *T. harzianum* en *chenopodium quinoa* como en *Amaranthus caudatus* L, debido a en que ambas especies se observó mayor longitud de la raíz.

Peñasco (2021) en su trabajo de investigación indica que la aplicación de los bioinsumos (*Azospirillum sp.*+ Vigortop plus, *Azospirillum sp.* vigortop plus) no tuvo efecto favorable en la longitud radicular y fue similar al testigo. El coeficiente de variación es de 12.30% valor que se considera confiable y aceptable para ensayos en campo. Como se puede apreciar en la tabla 3.2 en la variedad Frondosa la aplicación de

T. harzianum y *A. brasilense* no tuvo efecto mayor en los demás tratamientos sin embargo en la variedad Oscar Blanco se diferencia una longitud de raíz notable a los demás tratamientos.

González *et al.* (2019) mencionan que algunas cepas de *T. harzianum* (Ta 85) actúan como estimulante de crecimiento mientras que otras (Ta 78) como biofertilizante e inducción de resistencia a patógenos.

Gutiérrez (2019) en su investigación encuentra que la longitud de raíz en el cultivo de maíz amiláceo blanco en condiciones de campo con el tratamiento HMA se tiene 25.9 cm ; *Azospirillum sp.* es 22.9 cm; como testigo reporta 19.4 cm y además reporta que el tratamiento con HMA+ *Azospirillum sp.* es de 18 cm, encontrando que si se aplica *Azospirillum sp.* y HMA en conjunto tiene un efecto negativo en el crecimiento de la raíz lo cual coincide en nuestra investigación con el tratamiento de la variedad La Frondosa y la aplicación de *T. harzianum* y *Azospirillum brasilense* en que se obtuvo la menor de longitud de raíces respecto a los demás tratamientos.

Moran (2007) determinó que la aplicación de *T. harzianum* puede aumentar el crecimiento radicular de un cultivo en comparación a uno sin tratamiento Los cultivos utilizados fueron: tomate chile, lechuga, pepino, maíz, brócoli y repollo.

3.1.2. Diámetro de raíz

El análisis de variancia para el diámetro de raíz de la tabla 3.3, muestra que solo existe diferencia significativa en la fuente de variación variedad ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 13.92 % y el promedio general de 14.10 mm.

Tabla 3.3

Análisis de variancia del diámetro de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	4.801	2.400	0.62	0.5530
Tratamiento	7	59.050	8.436	2.44	0.0738
Variedad (V)	1	33.370	33.370	30.89	0.0309
Error (a)	2	2.161	1.080		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	5.134	5.134	1.33	0.2710
<i>A. brasilense</i> (A)	1	0.700	0.700	0.18	0.6775
V x T	1	3.604	3.604	0.93	0.3527
V x A	1	0.184	0.184	0.05	0.8308
T x A	1	9.754	9.754	2.53	0.1377
V x T x A	1	6.304	6.304	1.64	0.2252
Error (b)	12	46.258	3.855		
Total	23	112.270			
Promedio = 14.10		CV (%) = 13.92			

Harman (2006) refiere que *T. harzianum* estimula el crecimiento de la planta, en especial el sistema radicular. Recientemente se reportó que una cepa de *T. harzianum* contribuyó al crecimiento de la raíz en maíz y algunos pastos, haciéndolos más resistentes a la sequía.

Tabla 3.4

Prueba de Tukey del diámetro de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	<i>T. harzianum</i>	<i>A. brasilense</i>	Diámetro de raíz (mm)	Tukey 0.05
T1	Oscar Blanco	1	0	17.20	a
T2	Oscar Blanco	0	1	15.67	a B
T3	Oscar Blanco	1	1	15.07	a B
T6	La Frondosa	0	1	13.23	B
T4	Oscar Blanco	0	0	13.20	B
T7	La Frondosa	1	1	13.13	B
T5	La Frondosa	1	0	12.87	B
T8	La Frondosa	0	0	12.47	B

En la tabla 3.4. se muestra prueba de Tukey del diámetro de la raíz. Se observó que los promedios de los tratamientos varían de 12.47 cm a 17.20 cm para los tratamientos

La Frondosa – sin *T. harzianum* – sin *A. brasilense* y Oscar Blanco – *T. harzianum* – sin *A. brasilense*, estos tratamientos tienen diferencias significativas.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey del diámetro de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variedad	Diámetro de raíz (mm)	Tukey 0.05
Oscar Blanco	15.28	A
La Frondosa	12.93	B

En la tabla 3.5 se muestra la prueba de Tukey, se observó la diferencia del diámetro de raíz entre variedades, siendo de 15.28 cm para la variedad Oscar Blanco y 12.93 cm para la variedad La Frondosa.

Chiriboga *et al.* (2015) indican en su investigación que el *Trichoderma sp.* actúa contra una gran variedad de hongos fitopatógenos transmitidos por aire y suelo como lo son *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*; y patógenos formadores de esclerocios como *Sclerotinia* y *Sclerotium*. De esta forma favorece un adecuado desarrollo radicular en las plantas.

Estrada (2011), menciona que la kiwicha es exigente en nutrientes, extrayendo del suelo cantidades considerables de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; el déficit de nitrógeno se manifiesta con prontitud en las plantas, mostrando amarillamiento, retraso en el crecimiento, tallos débiles propensos al tumbado o encame.

3.1.3. Número de ramificaciones de raíz

El análisis de variancia para el número de ramificaciones de la tabla 3.6, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación tratamiento y variedad ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 25.40 %, con promedio general de 6.39.

Tabla 3.6

Análisis de variancia del número de ramificaciones de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	8.863	4.432	1.81	0.2056
Tratamiento	7	42.283	6.040	2.83	0.0465
Variedad (V)	1	8.050	8.050	29.63	0.0321
Error (a)	2	0.543	0.272		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	10.534	10.534	4.30	0.0602
<i>A. brasilense</i> (A)	1	9.250	9.250	3.78	0.0757
V x T	1	7.370	7.370	3.01	0.1083
V x A	1	0.454	0.454	0.19	0.6745
T x A	1	5.704	5.704	2.33	0.1528
V x T x A	1	0.920	0.920	0.38	0.5512
Error (b)	12	29.380	2.448		
Total	23	81.070			
Promedio = 6.39		CV (%) = 25.40			

En la tabla 3.7 se muestra la prueba Tukey del número de ramificaciones para los tratamientos y en la tabla 3.8 la prueba de Tukey para las variedades de kiwicha.

Tabla 3.7

Prueba de Tukey del número de ramificaciones de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	<i>T. harzianum</i>	<i>A. brasilense</i>	Número de ramificaciones	Tukey 0.05		
T1	Oscar Blanco	1	0	9.27	a		
T3	Oscar Blanco	1	1	8.87	a	b	
T2	Oscar Blanco	0	1	7.80	a	b	c
T6	La Frondosa	0	1	7.63	a	b	c
T7	La Frondosa	1	1	7.27	a	b	c
T5	La Frondosa	1	0	6.33		b	c
T8	La Frondosa	0	0	5.53			c
T4	Oscar Blanco	0	0	5.47			c

El rango del número de ramificaciones varió de 5.47 a 9.27, siendo el mejor resultado para el tratamiento Oscar Blanco – *T. harzianum* – sin *A. brasilense*, este tratamiento se diferencia del tratamiento de Oscar Blanco y Frondosa sin microorganismo

Tabla 3.8

Prueba de Tukey del número de ramificaciones de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variedad	Número de ramificaciones	Tukey 0.05
Oscar Blanco	7.85	a
La Frondosa	6.69	b

En la tabla 3.8 se observa la diferencia del número de ramificaciones entre variedades se observa en la tabla 3.8, siendo de 7.89 para la variedad Oscar Blanco y 6.69 para la variedad La Frondosa.

Peñasco (2021) en su trabajo de investigación reporta que se evidencia un mayor número de raíces secundarias con la aplicación de los bioinsumos y Azospirillum, donde la Kiwichas aplicadas según tratamiento con Vigortop Plus, A. brasilense, A. brasilense + Vigortop Plus) y testigo (Sin nada). El uso de bioinsumos resultó en un desarrollo radicular significativamente mayor en las raíces secundarias del grupo Vigortop Plus (8 raíces en comparación con 4 en el grupo control), lo cual es atribuible a la aplicación de fitohormonas, nutrientes y ácidos orgánicos con propiedades microbiológicas específicas que estimulan el desarrollo de raíces secundarias. Esto, a su vez, permite una mayor absorción de agua y nutrientes y fortalece el desarrollo de la planta.

Al igual Peñasco (2021) en su investigación los resultados coinciden con los de nuestra de investigación ya que se obtuvo menor números de raíces secundarias en los tratamientos sin aplicación de biofertilizantes.

Sumar (1993) indica que los Amaranthus son plantas anuales con una raíz pivotante, estando provista de numerosas raicillas secundarias y múltiples raicillas delgadas facilitando la absorción de nutrientes y agua del suelo.

3.1.4. Volumen de raíz

El análisis de variancia para el volumen de raíz de la tabla 3.9, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación tratamiento y variedad ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 31.08 %, con promedio general de 16.58 cm³.

Tabla 3.9

Análisis de variancia del volumen de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	52.506	26.253	0.99	0.4006
Tratamiento	7	538.013	76.859	3.31	0.0270
Variedad (V)	1	390.427	390.427	122.66	0.0081
Error (a)	2	6.366	3.183		
T. harzianum (T)	1	2.160	2.160	0.08	0.7804
A. brasilense (A)	1	55.815	55.815	2.10	0.1728
V x T	1	4.860	4.860	0.18	0.6764
V x A	1	36.015	36.015	1.36	0.2669
T x A	1	48.735	48.735	1.83	0.2005
V x T x A	1	0.002	0.002	0.00	0.9938
Error (b)	12	318.748	26.562		
Total	23	915.633			
Promedio = 16.58		CV (%) = 31.08			

En la tabla 3.10 se observa que el rango del volumen de raíz varió de 10.97 a 24.03 cm³, siendo el mejor resultado para el tratamiento Oscar Blanco – sin *T. harzianum* + *A. brasilense*, este tratamiento no se diferencia de los tratamientos de Oscar Blanco con otras combinaciones de microorganismos, pero si tiene diferencia significativa con tratamientos de La Frondosa independientemente de los microorganismos.

Tabla 3.10

Prueba de Tukey del volumen de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho. (cm³)

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Volumen de raíz (cm ³)	Tukey 0.05		
T2	Oscar Blanco	0	1	24.03	a		
T3	Oscar Blanco	1	1	22.70	a	b	
T1	Oscar Blanco	1	0	20.03	a	b	c
T4	Oscar Blanco	0	0	15.70	a	b	c
T6	La Frondosa	0	1	14.43		b	c
T5	La Frondosa	1	0	13.53		b	c
T7	La Frondosa	1	1	11.27			c
T8	La Frondosa	0	0	10.97			c

La diferencia del volumen de raíz entre variedades es evidente y se observa en la tabla 3.11, siendo de 20.62 cm³ para la variedad Oscar Blanco y 12.55 cm³ para la variedad La Frondosa.

Tabla 3.11

Prueba de Tukey del volumen de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variedad	Volumen de raíz (cm ³)	Tukey 0.05
Oscar Blanco	20.62	a
La Frondosa	12.55	b

Chiriboga (2015) indican que el *Thichoderma sp.* promueve el crecimiento de pelos absorbentes y raíces adventicias mejorando la nutrición y la absorción del agua. Como se muestra en la tabla 3.10 el volumen de raíz en la variedad de Oscar Blanco y Frondosa con el tratamiento de *T. harzianum* . son superiores al testigo.

Moran (2007) en su investigación concluye que con la aplicación de *T. harzianum* aumentó el volumen, largo, área superficial y diámetro a las raíces en todos los cultivos, coincidiendo con los resultados obtenidos en nuestra investigación

Domínguez *et al.* (2020), destacan la generación de reguladores vegetales como un proceso clave, ya que influye en el desarrollo de las plantas, cambia la arquitectura radicular y optimiza la productividad del suelo. La Tabla 3.10 detalla los resultados de nuestro estudio que muestran que el volumen radicular aumentó con el uso de biofertilizantes, notando que la variedad Oscar Blanco presenta mayor afinidad con los biofertilizantes.

3.1.5. *Peso de raíz*

En la tabla 3.12 se encontró diferencia significativa del peso de raíz para la fuente de variación bloque. En las fuentes de variación de importancia para el estudio (tratamientos y su descomposición) no se encontraron diferencias significativas, el coeficiente de variación de 31.21 %, evidencia que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

Tabla 3.12

Análisis de variancia del peso de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.52024	0.26012	6.34	0.0132
Tratamiento	7	0.08894	0.01271	0.31	0.9357
Variedad (V)	1	0.01038	0.01038	0.25	0.6240
Error (a)	2	0.07842	0.03921	0.96	
<i>Trichoderma</i> (T)	1	0.00593	0.00593	0.14	0.7105
<i>Azospirillum</i> (A)	1	0.00120	0.00120	0.03	0.8670
V x T	1	0.00103	0.00103	0.03	0.8766
V x A	1	0.05561	0.05561	1.36	0.2668
T x A	1	0.01306	0.01306	0.32	0.5829
V x T x A	1	0.00173	0.00173	0.04	0.8406
Error (b)	12	0.49201	0.04100		
Total	23	1.17962			
Promedio = 27.74		CV = 31.21			

El rango de peso de raíz vario entre 19.92 a 36.58 gramos , sin diferencia significativa para todos los tratamientos(Tabla 3.13).

Tabla 3.13

Prueba de Tukey del peso de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	<i>T. harzianum</i>	<i>A. brasilense</i>	Peso de raíz (g)	Tukey
T2	Oscar Blanco	0	1	36.58	a
T8	La Frondosa	0	0	34.00	a
T5	La Frondosa	1	0	32.67	a
T6	La Frondosa	0	1	27.83	a
T3	Oscar Blanco	1	1	26.50	a
T1	Oscar Blanco	1	0	22.69	a
T7	La Frondosa	1	1	21.75	a
T4	Oscar Blanco	0	0	19.92	a

Ortiz (2017), menciona que existió una diferencia notable en el peso fresco promedio de biomasa radicular entre la semilla inoculada, que tenía 6.364 g de biomasa radicular, y el método a través de vía Drench, que tenía 5.472 g. El grupo de control, por otro lado, tenía un promedio de 4.197 g de biomasa radicular. En nuestra investigación se

obtuvo que los tratamientos T7 y T3 (*Azospirillum sp.* + *Trichoderma sp.*), superan a los demás tratamientos.

Domínguez *et al.* (2020) indica que el *Azospirillum sp.* pueden secretar ácido abscísico y están relacionadas con el mecanismo y la defensa del estrés hídrico en las plantas además el control biológico puede deberse al parasitismo, la inducción de resistencia que actúan como antibióticos, fungicidas, antivirales y agentes inmunosupresores.

3.2. Crecimiento y desarrollo de las plantas de Kiwicha (parte aérea)

3.2.1. Altura de planta

La tabla 3.14 muestra el análisis de varianza de la altura de planta en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), siendo el promedio general de 92.83cm y coeficiente de variación de 10.42 %.

Tabla 3.14

Análisis de variancia de la altura de planta con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	216.030	108.015	1.15	0.3478
Tratamiento	7	909.718	129.960	0.96	0.4951
Variedad (V)	1	177.127	177.127	0.46	0.5684
Error (a)	2	773.523	386.762		
T. harzianum (T)	1	90.482	90.482	0.97	0.3448
A. brasilense (A)	1	291.207	291.207	3.11	0.1031
V x T	1	104.167	104.167	1.11	0.3121
V x A	1	42.135	42.135	0.45	0.5149
T x A	1	150.000	150.000	1.60	0.2294
V x T x A	1	54.602	54.602	0.58	0.4596
Error (b)	12	1122.593	93.549		
Total	23	3021.865			
Promedio = 92.83		CV (%) = 10.42			

Ortiz (2017), en su investigación con el uso de *Trichoderma* en semilla peletizada y aplicación vía Drench al suelo indica que hubo diferencias en altura de planta por efecto del método de inoculación mostrando que el método de semilla peletizada tuvo mayor altura de plantas alcanzando la altura máxima de 128.50 cm y el método vía Drench tuvo

una altura de planta con 117 cm, la menor altura se obtuvo en el tratamiento testigo con 107.00 cm de altura de planta. En cuanto a nuestra investigación se obtuvo un promedio de 92.83 cm de altura de planta.

En la tabla 3.15 se muestra la prueba de Tukey de la altura de planta, aunque no exista diferencia estadística significativa, existe diferencia numérica entre los tratamientos.

Tabla 3.15

Prueba de Tukey de la altura de planta con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho. (cm)

Tratamiento	Variedad	T. harzianum	A. brasilense	Altura de planta (cm)	Tukey 0.05
T6	La Frondosa	0	1	105.37	a
T2	Oscar Blanco	0	1	96.13	a
T7	La Frondosa	1	1	95.33	a
T8	La Frondosa	0	0	93.77	a
T1	Oscar Blanco	1	0	92.10	a
T3	Oscar Blanco	1	1	88.40	a
T5	La Frondosa	1	0	87.70	a
T4	Oscar Blanco	0	0	83.80	a

Peñasco (2021) en su tesis obtuvo como resultados, que con la aplicación de A. brasilense y Vigortop Plus, la altura de planta fue 51.64 cm, donde estadísticamente es distinto a los demás de los tratamientos, en plantas con aplicación A. brasilense con una altura de 47.91 cm, Vigortop Plus con altura de planta de 46.28 cm y el testigo con 41.94 cm de altura.

En nuestra investigación se observa para la variedad La Frondosa y Oscar Blanco con la aplicación de A. brasilense se obtuvo la mayor altura de planta con 105.4 y 96.1 cm respectivamente (0.05) lo cual según Pérez (2010) el eco tipo de Oscar Blanco y La Frondosa posee una altura de promedio 0.90 hasta 1.40 m, lo cual indicaría que las alturas de las plantas con este tratamiento se consideran dentro del promedio establecido.

Lonazco (2022), en su investigación sobre Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum sp.* en el rendimiento y calidad de eco tipos de Tarwi encuentra que los rangos mínimos de la altura de planta oscilan entre 1.62 a 1.68 m.

Domínguez *et al.* (2020) indica que el *Asospirillum sp.* tiene la acción de reducir del nitrato (NO₃⁻) en las raíces, promoviendo el crecimiento vegetal debido al menor gasto de energía en la reducción de nitrato a amoníaco también estas bacterias pueden influir en la actividad de glutamina sintetasa el cual es extremadamente importante en el proceso de incorporación del nitrógeno al suelo.

3.2.2. Diámetro de tallo

La tabla 3.16 presenta el análisis de varianza del diámetro de tallo en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), encontrando el promedio general de 14.09 mm y un coeficiente de variación de 14.06 %.

Tabla 3.16

Análisis de variancia del diámetro de tallo con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	1.066	0.533	0.14	0.8744
Tratamiento	7	42.138	6.020	1.68	0.1930
Variedad (V)	1	25.627	25.627	17.02	0.0540
Error (a)	2	3.011	1.505		
T. harzianum (T)	1	1.927	1.927	0.49	0.4969
A. brasilense (A)	1	5.607	5.607	1.43	0.2551
V x T	1	0.602	0.602	0.15	0.7023
V x A	1	0.015	0.015	0.00	0.9517
T x A	1	6.202	6.202	1.58	0.2327
V x T x A	1	2.160	2.160	0.55	0.4725
Error (b)	12	47.103	3.925		
Total	23	93.318			
Promedio = 14.09mm		CV (%) = 14.06			

Tabla 3.17

Prueba de Tukey del diámetro de tallo con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	<i>T. harzianum</i>	<i>A. brasilense</i>	Diámetro de tallo (mm)	Tukey 0.05
T2	Oscar Blanco	0	1	16.00	a
T1	Oscar Blanco	1	0	15.87	a
T3	Oscar Blanco	1	1	15.27	a
T6	La Frondosa	0	1	13.60	a
T7	La Frondosa	1	1	13.43	a
T4	Oscar Blanco	0	0	13.37	a
T5	La Frondosa	1	0	12.93	a
T8	La Frondosa	0	0	12.27	a

Ortiz (2017), obtuvo que el uso de *Trichoderma* de acuerdo a su forma de aplicación ya sea en semilla peletizada o via drench el diámetro de tallo es de 9.62 mm en promedio y 9.03 mm en promedio respectivamente y el diámetro menor se obtuvo el testigo con 8.54 mm en promedio.

En nuestra investigación notamos que no hay diferencia significativa, sin embargo, existe una diferencia numérica en el carácter diámetro del tallo en la fuente de variación variedad, por lo cual se presenta prueba de Tukey en la tabla 3.18.

Tabla 3.18

Prueba de Tukey del diámetro de tallo en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variedad	Diámetro de tallo (mm)	Tukey 0.05
Oscar Blanco	15.13	a
La Frondosa	13.06	b

Peñasco (2021) al realizar el estudio en una sola variedad de kiwicha, los resultados mostraron que los bioinsumos aplicados tuvieron el mismo impacto que el testigo, con una pequeña variación de 0,69 mm con el T2 - *A. brasilense*; no hubo diferencia estadísticamente significativa entre ambos.

3.2.3. Longitud de panoja

No hubo diferencias estadísticamente significativas en la longitud de la panoja entre las diversas fuentes de variación ($p > 0,05$). La longitud promedio fue de 51,93 cm y el coeficiente de variación de 13,65% (Tabla 3.19)

Tabla 3.19

Análisis de variancia de la longitud de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	16.451	8.225	0.16	0.8509
Tratamiento	7	1010.323	144.332	2.57	0.0627
Variedad (V)	1	867.604	867.604	9.54	0.0908
Error (a)	2	181.893	90.946		
T. harzianum (T)	1	1.170	1.170	0.02	0.8813
A. brasilense (A)	1	15.200	15.200	0.30	0.5925
V x T	1	25.834	25.834	0.51	0.4871
V x A	1	2.344	2.344	0.05	0.8327
T x A	1	93.220	93.220	1.85	0.1983
V x T x A	1	4.950	4.950	0.10	0.7590
Error (b)	12	603.163	50.264		
Total	23	1811.830			
Promedio = 51.93 cm		CV (%) = 13.65			

Tabla 3.20

Prueba de Tukey de la longitud de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	T. harzianum	A. brasilense	Longitud de panoja (cm)	Tukey 0.05		
T6	La Frondosa	0	1	62.73	a		
T5	La Frondosa	1	0	58.00	a	b	
T8	La Frondosa	0	0	55.67	a	b	c
T7	La Frondosa	1	1	55.37	a	b	c
T1	Oscar Blanco	1	0	47.77		b	c
T2	Oscar Blanco	0	1	47.10		b	c
T3	Oscar Blanco	1	1	45.70		b	c
T4	Oscar Blanco	0	0	43.10			c

En la tabla 3.20 se presenta la prueba de Tukey de la longitud de panoja debido a que se observa una diferencia numérica en las longitudes de panoja, en el cual se puede observar que el tratamiento La Frondosa – sin *T. harzianum* – con *A. brasilense* presenta mayor resultado con 62.73cm respecto al tratamiento con Oscar Blanco – sin *T. harzianum* – sin *A. brasilense* con 43.10, este resultado podría ser debido a que se trata de diferente variedad y que cada una presenta sus características morfológicas de inflorescencia.

Lonazco (2022), en su investigación sobre Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de Tarwi indica que el tratamiento de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* evidencio una longitud de inflorescencia de 29.29 cm y además longitud promedio mínimo fue 19.3 cm de inflorescencia en tal sentido se muestra el efecto de los biofertilizantes en el Tarwi, en nuestra investigación el efecto de los biofertilizantes no es significativo estadísticamente en ambas variedades de Kiwicha.

Pérez (2010), indica que la longitud de panoja del ecotipo Oscar Blanco es de 50 cm y además el tipo de panoja es erecta. En comparación con los resultados obtenido en nuestra investigación, la longitud de panoja para la variedad Oscar Blanco es menor con 45.4 cm en promedio.

Guardia (2020) en su trabajo de investigación en diferentes variedades de kiwicha + bioestimulantes encontró que la panoja de la Kiwicha a los 120 días de ser sembrado alcanza en promedio de 42 a 52 cm de longitud. Coincidiendo con los valores obtenidos en nuestra investigación en los tratamientos con biofertilizante con 52.7 cm de longitud de panoja.

3.2.4. Peso de panoja

En la tabla 3.21 se muestra el análisis de varianza del peso de la panoja en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), encontrando el promedio general de 47.50 cm y un coeficiente de variación de 29.99% lo cual indica que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

Tabla 3.21

Análisis de variancia del peso de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	99.551	49.775	0.25	0.7863
Tratamiento	7	558.070	79.724	0.27	0.9557
Variedad (V)	1	67.670	67.670	0.08	0.8042
Error (a)	2	1697.191	848.595		
T. harzianum (T)	1	96.400	96.400	0.48	0.5037
A. brasilense (A)	1	78.120	78.120	0.39	0.5465
V x T	1	11.620	11.620	0.06	0.8149
V x A	1	3.154	3.154	0.02	0.9028
T x A	1	94.010	94.010	0.46	0.5090
V x T x A	1	207.094	207.094	1.02	0.3323
Error (b)	12	2434.658	202.888		
Total	23	4789.470			
Promedio = 47.50		CV (%) = 29.99			

Tabla 3.22

Prueba de Tukey del peso de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Peso de panoja (g)	%	Tukey 0.05
T7	La Frondosa	1	1	55.60	121.2	a
T3	Oscar Blanco	1	1	50.97	112.1	a
T2	Oscar Blanco	0	1	50.27	110.6	a
T1	Oscar Blanco	1	0	50.00	110.0	a
T8	La Frondosa	0	0	45.87	100.0	a
T4	Oscar Blanco	0	0	45.47	100.0	a
T5	La Frondosa	1	0	41.43	90.3	a
T6	La Frondosa	0	1	40.37	88.0	a

Hernández *et al.* (2019), menciona que hay una serie de especies de *Azospirillum* que son endófitas o están estrechamente relacionadas con las plantas de alguna manera. Estas bacterias ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas al producir auxinas y giberelinas, así como ácidos orgánicos (glucónicos, fumáricos y cítricos) que reducen el pH del suelo y ayudan a la solubilización de nutrientes esenciales para las plantas como fosfatos, magnesio, hierro y manganeso.

Hernández *et al.* (2019), La activación de muchos procesos, como la competencia por los recursos y el espacio, el micoparasitismo, la antibiosis, el fomento del desarrollo de las plantas y la inducción de respuestas de defensa de las plantas, sustentan las capacidades antagónicas de *Trichoderma* contra los hongos patógenos. Hidrolizando la pared celular de los hongos que parasita, *Trichoderma* libera enzimas (especialmente proteasas, quitinasas y glucanasas) que conducen al micoparasitismo, lo que a su vez hace que la membrana plasmática se retraiga y el citoplasma se desorganice. Además, evitan que el tubo germinal se expanda y que germinen las esporas.

3.2.5. Rendimiento de grano de Kiwicha

En la tabla 3.23 se muestra el análisis de varianza del rendimiento de grano en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), encontrando el promedio general de 2429.50 kg.ha⁻¹ y un coeficiente de variación de 24.23% que evidencian que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

Tabla 3.23

Análisis de variancia del rendimiento de grano con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	1	390000.3	390000.3	1.13	0.3296
Tratamiento	7	4987418.0	712488.3	1.76	0.2363
Variedad (V)	1	3317862.3	3317862.3	4.41	0.2828
Error (a)	1	751689.0	751689.0		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	344569.0	344569.0	0.99	0.3572
<i>A. brasilense</i> (A)	1	800130.3	800130.3	2.31	0.1795
V x T	1	265740.3	265740.3	0.77	0.4149
V x A	1	77841.0	77841.0	0.22	0.6523
T x A	1	31506.3	31506.3	0.09	0.7732
V x T x A	1	149769.0	149769.0	0.43	0.5353
Error (b)	6	2079330.8	346555.1		
Total	15	8208438.0			
Promedio = 2429.50		CV (%) = 24.23			

En la tabla 3. 24 se muestra la Prueba de Tukey del rendimiento de grano se obtuvo que existe diferencia ente los tratamientos T3 (Oscar Blanco – con inoculante de *T. harzianum* + con *A. brasilense*) un rendimiento de 3455.5 kg.ha⁻¹ y los tratamientos T5

(La Frondosa– con *T. harzianum* – sin *A. brasilense* y T8 (La Frondosa – sin *T. harzianum* – sin *A. brasilense*) con rendimientos de 1751 kg.ha⁻¹ y 1610.5 kg.ha⁻¹ respectivamente.

Tabla 3.24

Prueba de Tukey del rendimiento de grano con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Rendimiento kg/ha	%	Tukey 0.05	
T3	Oscar Blanco	1	1	3455.5	133.1	a	
T1	Oscar Blanco	1	0	2865.5	110.4	a	b
T2	Oscar Blanco	0	1	2622.0	101.0	a	b
T4	Oscar Blanco	0	0	2596.5	100.0	a	b
T6	La Frondosa	0	1	2302.0	142.4	a	b
T7	La Frondosa	1	1	2233.0	138.7	a	b
T5	La Frondosa	1	0	1751.0	108.7		b
T8	La Frondosa	0	0	1610.5	100.0		b

El rendimiento de grano con aplicación de microorganismos muestra superioridad frente al testigo, fue posiblemente debido a que estos microorganismos ayudan a disolver nutrientes, producen fitohormonas, son antagónicas de patógenos, estimulando el desarrollo de la planta.

Ortiz (2017) en su investigación en el rendimiento de grano en kg.ha⁻¹ obtuvo que no existe diferencia estadística significativa para Método de inoculación peletizado de semillas con inoculante de *Trichoderma sp.* y aplicación de Drensh con *Trichoderma sp.* al suelo, si bien ambas técnicas son estadísticamente comparables, el enfoque via Drench suelo empapado tuvo la mayor producción de semillas con un promedio de 3289.85 kg/ha, mientras que el método de semillas peletizadas tuvo la menor con un promedio de 3074.82 kg/ha. También se adquirió el rendimiento del testigo, que promedió apenas 1412,60 kg / ha.

Peñasco (2021) en el rendimiento de kiwicha con la aplicación de *Azospirillum* + *Vigortop plus* fue de 2402.50 kg.ha⁻¹, siendo el mayor respecto a los demás tratamientos y en el tratamiento testigo, obtuvo el menor rendimiento con 1860.00 kg.ha⁻¹.

En comparación a los resultados obtenidos por Ortiz (2017) y Peñasco (2021), en nuestra investigación coincidimos en que para la variedad Oscar Blanco con la aplicación de biofertilizantes sí favoreció al incremento del rendimiento de grano y en la variedad La Frondosa sin aplicación de biofertilizantes se observó menor rendimiento con 1610.5 kg.ha⁻¹.

En la presente investigación en la variedad Oscar Blanco se obtuvo un rendimiento promedio de 2884.875 kg.ha⁻¹ que es similar a lo mencionado por Pérez (2010) quien indica que el ecotipo Oscar Blanco tiene un rendimiento promedio de 2500 kg.ha⁻¹,

CONCLUSIONES

1. La variedad Oscar Blanco alcanzó un mayor rendimiento de grano con el tratamientos T3 (con inoculante de *T. harzianum* + con *A. brasilense*) siendo este de 3455.5 kg.ha⁻¹ y en la variedad la frondosa se obtuvo un mejor rendimiento en el tratamiento T6 (sin *T. harzianum* + *A. brasilense*), obteniéndose 2302 kg.ha⁻¹, mientras que en la variedad INIA 442- La Frondosa alcanzo un rendimiento de grano de 2233 kg.ha⁻¹ en el tratamientos T7 (con inoculante de *T. harzianum* + con *A. brasilense*).
2. En los indicadores evaluados en el desarrollo de raíz como: longitud de raíz, número de ramificaciones, diámetro de raíz, peso de raíz y volumen de raíz, la aplicación de los inoculantes tuvo mejor performance en comparación al testigo absoluto.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar bioinsumos *T. harzianum* y *A. brasilense* en la producción de Kiwicha (Oscar Blanco y La Frondosa), nos permite obtener rendimientos promedios mayores a los promedios reportados a nivel nacional, siendo estos bioinsumos una alternativa para cuidar el suelo y evitar el uso indiscriminado de fertilizantes y agroquímicos que degradan el ecosistema..
2. Se recomienda realizar estudios de bioinsumos a base *Trichoderma sp.* y *Azospirillum sp.* tanto en un ambiente contralado y campo definitivo que mejor se adecue al cultivo de Kiwicha y nos permita encontrar las cepas con mayor capacidad de reacción con el cultivo, en la parte aérea y radicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe. (06 de noviembre de 2020). *agraria.pe*. Obtenido de agraria.pe: <https://agraria.pe/noticias/liberan-nueva-variedad-de-kiwicha-inia-442-la-frondosa-con-a-22912>
- Alvarez, M. y. (2013). “*Plan de Marketing Para la Exportación de Granos Andinos (Quinoa, kiwicha y Cañihua) al mercado de Estados Unidos para el periodo 2013-2016*. Arequipa, Perú.
- Bécquer, C. J. (2015). Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas y Trichoderma en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Pastos y Forrajes*, 38(1), 29-37. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000100003&lng=es&tlng=es.
- Cecato , U., & Trento, T. (noviembre de 2020). *cienciaspecuarias.inifap.gob.mx*. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4951>
- Chamorro, E. (s.f.). “*Valor nutricional y compuestos bioactivos de 30 accesiones de kiwicha del INIA-. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina*.
- Chiriboga, H., Gomez, G., & Garces, K. (2015). *Trichoderma spp. para el control biologico de enfermedades*. Paraguay: Instituto Interamericano de Cooperación de Cooperacion para la Agricultura(illca).
- Cochran, W., & Cox, G. (1990). *Diseños experimentales*. México: Trillas.
- Companioni González, B. D. (1 de diciembre de 2019). Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 237-248. México. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472019000400237&lng=es&tlng=es.
- Dazzo, F., & Yanni, Y. (2006). The Natural Rhizobium - Cereal Crops Association as an Example of Plant Bacteria Iteration. *The Natural Rhizobium - Cereal Crops Association*, 109-127.
- Duarte, D., Fernandes, C., Cecato, U., & Biserra, T. Y. (2020). Revista mexicana de Ciencias Pecuarias. *Azospirillum sp en gramineas y farrajeras*. México.
- Estrada Zuniga, R. (2011). *KIWICHA ALIMENTO NUESTRO PARA EL MUNDO*. Instituto Nacional de Innovacion Agraria-EEA Andenes Cusco, Cusco, Peru. Recuperado el 05 de 01 de 2024
- Fernandes, C., Cecato, U., Trento, T., & Mamédio, D. G. (2020). Revista mexicana de ciencias pecuarias. *Azospirillum spp. en gramíneas y forreras*.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242020000100223

- Ferrera, R., & Alarcón, A. (2007). Microbiología agrícola. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237826601_Bacterias_promotoras_de_crecimiento_en_plantas_para_propositos_agricolas_y_ambientales
- Francesco Vinale, K. S. (2008). Trichoderma–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 40(ISSN 0038-0717), Issue 1, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>.
- Gomez, L., Mendoza, H., & Pinedo, R. (2020). Niveles de fertilización inorgánica en tres variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en Ancash. Perú.
- González-Marquetti, I. I.-M.-V.-R.-G.-P.-C. (2019). Efecto de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar BAT-304. *Protección Vegetal*, 34, 2. Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522019000200004&lng=es&tlng=es.
- Guardia Chapeton, V. T. (2020). “*cComparativo de rendimiento de tres variedades de Kiwicha(Amaranthus caudatus l.) por efecto de dos bioestimulantes. en la localidad de Marcara, Carhuaz-Ancash*. Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Gutierrez Contreras, B. (2019). *Biofertilizacion con los hongos micorrizicos arburculares y Azospirillum sp. en el rendimiento de maiz amilaceo(zea mays L.) en quinua a 3180 msnm-Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Harman, E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of Trichoderma spp. *Phytopathology*. 190-194. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>
- Hernández, D. F. (2019). Trichoderma: Agricultural and biotechnological importance, and fermentation systems for producing biomass and enzymes of industrial interest. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*. Estado de México, México.
- Hernández, M., Terry, C., & Almogoea, M. (2015). Agroecosistemas. *Uses of Azospirillum in the agriculture.*, 401-413.
- Huaman, C. (2018). *Caracterización y selección de 15 poblaciones varietales de achita, de panoja rosa semierecta de grano de color, Canan 2775 msnm-ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

- Ibañez, R., & Aguirre, G. (1983). *Fertilidad del suelo: Manual de Practicas*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- INIA. (2012). inia.gob.pe. Perú. Kiwicha INIA 414 Taray https://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/kiwicha/INIA_414.pdf
- Jellen, E., Manghan, P., Fuentes, F., & Kolano, B. (2014). Botánica filogenia y evolución. En D. Bazile, Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Chile: FAO.
- Lonazco Palomino, k. M. (2022). *Co-inoculación con Bradyrhizobium y Azospirillum en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi(Lupinus mutabilis Sweet); Llachoccmayo- Chiara, Ayacucho 2019*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho.
- Mallki. (03 de Noviembre de 2017). *Abonos organicos Mallki*. <https://abonomallki.com/>
- Martinez, B. Y. (2013). Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Proteccion Vegetal*, 28(1), 1-11. Mayabeque, Cuba. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>
- Martínez-Lopez, A., Millan-Linares, M., Rodriguez-Martin, N., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 1-13. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464619306590>
- MIDAGRI, M. d. (2020). Kiwicha. Familia Amaranthaceae. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/KIWICHA.pdf>
- Moran Ruiz , F. S. (2007). *Efectividad del fraccionamiento de la dosis comercial 3×10^{11} UFC de TRICHOZAM(Trichoderma Harzianum) en el crecimiento de plantulas de 7 cultivos hoticolos*. Zamorano-ciencia en produccion agropecuaria, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0b31e681-11d3-452d-a6e4-772e3670546b/content>
- Mujica, A. (1997). El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.). *Producción, mejoramiento genético y utlización*.
- Ortiz Calcina, N. (2017). *Biofertilizacion con cepas de Trichoderma sp sobre el crecimiento y nutriccion de quinua (chenopodium quinua wild) Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero*. Puno: Universidad Nacional Del Antiplano.

- Peñasco Vargas, F. (2021). *Evaluación participativa de la respuesta de bioinsumos en el rendimiento de Cañahua(*Chenopodium pallidicuale allen*) en el municipio de Jesus de Machaca*. Universidad Mayor de San Andres, la Paz.
- Perez Avila, A. (2010). *Cultivo de Kiwicha en la sierra central*. Instituto Nacional de Innovacion Agraria-INIA, Huancayo, Peru.
- Perez, V. (2016). *Incremento en el rendimiento del cultivo de Orégano, fertilizada con cepas de Azospirillum sp, bajo inverndaero*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Peruecologico. (16 de Noviembre de 2024). *Perú Ecológico*. https://www.peruecologico.com.pe/gr_kiwicha.htm
- Rodríguez-García, D. y.-R. (2022). Efecto de la inoculación con Trichoderma sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*. San José, Costa Rica.
- Sumar, K. J. (1993). *"La Kiwicha": El Pequeño Gigante*. Lima, Perú.
- Tamayo, W. (2022). Respuesta de líneas mutantes de Kiwicha al estrés hidrico en condiciones de costa central. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis físico-químico del suelo.



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



ANÁLISIS DE SUELOS: FERTILIDAD

Región Natural	Costa() Sierra (X) Selva ()	Altitud (Referencial)	Fecha de Muestreo	2/08/2021
Solicitante	RUBEN PORTAL MORALES		Fecha de Ingreso	8/08/2021
Departamento	Ayacucho	Cultivo Anterior	Fecha de Reporte	11/08/2021
Provincia	Huamanga	Cultivo a instalar	Distanciamiento (m x m)	
Distrito	Andrés Bello Cáceres	Área (hás)		
Localidad	Canaan	Edad del cultivo (años)		
		Prof. De Muestreo		

Número de Muestra		pH (1:2)	C.E. dS/m	MO %	N %	P ppm	K ppm	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL
Lab.	Campo							Arena %	Limo %	Arcilla %	
SF 2021-391	Canaan	8.05	0.337	1.93	0.10	29.33	343	35.30	36.00	28.70	FrAr

TABLAS DE INTERPRETACION

Salinidad			Materia Orgánica	Nitrógeno	Total	Fósforo Disponible	Potasio Disponible
Clasificación del suelo	CE (dS/m)	CLASIFICACIÓN	%	%		ppm P	ppm K
* Muy ligeramente salino	< 2	*Bajo	< 2.0	< 0.1		< 7.0	< 100
* Ligeramente salino	2 - 4	*Medio	2 - 4	0.1 - 0.2		7 - 14.0	100 - 240
* Moderadamente salino	4 - 8	*Alto	> 4.0	> 0.2		> 14.0	> 240
* Fuertemente salino	> 8						

Reacción o pH

Clasificación del suelo	pH
* Extremadamente ácido	< 4.5
* Muy Fuertemente ácido	4.5 - 5.0
* Fuertemente ácido	5.1 - 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
* Neutro	6.6 - 7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4



Responsable de Laboratorio

Anexo 2. Longitud de raíz, diámetro de raíz, nº de ramificaciones de raíz, volumen de raíz, peso de raíz

Bloque	Tratamiento	Variedad	<i>Trichoderma</i> <i>sp.</i>	<i>Azospirillum</i> <i>sp.</i>	longitud de raíz	diámetro de raíz	N° de ramificac iones	volumen de raíz	peso de raíz
					cm	mm	n	cc	g
BLOQUE	TRATAMIENTOS	V	T	A	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
b1	t1	oscar blanco	1	0	29.8	18.3	9.8	20.8	0.0658
b1	t2	oscar blanco	0	1	32.0	12.8	4.3	22.3	0.0165
b1	t3	oscar blanco	1	1	42.0	12.8	7.8	17.5	0.0475
b1	t4	oscar blanco	0	0	34.4	15.0	5.8	22.8	0.0313
b1	t5	la frondosa	1	0	33.4	11.5	6.0	10.3	0.0405
b1	t6	la frondosa	0	1	27.0	12.5	5.3	10.5	0.0530
b1	t7	la frondosa	1	1	28.6	12.8	7.3	10.3	0.0800
b1	t8	la frondosa	0	0	37.6	13.5	5.0	14.3	0.0280
b2	t1	oscar blanco	1	0	34.4	17.8	8.0	23.5	0.0178
b2	t2	oscar blanco	0	1	29.9	17.9	10.8	28.3	0.0235
b2	t3	oscar blanco	1	1	29.7	14.9	9.5	19.8	0.0135
b2	t4	oscar blanco	0	0	30.4	14.6	5.8	17.0	0.0135
b2	t5	la frondosa	1	0	33.4	14.3	6.7	18.3	0.0163
b2	t6	la frondosa	0	1	37.8	13.8	8.3	18.5	0.0133
b2	t7	la frondosa	1	1	32.8	12.3	8.0	14.0	0.0108
b2	t8	la frondosa	0	0	27.8	12.1	4.8	9.3	0.0065
b3	t1	oscar blanco	1	0	35.9	15.5	10.0	15.8	0.0145
b3	t2	oscar blanco	0	1	33.9	16.3	8.3	21.5	0.0198
b3	t3	oscar blanco	1	1	37.2	17.5	9.3	30.8	0.0225
b3	t4	oscar blanco	0	0	26.6	10.0	4.8	7.3	0.0650
b3	t5	la frondosa	1	0	28.3	12.8	6.3	12.0	0.0113
b3	t6	la frondosa	0	1	34.5	13.4	9.3	14.3	0.0133
b3	t7	la frondosa	1	1	24.6	14.3	6.5	9.5	0.0113
b3	t8	la frondosa	0	0	30.3	11.8	6.8	9.3	0.0308

Anexo 3. Altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, peso de panoja, peso de 50 semillas rendimiento de grano

Bloque	Tratamiento	Variedad	Trichoderma sp.	Azospirillum sp.	altura de planta	diámetro de tallo	longitud de panoja	peso de panoja	peso de 50 semillas	redimient o de grano
					cm	mm	cm	g	g	kg/ha
BLOQUE	TRATAMIENTOS	V	T	A	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
b1	t1	oscar blanco	1	0	98.0	16.8	53.5	54.5	0.0484	3305
b1	t2	oscar blanco	0	1	87.8	12.9	47.8	38.8	0.0484	2400
b1	t3	oscar blanco	1	1	75.8	13.5	45.8	62.8	0.0484	3620
b1	t4	oscar blanco	0	0	78.0	15.0	53.3	63.8	0.0484	3706
b1	t5	la frondosa	1	0	96.3	11.8	51.0	30.5	0.0416	1728
b1	t6	la frondosa	0	1	117.3	14.5	56.0	33.0	0.0416	1983
b1	t7	la frondosa	1	1	95.5	13.3	52.8	41.0	0.0416	2320
b1	t8	la frondosa	0	0	113.5	14.0	58.0	43.5	0.0416	1623
b2	t1	oscar blanco	1	0	96.0	14.3	47.3	46.0	0.0484	.
b2	t2	oscar blanco	0	1	96.8	18.8	43.1	42.5	0.0484	.
b2	t3	oscar blanco	1	1	102.6	14.5	43.0	25.3	0.0484	.
b2	t4	oscar blanco	0	0	95.8	13.8	43.5	47.3	0.0484	.
b2	t5	la frondosa	1	0	93.3	14.0	61.5	62.3	0.0416	.
b2	t6	la frondosa	0	1	92.8	12.8	60.4	41.3	0.0416	.
b2	t7	la frondosa	1	1	99.5	12.1	68.0	79.0	0.0416	.
b2	t8	la frondosa	0	0	80.0	11.0	55.0	59.3	0.0416	.
b3	t1	oscar blanco	1	0	82.3	16.5	42.5	49.5	0.0484	2426
b3	t2	oscar blanco	0	1	103.8	16.3	50.4	69.5	0.0484	2844
b3	t3	oscar blanco	1	1	86.8	17.8	48.3	64.8	0.0484	3291
b3	t4	oscar blanco	0	0	77.6	11.3	32.5	25.3	0.0484	1487
b3	t5	la frondosa	1	0	73.5	13.0	61.5	31.5	0.0416	1774
b3	t6	la frondosa	0	1	106.0	13.5	71.8	46.8	0.0416	2621
b3	t7	la frondosa	1	1	91.0	14.9	45.3	46.8	0.0416	2146
b3	t8	la frondosa	0	0	87.8	11.8	54.0	34.8	0.0416	1598

Anexo 4. Panel fotográfico (trabajo de laboratorio y campo)



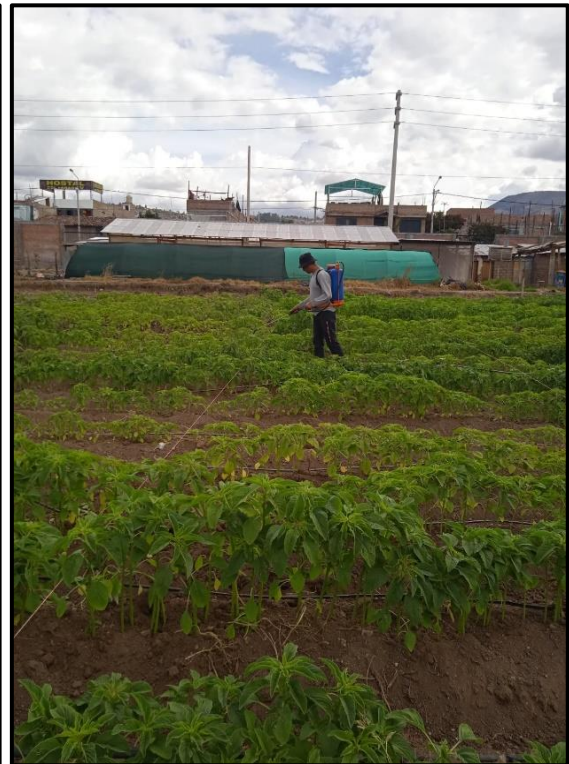
Fotografía 01. Paletizado de granos de Achita



Fotografía 02. Tratamientos preparados de granos de Achita



Fotografía 03. Preparación de terreno, riego y siembra



Fotografía 04. Apoque y control fitosanitario



Fotografía 05. Evaluación del campo experimental y segundo control fitosanitario



Fotografía 06. Crecimiento vegetativo de Kiwicha



Fotografía 07. Recolección de muestra de Kiwicha (Froncosa)



Fotografía 08. Recolección de muestra de Kiwicha (Oscar Blanco)



Fotografía 09. Evaluación de muestra- volumen de raíz y diámetro de tallo



Fotografía 10. Pesado de raíz y venteo de granos de Kiwicha



Fotografía 11. Pesado de granos de Kiwicha

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. RUBEN DARIO PORTAL MORALES**R.D. N° 360-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los seis días del mes de marzo del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva, Dr. José Antonio Quispe Tenorio como asesor, Dra. Roberta Esquivel Quispe y M.Sc. Fortunato Álvarez Aquise; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Trichoderma y Azospirillum en el rendimiento de dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **RUBEN DARIO PORTAL MORALES**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva	16	15	16	16
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	16	16	16
Dra. Roberta Esquivel Quispe	16	15	16	16
M.Sc. Fortunato Álvarez Aquise	16	16	15	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva
Presidente


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Asesor


.....
Dra. Roberta Esquivel Quispe
Jurado


.....
M.Sc. Fortunato Álvarez Aquise
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Trichoderma y Azospirillum en el rendimiento de dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Autor : Ruben Dario Portal Morales

Asesor : José Antonio Quispe Tenorio

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de Diecisiete **(17 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2635635806

Ayacucho, 05 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis - FCA

Trichoderma y Azospirillum en el rendimiento de dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

por Ruben Dario PORTAL MORALES

Fecha de entrega: 04-abr-2025 09:14p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2635635806

Nombre del archivo: TESIS_RUBEN_DARIO_PORTAL_MORALES_EPA.pdf (2.68M)

Total de palabras: 19835

Total de caracteres: 101257

Trichoderma y Azospirillum en el rendimiento de dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	alexisjuliocr.wordpress.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1%
8	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	faz.ujed.mx Fuente de Internet	<1%
10	revistas.uclave.org Fuente de Internet	<1%
11	vsip.info Fuente de Internet	<1%

12	gestion.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.bib.uia.mx Fuente de Internet	<1 %
14	Camila Patricia Chillo Yupanqui, Wilfredo Peñafiel Rodríguez, Rosmery Aruquipa Condori. "Comportamiento productivo de dos variedades de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) con diferentes niveles de abono orgánico en el Centro Experimental Cota Cota", CIBUM SCIENTIA, 2024 Publicación	<1 %
15	www.bashanfoundation.org Fuente de Internet	<1 %
16	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 30 words
 Excluir bibliografía Activo

***Trichoderma* y *Azospirillum* en el rendimiento de dos variedades de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho**

Rubén Darío Portal Morales¹

ruben.portal.01@unsch.edu.pe

José Antonio Quispe Tenorio²

jose.quispe@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

RESUMEN

Se estudió el efecto de la inoculación y coinoculación con *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento y desarrollo de la raíz de dos variedades de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) La Frondosa y Oscar Blanco, en condiciones del Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, en la campaña 2020 - 2021. Se utilizó el Diseño Bloques Completamente Randomizado (DBCR) con un arreglo factorial de 2 variedades de Kiwicha x 2 niveles de *T. harzianum* x 2 niveles de *A. brasilense* con 3 repeticiones, constituyendo un total de 24 UE, bajo el Diseño de Parcelas Divididas. La inoculación y coinoculación con *T. harzianum* y *A. brasilense* no afectó la longitud de raíz, varió de 28.67 a 36.30 cm para “La Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*” y “Oscar Blanco + *T. harzianum* + *A. brasilense*”. El diámetro de raíz se diferenció entre variedades, 15.28 cm en Oscar Blanco y 12.93 cm en La Frondosa. La inoculación con *T. harzianum* afectó positivamente el número de ramificaciones de la raíz en Oscar Blanco, paso de 5.47 a 9.27 raíces; el número de ramificaciones de la raíz fue diferente entre variedades, 7.85 en Oscar Blanco y 6.69 en La Frondosa. La altura de planta varió entre 83.80 a 105.37 cm sin diferencia significativa para “Oscar Blanco” y “La Frondosa + *A. brasilense*”. El diámetro de tallo se diferenció significativamente entre variedades, 15.13 cm para Oscar Blanco y 13.06 cm La Frondosa. La longitud de panoja varió significativamente entre 43.10 a 62.73 cm para “Oscar Blanco” y “La Frondosa + *A. brasilense*”. El peso de panoja varió entre 40.37 a 55.60 g sin diferencia significativa para “La Frondosa + *A. brasilense*” y “La Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*”. El rendimiento de grano varió para ambos cultivares de 1,610.5 a 2,302 kg.ha⁻¹ para “La Frondosa sin microorganismos” y “Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*”, mientras que para Oscar Blanco 2,596.5 a 3,455.5 kg.ha⁻¹ para “Oscar Blanco sin microorganismos” y “Oscar Blanco + *T. harzianum* + *A. brasilense*”

Palabras clave: *Trichoderma harzianum*, *Azospirillum brasilense*, Kiwicha, rendimiento.

**Trichoderma and Azospirillum on the yield of two varieties of Kiwicha
(*Amaranthus caudatus* L.) Canaán 2735 m.a.s.l., Ayacucho.**

SUMMARY

The effect of inoculation and co-inoculation with *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* on yield and root development of two varieties of Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) La Frondosa and Oscar Blanco was studied under conditions of the Canaán Experimental Center, National University of San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, in the 2020 - 2021 season. The Completely Randomized Block Design (CRBD) was used with a factorial arrangement of 2 varieties of Kiwicha x 2 levels of *T. harzianum* x 2 levels of *A. brasilense* with 3 replications, constituting a total of 24 EU, under the Split Plot Design. Inoculation and co-inoculation with *T. harzianum* and *A. brasilense* did not affect root length, which ranged from 28.67 to 36.30 cm for “La Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*” and “Oscar Blanco + *T. harzianum* + *A. brasilense*”. Root diameter differed between varieties, 15.28 cm for Oscar Blanco and 12.93 cm for La Frondosa. Inoculation with *T. harzianum* positively affected the number of root branches in Oscar Blanco, from 5.47 to 9.27 roots; the number of root branches was different between varieties, 7.85 in Oscar Blanco and 6.69 in La Frondosa. Plant height ranged from 83.80 to 105.37 cm with no significant difference for “Oscar Blanco” and “La Frondosa + *A. brasilense*”. Stem diameter differed significantly between varieties, 15.13 cm for 'Oscar Blanco' and 13.06 cm for 'La Frondosa'. Panicle length varied significantly between 43.10 to 62.73 cm for 'Oscar Blanco' and 'La Frondosa + *A. brasilense*'. Panicle weight ranged from 40.37 to 55.60 g with no significant difference for “La Frondosa + *A. brasilense*” and “La Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*”. Grain yield varied for both cultivars from 1,610.5 to 2,302 kg.ha⁻¹ for “La Frondosa without microorganisms” and “Frondosa + *T. harzianum* + *A. brasilense*”, while for Oscar Blanco 2,596.5 to 3,455.5 kg.ha⁻¹ for “Oscar Blanco without microorganisms” and “Oscar Blanco + *T. harzianum* + *A. brasilense*”.

Key words: *Trichoderma harzianum*, *Azospirillum brasilense*, Kiwicha, yield.

I. INTRODUCCIÓN

La kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) es un grano originario de los Andes de América del Sur, gran parte de los ecotipos de Kiwicha se desarrollan adecuadamente en Perú,

Bolivia, Argentina y Ecuador y como característica principal el grano crudo contiene entre 13 a 19 % de proteínas, 5 a 13 % de grasa, 65% de almidón y 8 aminoácidos esenciales que la convierte en una especie con grandes bondades razón por la cual hay una creciente demanda en el consumo a nivel nacional e internacional. (Martínez-López et al., 2020). Es importante solucionar el problema de la inseguridad alimentaria en el Perú, los bajos rendimientos, además disminuir el uso excesivo de agroquímicos que degradan el ecosistema. La producción utilizando microorganismos beneficiosos y el uso de productos libres que agroquímicos es una opción importante para los agricultores porque se dirigen a mercados tanto local como internacional que exigen una calidad adecuada libre de residuos de agroquímicos en el grano de Kiwicha, estos productos inocuos poseen un alto valor económico que ayuda al productor a mejorar la rentabilidad. Por otro lado, la agricultura convencional, basada en la revolución verde, se centra en lograr altos rendimientos aumentando el uso de fertilizantes, pesticidas plantas genéticamente modificados y otros. El uso excesivo de fertilizantes, pesticidas ocasiona un impacto negativo en los agroecosistemas conllevando a la degradación o erosión genética, que es la disminución o desaparición gradual de la diversidad genética que se posee de las variedades a través de la selección natural. (Dazzo & Yanni, 2006; Hernández, Terry, & Almogoea, 2015)

El uso de microorganismos beneficiosos, es una opción altamente recomendable, pues, *Trichoderma harzianum* es efectivo para reducir la acción de patógenos que causan pudrición en plántulas y el *Azospirillum brasilense* es un género de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas o PGPB Plant Growth Promoting Rhizobacteria, cuando se asocian a raíces de plantas, contribuyen en la producción y productividad del cultivo, actúan incrementando la parte aérea y raíces. (Domínguez et al., 2019 p. 23)

Objetivo general

Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento de las variedades de Kiwicha, INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco, en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2021.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento de las variedades de Kiwicha, INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco, en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2021.
2. Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y desarrollo de la raíz de las variedades de Kiwicha INIA 442, la Frondosa Y Oscar Blanco, en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2021.

II. METODOLOGIA

2.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se condujo en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia Huamanga, Departamento Ayacucho a una altitud de 2735 msnm, entre las coordenadas geográficas 13°10'8.72" Latitud sur y 74°12'12.85" longitud Oeste.

2.2 Material biológico

Se utilizó como material biológico semillas de kiwicha de las variedades INIA 442 La Frondosa y Oscar Blanco. La variedad de kiwicha **INIA 442 La Frondosa**, desarrollado por selección recurrente por el INIA (Agraria.pe, 2022), las principales características de esta variedad son: , posee un alto valor de proteína 11.72%, resaltando

la presencia de 8 aminoácidos esenciales donde se destaca la lisina con 8.34 mg. Esto lo hace un cultivo ideal para la nutrición de madres gestantes y niños, así como para la formación de colágeno, sustancia vital para los huesos, tejidos, tendones y cartílagos. La variedad **Oscar Blanco**, es una especie cultivada en los departamentos de Cusco, Ayacucho, Arequipa, Ancash, Huánuco, Cajamarca y Junín con un porcentaje de 15 % de proteína que contiene aminoácidos como glicina, serina, leucina y lisina; tiene una adaptación : 1900 - 3200 msnm, ciclo vegetativo : 150 - 160 días, época de siembra : Octubre – noviembre, densidad de siembra: 4 - 6 kg/ha, distancia entre surco : 0.80 m, altura de planta : 140 cm, color de grano : blanco cremoso, color de la inflorescencia : Rosado claro, tipo de panoja : erecta, longitud de panoja: 50 cm, diámetro de grano : 0,9 mm, peso de 100 semillas : 0,5 mg, rendimiento : 2 500 kg/ha, característica del grano : amiláceo (Pérez, 2010).

El microorganismo *Azospirillum brasilense* se adquirió del Proyecto de Investigación de bacterias promotoras de crecimiento (PGPR)-UNSCH-FOCAM. y *Trichoderma harzianum* fueron adquiridos de la Institución de SENASA.

La preparación, medición y evaluación de los materiales biológicos se realizó en el laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Escuela Profesional de Agronomía- UNSCH ubicado en el campus de la ciudad universitaria, situada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho a una altitud de 2790 msnm. Los inoculantes *Azospirillum brasilense* fueron proporcionados por Laboratorio de Fruticultura y Post Cosecha de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), a través

del Proyecto de Investigación de bacterias promotoras de crecimiento (PGPR)-UNSCH-FOCAM.

2.3. Análisis físico y químico del suelo del campo experimental.

El suelo del campo experimental en la campaña anterior fue cultivado con maíz con abonamiento orgánico. Para el análisis del suelo se realizó el muestreo empleando el método convencional a una profundidad de 20 cm. La muestra representativa fue analizada en el Laboratorio de Aguas y Suelos del INIA – Ayacucho, los resultados se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Características físicas y químicas del suelo del campo experimental

Componente	Contenido	Interpretación según INIA – Ayacucho
pH (1:2)	8.05	Moderadamente alcalino
CE (ds/m)	1.93	Muy ligeramente salino
Materia orgánica (%)	0.337	Bajo
N-total (%)	0.10	Medio
P-disponible (ppm)	29.33	Alto
K-disponible (ppm)	343.00	Alto
Arena	35.30	
Limo	36.00	
Arcilla	28.70	
Clase textural		Franco Arcilloso

Nota: Laboratorio de Aguas y Suelos de INIA – Ayacucho

El análisis de suelo muestra que el contenido de nitrógeno es medio, fósforo y potasio alto, la materia orgánica es baja. La textura es Franco Arcilloso, el cual es adecuado para el cultivo de Kiwicha. También muestra un pH moderadamente alcalino.

2.4. Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos pertenecen a la Estación Meteorológica INIA-Ayacucho, colindante al área donde se realizó el trabajo de investigación, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga a una altitud de 2735 msnm

En la figura 2.1 se presenta la precipitación, temperatura máxima, mínima y media de los meses de julio del 2021 hasta junio del 2022. La precipitación total anual fue de 469.8mm.

De acuerdo al balance hídrico realizado por el método propuesto por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), existe exceso de agua solo los meses de enero, febrero y marzo y la escasez hídrica durante 9 meses, por tal razón se utilizó el sistema de riego por goteo para mantener el suelo a capacidad de campo y no generar estrés hídrico al cultivo.

El periodo vegetativo del cultivo es de octubre del 2021 a marzo del 2022, donde la temperatura máxima, mínima y media promedio fue de 24.6 °C, 11.1°C y 17.9°C respectivamente.

2.5. Variables evaluadas

2.5.1. Variables independientes

Variedades de kiwicha (V)

v1: Oscar Blanco

v2: La Frondosa

***Trichoderma harzianum* (B)**

b1: Con *Trichoderma harzianum*

b2: Sin *Trichoderma harzianum*

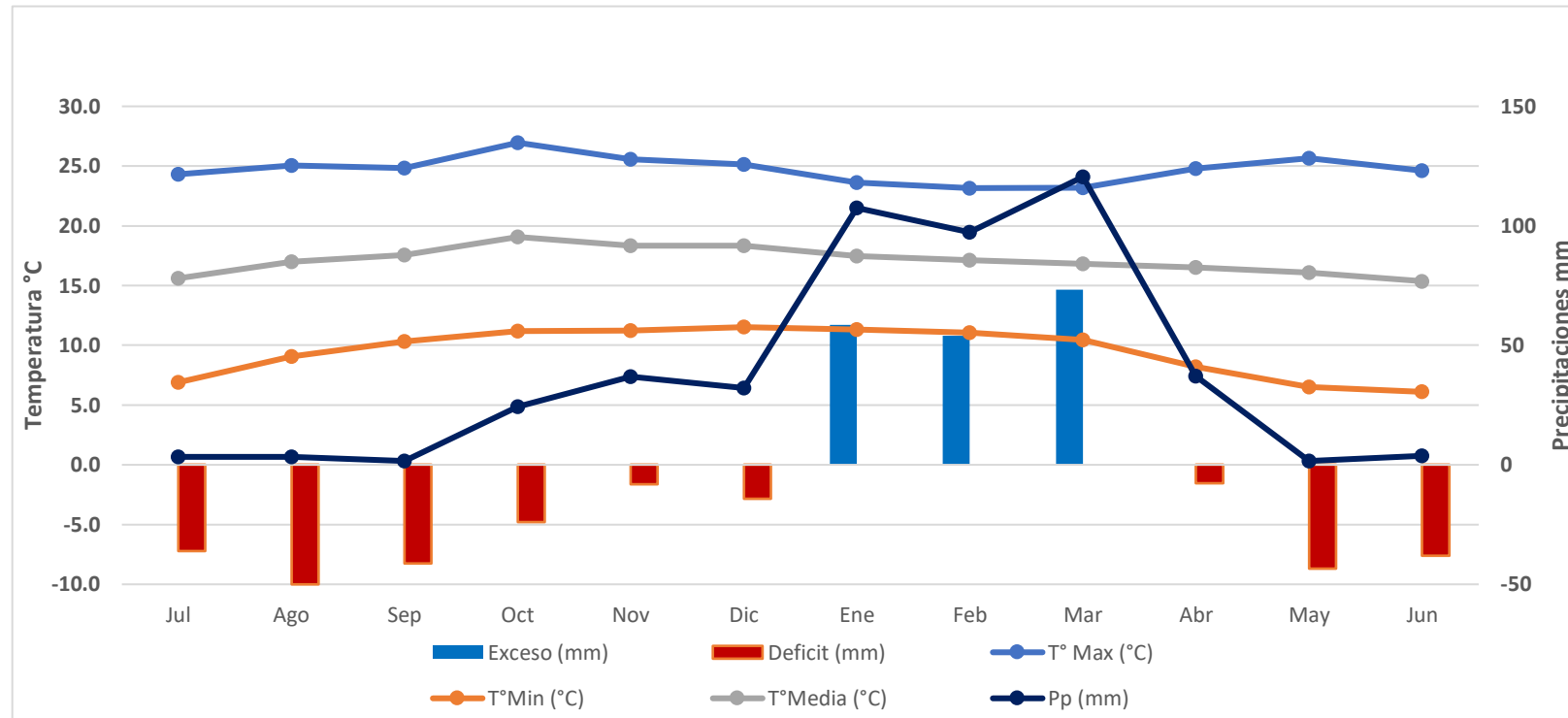
***Azospirillum brasilense* (C)**

c1: Con *Azospirillum brasilense*

c2: Sin *Azospirillum brasilense*

Figura 2.1

Diagrama ombrotérmico, temperatura, precipitación y balance hídrico. Estación Meteorológica del INIA, Ayacucho.



2.5.2. Variables dependientes

Se exponen en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2

Variables e indicadores

Variables	Indicadores	Estado / Unidad	Medida
Crecimiento	Altura de planta	Cm	Numérica
	Longitud de panoja	Cm	Numérica
	Diámetro de tallo	Mm	Numérica
Rendimiento	Peso de panoja	g/planta	Numérica
	Rendimiento de grano	tn/ha	Numérica
Desarrollo de la raíz	Peso de raíz	g/planta	Numérica
	Longitud de raíz	Cm	Numérica
	Volumen de raíz	cm ³ / planta	Numérica
	Diámetro de raíz	Mm	Numérica
	Nº de ramificaciones	Unidad	Numérica

2.6. Descripción de los tratamientos

Los 8 tratamientos considerando las variables independientes (factores) variedad (dos variedades), *Trichoderma harzianum* (dos niveles) y *Azospirillum brasilense* (dos niveles) de acuerdo al diseño parcelas divididas (Cochran & Cox, 1990), donde las parcelas fueron asignadas a las variedades de kiwicha y las subparcelas a la combinación de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense*. Estos tratamientos se pueden apreciar en la tabla 2.3.

Tabla 2.3

Tratamientos aplicados

Tratamiento	Variedad de kiwicha	<i>T. harzianum</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>
T1	Oscar Blanco	0	0
T2	Oscar Blanco	0	1
T3	Oscar Blanco	1	0
T4	Oscar Blanco	1	1
T5	La Frondosa	0	0
T6	La Frondosa	0	1
T7	La Frondosa	1	0
T8	La Frondosa	1	1

0 “Sin microorganismo”, 1 “Con microorganismo”

2.7. Diseño experimental

El experimento se condujo en el Diseño Bloques Completamente Randomizado (DBCR) y distribuido de acuerdo al Diseño de Parcelas Divididas, con un arreglo factorial de 2 variedades de kiwicha por 2 niveles de *T. harzianum* por 2 niveles *Azospirillum brasilense* con 3 bloques (repeticiones) constituyendo un total de 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ik} + \delta_j + \rho_k + (\alpha\delta)_{ij} + (\alpha\rho)_{ik} + (\delta\rho)_{jk} + (\alpha\delta\rho)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

μ : Efecto de la media

β_k : Efecto del k-ésimo bloque.

α_i : Efecto de la i-ésima variedad de kiwicha en la parcela.

$(\alpha\beta)_{ik}$: Es el error experimental de la parcela

δ_j : Efecto del j-ésimo nivel de *T. harzianum*.

ρ_k : Efecto del k-ésimo nivel de *A. brasilense*

$(\alpha\delta)_{ij}$: Efecto de la interacción de la variedad y *T. harzianum*.

$(\alpha\rho)_{ik}$: Efecto de la interacción de la variedad y *A. brasilense*

$(\delta\rho)_{jk}$: Efecto de la interacción de *T. harzianum* y *A. brasilense*

$(\alpha\delta\rho)_{ijk}$: Efecto de la interacción de la variedad, *T. harzianum* y *A. brasilense*

ε_{ijkl} : Error experimental de la parcela.

$i = 1, 2$ variedad de kiwicha.

$j = 1, 2$ niveles de *T. harzianum*

$k = 1, 2$ niveles de *A. brasilense*

$l = 1, 2, 3$ repeticiones (bloques)

El análisis estadístico se realizó en base a análisis de variancia, pruebas de contraste, considerando la metodología del Diseño Parcelas Divididas y la forma usual del Diseño Bloques Completamente Randomizado.

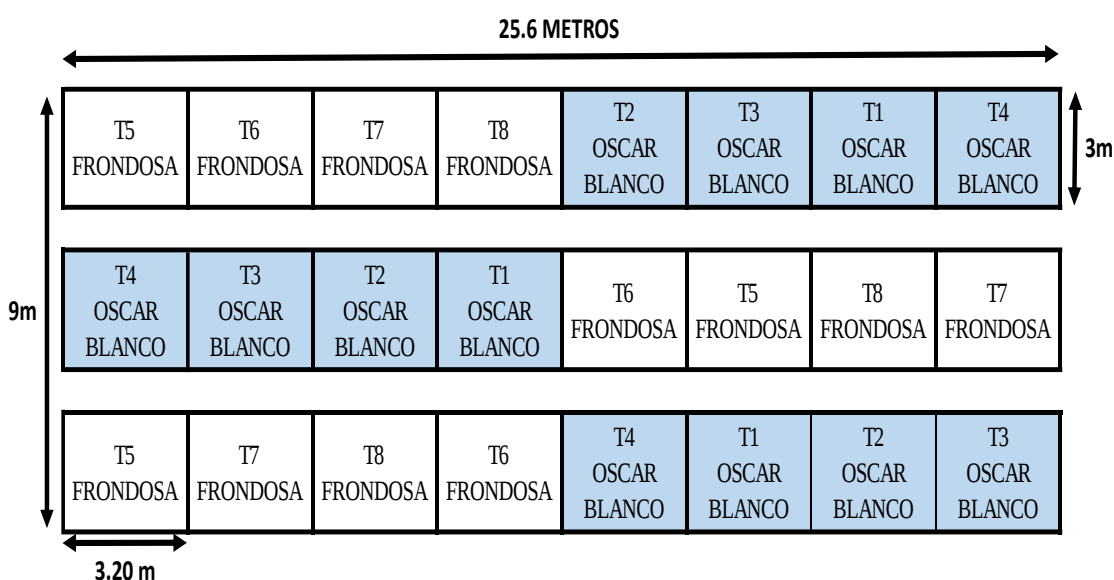
2.8. Descripción del campo experimental

El experimento se realizó en el campo del centro experimental de Canaán-UNSCH, en el suelo se roturó con tractor agrícola, teniendo una capa arable de 20 cm y una pendiente de 1.5-2.0 %.

- Número de bloques :3
- Largo de bloque : 25.6 m
- Ancho de bloque : 3 m
- Área de bloque : 76.8 m²
- Número de parcelas por bloque : 8
- Número total de parcelas : 24
- Área total del campo experimental : 230.4 m²

Figura 2.2

Esquema del campo de cultivo



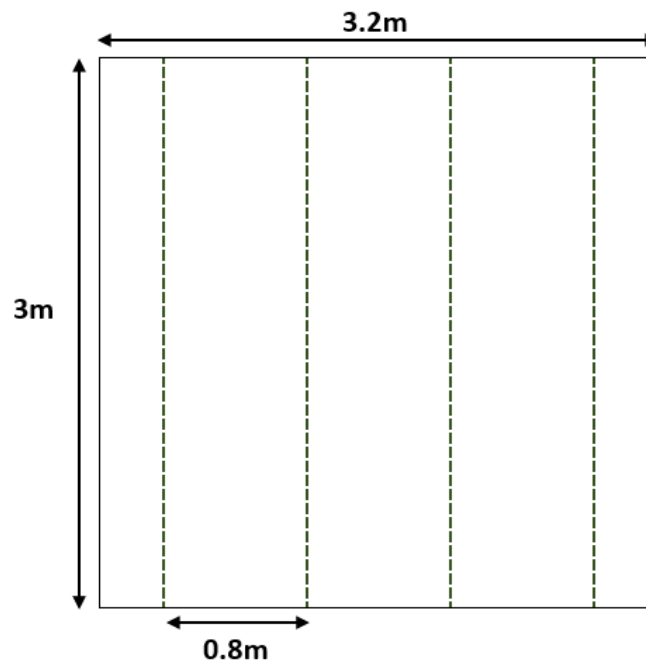
Características de la unidad experimental

La unidad experimental fue una subparcela de cultivo de Kiwicha de la variedad INIA 442 La Frondosa o variedad Oscar Blanco, esta consistió de 4 surcos de 3 m de largo y 0.80 m entre surcos, haciendo un área de parcela de 9.6 m².

- Ancho : 3.20m
- Largo : 3.00 m
- Área : 9.6 m²
- Numero de surcos : 4

Figura 2.3

Croquis de la unidad experimental



2.9. Proceso de instalación y conducción del experimento

El campo de cultivo se condujo en base a las labores agronómicas del cultivo de Kiwicha: Preparación del terreno, tratamiento de semilla, siembra, fertilización (abonamiento orgánico de fondo), riegos, control de malezas, desahije o entresaque, aporque, control de plagas y enfermedades.

2.9.1. Limpieza de terreno

Esta actividad consistió en la eliminación de restos de cosecha anterior, piedras, rastrojos de maleza, con el propósito de que el campo experimental quede limpio y así se facilite la labor de arado, esta actividad se realizó el 13 de agosto de 2021.

2.9.2. Preparación de terreno

La remoción y surcado del suelo se realizó el 13 de agosto de 2021, con un tractor agrícola a una profundidad de 20 cm y posteriormente se realizó de forma manual el desterronado, mullido, surcado y nivelado del terreno, utilizando picos rastrillos con la finalidad de proveer a la semilla las condiciones más óptimas para su crecimiento y desarrollo.

2.9.3. Estacado y demarcación del terreno

La actividad se realizó tomando en cuenta el croquis del experimento en el cual se utilizó cordel, wincha, cal y estacas con los cuales se procedió a demarcar y fijar las estacas a las parcelas, calles y bloques, esta labor se realizó el 18 de agosto del 2021.

2.9.4. Inoculantes biológicos y fertilización

El producto denominado TRICHOTSEN a base de hongo *Trichoderma harzianum* se adquirió de la institución pública SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA DEL PERU (**SENASA**) de acuerdo a su composición posee una concentración de 3.2×10^9 conidios/g, el producto se encuentra envasado en sustrato de arroz inerte en un empaque plastificado de 800 gr. De acuerdo a las recomendaciones del especialista se utilizó una dosis de 2600 gr/ha de producto para 10 kg/ha de semilla de Kiwicha y 2 tn/ha de abono Mallki. La preparación se realizó antes a la siembra en el cual se mezcló el inoculante con materia orgánica a base de abono Mallki el cual se humedeció a capacidad de campo, se almaceno bajo sombra por 4 días para permitir la esporulación de los conidios y después se realizó la inoculación en los tratamientos correspondientes en campo definitivo. Se realizó este trabajo el 15 de agosto de 2021 utilizando 60 gramos de inoculante *Trichoderma harzianum* y 23.04 kg de abono Mallki para los tratamientos.

El 17 de agosto de 2021 en el laboratorio de Fruticultura y Post Cosecha de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), se inoculó a las semillas de Kiwicha con la bacteria *Azospirillum brasilense* (concentración de 1.0×10^8 UFC/g o ml.) tanto a la variedad de Frondosa y Oscar Blanco a través del método de inoculación de peletización, utilizando 300 gr de inoculante por hectárea para una densidad de siembra de grano de Kiwicha de 10 kg/ha. Se tiene 115.2 m² de campo experimental en el que se utilizó la mezcla de inoculante líquido (4ml) y sólido (4 gramos) de *Azospirillum brasilense*, 10 ml solución adhesiva de goma arábiga, 120 gr dolomita finamente molida como cobertura para la semilla peletizada de Kiwicha.

Se utilizó el producto comercial Mallki como abono de fondo para aumentar la cantidad de materia orgánica y mejora calidad del suelo, requiriendo 23.04 kilos para 115.2 m² que es el área campo utilizada en la investigación con tratamientos de *Trichoderma harzianum* y *Azospirillum brasilense*. La dosis utilizada de este abono para el presente es de 2 toneladas/hectárea como indica la ficha técnica de dosificación para cultivos anuales.

Abono Mallki: Es un abono mejorador de suelos 100% natural, producido a partir de la degradación de residuos sólidos de crianza de aves, restos vegetales y otros componentes orgánicos. Es un producto de impurezas que ayuda a incrementar la retención de agua, aporta microorganismos benéficos al suelo, e incrementa la capacidad de intercambio catiónico, resalta la riqueza de microelementos indispensables de los procesos fisiológicos del cultivo y el aporte de extractos húmicos característicos de una materia

orgánica de alto estándar, además indica que la dosis en cultivos anuales y hortalizas 2-8 t/ ha. Producción de frutales 3- 40 kg/ planta (dependiendo de la edad y densidad del cultivo). (Mallki, 2017).

Tabla 2.5

Características físicas, químicas del abono Mallki

Macronutrientes	Nitrógeno	N	1.2 - 2.5 %
	Fósforo	P ₂ O ₅	1.0 - 2.0 %
	Potasio	K ₂ O	2.1 - 3.5 %
	Calcio	CaO	3.0 - 3.5%
	Magnesio	MgO	0.8 - 1.2 %
Micronutrientes	Manganeso	Mn	500 - 650 pmm
	Boro	B	70 - 100 pmm
	Zinc	Zn	400 - 600 pmm
	Cobre	Cu	65 - 90 pmm
	Hierro	Fe	3500 - 8500 pmm
Extractos Húmicos	Ácidos fúlvicos	%	0.2 – 10
	Ácidos húmicos	%	0.2 – 8
Características químicas	pH		7.7 - 8.39
	Humedad	%	18 - 21
	Conductibilidad eléctrica	dS/m	9.1 - 12.5
	Relación C/N		11 - 14.5
	Materia orgánica	%	25 – 45

Nota. (Mallki 2017). <https://mallki.pe/industria>

2.9.5. Siembra

La siembra se realizó el 19 de agosto de 2021 de forma manual, a chorro continuo en surcos de 0.80m en todas las unidades experimentales a una densidad de 10kg.ha⁻¹ de semilla de Kiwicha, luego se procedió a cubrir una capa superficial de suelo a las semillas. Inmediatamente culminada la siembra se aplicó el riego por goteo en todo el campo experimental.

2.9.6. Riego

El riego se manejó de acuerdo a la necesidad hídrica de la planta y también dependía de las condiciones edafoclimáticas del suelo, siendo la tecnología de riego por goteo utilizada que fue importante para propiciar una adecuada germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo de la planta. También el riego fue importante para propiciar la sobrevivencia y multiplicación de los microorganismos de la investigación que son *T. harzianum* y *Azospirillum brasilense*.

Las precipitaciones también aportaron agua al suelo, manteniendo una humedad a capacidad de campo que ayudaron a mejorar el crecimiento y desarrollo del cultivo.

2.9.7. Desahije o raleo de plantas

El raleo se realizó el 06 de octubre del 2021 a los 48 días después de la simbra DDS, con la finalidad de evitar la competencia por nutrientes, agua, luz, asimismo para brindar un espacio necesario para el buen desarrollo de la planta. En esta actividad se eliminaron plantas débiles, delgadas, enfermas, muy pequeñas; dejando entre 10 a 14 plantas por cada metro lineal y además se quitó malezas como el Atajo (*Amaranthus Caudatus*), el cual es similar a la Kiwicha.

2.9.8. Apoque y control de malezas

El aporque se realizó de forma manual utilizando azadón el 09 de octubre del 2021 a los 51 días DDS, teniendo en consideración el inicio de panojamiento cuya altura de planta oscila entre 30-40 cm, con el fin de brindar un mayor anclaje de las plantas al suelo, oxigenar el suelo. En dicha actividad se aprovecha para eliminar las malezas existentes a fin de evitar la competencia por nutrientes, luz y agua.

El deshierbe se realizó 3 veces en la campaña agrícola siendo realizadas estas actividades el 14 de setiembre, 09 de octubre y 12 de noviembre de 2021.

2.9.9. Control fitosanitario

Se asperjó con una mochila de capacidad de 20 L para disminuir la incidencia de la plaga diabrotica (*Dibrótica virídula*), el cual causa daños a nivel de hojas y brotes de la planta, ocasionando daños que reducen el área fotosintética, a través de una fumigadora se asperjo en dos ocasiones siendo las fechas el 8 de octubre y el 14 de noviembre del 2021, utilizando como producto químico el CYPERKLIN 25 CE (cypermetrina).

2.9.10. Cosecha

La cosecha de panojas de Kiwicha se realizaron en horas de la mañana para evitar el desgrane de panoja, en 3 días consecutivas por bloques, siendo el bloque I cosechado el 27 de enero del 2022, la segunda cosecha del bloque II se realizó el 28 de enero del 2022 y por último el bloque III se cosecho el 29 de enero del 2022. Esta labor se realizó de forma manual con la herramienta denominada hoz, mantones y costales con etiquetas de identificación de acuerdo al experimento planteado.

El secado de las panojas se realizó sobre mantones en un ambiente bajo techo y protegido de roedores, al culminar el secado se procedió a la trilla, venteo y recolección de muestras de acuerdo a los tratamientos que indica el presente estudio de investigación.

2.10. Parámetros evaluados

2.10.1. Peso de raíz (gr)

Se evaluó 6 muestras de raíz por tratamiento, se extrajo del suelo con mucho cuidado con un pico o pala, después se realizó la limpieza de la raíz e inmediatamente se etiquetó para ser pesado en una balanza analítica el mismo día de recolección de muestra.

2.10.2. Longitud de raíz (cm)

Se evaluó las mismas raíces obtenidas para el peso de raíz, para esta medición se tendió la raíz sobre una superficie plana y se procedió a medir desde el cuello de la raíz hasta la parte apical de la raíz principal con un flexómetro en la unidad de cm.

Después de realizar la medición de longitud y peso de raíz se procedió a determinar el volumen de raíz (cm³), utilizando una probeta con agua realizando la siguiente operación para cada muestra por unidad experimental:

- Agregar agua a una probeta graduada hasta cierto volumen (V₁)
- Sumergir por completo la raíz en la probeta.
- Tomar lectura el nuevo volumen en la probeta (V₂)
- Realizar cálculos matemáticos para obtener el volumen de la raíz (V_F)

$$V_F = V_2 - V_1$$

2.10.3. Diámetro de raíz (mm)

La medición de este variable se realizó extrayendo la planta del suelo utilizando el equipo de Vernier a nivel de cuello de la raíz en la unidad de mm. Esta operación se repitió a nivel de los tratamientos en las unidades experimentales tomando las mismas muestras anteriormente evaluados.

2.10.4. Número de ramificaciones de raíz

La evaluación consistió en contabilizar las raíces secundarias en las muestras que obtuvieron en la unidad experimental.

2.10.5. Altura de planta (cm)

La evaluación de altura de planta se realizó eligiendo al azar 6 plantas por tratamiento durante la madurez fisiología del cultivo. Esta evaluación se usó un flexómetro en Cm con el cual se midió desde la base de cuello de la planta hasta el ápice de la panoja, registrándose este valor en cm.

2.10.6. Longitud de panoja (cm)

Para esta evaluación se utilizó al azar 6 plantas por cada tratamiento durante la madurez fisiológica. Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la planta, con la ayuda de un flexómetro.

2.10.7. Diámetro de tallo (mm)

Para determinar el diámetro de tallo de las plantas elegidas por tratamiento se utilizó el equipo de Vernier. Se midió desde la parte basal del tallo, esta medición se realizó inmediatamente después de la cosecha de la muestra.

2.10.8. Peso de panoja (gr)

El peso de panoja se determinó por cada tratamiento en el cual se cortó la panoja de la planta y se trasladó a un ambiente protegido debidamente etiquetada e identificada y de esta forma se realizó el pesado en una balanza analítica.

2.10.9. Rendimiento de grano de Kiwicha (tn/ha)

Para la obtención del rendimiento de grano se realizó la trilla, venteo de forma manual separando así los granos de Kiwicha en bolsas debidamente etiquetadas e identificadas por cada unidad experimental, estas muestras se realizaron el pesado en una balanza analítica en gr, previa a esta actividad se tomaron al azar 6 muestras por tratamiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Desarrollo y crecimiento de las plantas de Kiwicha (parte radicular)

3.1.1. Longitud de raíz

En la tabla 3.1 se tiene el análisis de variancia de la longitud de raíz de dos variedades de Kiwicha con *T. harzianum* y *A. brasilense*, no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), siendo el promedio general de 32.18 cm y un coeficiente de variación de 14.17 %.

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la longitud de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	11.676	5.838	0.28	0.7600
Tratamiento	7	104.633	14.948	0.73	0.6527
Variedad (V)	1	16.834	16.834	0.88	0.4481
Error (a)	2	38.433	19.216		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	2.600	2.600	0.13	0.7297

<i>A. brasilense</i> (A)	1	2.470	2.470	0.12	0.7363
V x T	1	53.104	53.104	2.55	0.1360
V x A	1	14.570	14.570	0.70	0.4189
T x A	1	2.870	2.870	0.14	0.7167
V x T x A	1	12.184	12.184	0.59	0.4587
Error (b)	12	249.478	20.790		
Total	23	404.220			
Promedio = 32.18		CV (%) = 14.17			

En la tabla 3.2. se muestra la prueba de Tukey de las longitudes de la raíz de dos variedades de Kiwicha inoculados con *T. harzianum* y *A. brasilense*, no se encontró diferencias entre tratamientos, sin embargo, se observó diferencias numéricas entre los promedios de cada tratamiento., donde la variedad Oscar Blanco con inoculación con dos microorganismos o solo un fueron superiores a los sin inoculación.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey de la longitud de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Longitud de la raíz (cm)	Tukey 0.05
T3	Oscar Blanco	1	1	36.30	A
T1	Oscar Blanco	1	0	33.37	A
T6	La Frondosa	0	1	33.10	A
T2	Oscar Blanco	0	1	31.93	A
T8	La Frondosa	0	0	31.90	A
T5	La Frondosa	1	0	31.70	A
T4	Oscar Blanco	0	0	30.47	A
T7	La Frondosa	1	1	28.67	A

Si bien los promedios de la longitud de raíz no se diferencian significativamente al nivel de 0.05, estos presentan valores entre 28.67 cm (La Frondosa – *T. harzianum* – *A. brasilense*) a 36.30 cm (Oscar Blanco – *T. harzianum* – *A. brasilense*), siendo que los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en cuanto a la longitud de raíz.

Ortiz (2017) menciona en la evaluación de *chenopodium quinoa* utilizando dos métodos de inoculación, semilla peletizada con *Trichoderma* sp. y via Drech suelo con

cepas de *Trichoderma spp.* se obtuvo en promedio una longitud de raíz 44.86 cm y 39.37 cm respectivamente, además el testigo tuvo 29.67 cm de longitud de raíz en promedio. Como se observa en la tabla 3.2 el promedio de longitud de raíz varía entre 28.67 a 36.30 cm en ambas variedades, evidenciado un efecto similar de *T. harzianum* en *chenopodium quinoa* como en *Amaranthus caudatus* L, debido a en que ambas especies se observó mayor longitud de la raíz.

Peñasco (2021) en su trabajo de investigación indica que la aplicación de los bioinsumos (*Azospirillum sp.*+ Vigortop plus, *Azospirillum sp. vigortop plus*) no tuvo efecto favorable en la longitud radicular y fue similar al testigo. El coeficiente de variación es de 12.30% valor que se considera confiable y aceptable para ensayos en campo. Como se puede apreciar en la tabla 3.2 en la variedad Frondosa la aplicación de *T. harzianum* y *A. brasilense* no tuvo efecto mayor en los demás tratamientos sin embargo en la variedad Oscar Blanco se diferencia una longitud de raíz notable a los demás tratamientos.

González *et al.* (2019) mencionan que algunas cepas de *T. harzianum* (Ta 85) actúan como estimulante de crecimiento mientras que otras (Ta 78) como biofertilizante e inducción de resistencia a patógenos.

Gutiérrez (2019) en su investigación encuentra que la longitud de raíz en el cultivo de maíz amiláceo blanco en condiciones de campo con el tratamiento HMA se tiene 25.9 cm ; *Azospirillum sp.* es 22.9 cm; como testigo reporta 19.4 cm y además reporta que el tratamiento con HMA+ *Azospirillum sp.* es de 18 cm, encontrando que si se aplica *Azospirillum sp.* y HMA en conjunto tiene un efecto negativo en el crecimiento de la raíz lo cual coincide en nuestra investigación con el tratamiento de la variedad La Frondosa y la aplicación de *T. harzianum* y *Azospirillum brasilense* en que se obtuvo la menor de longitud de raíces respecto a los demás tratamientos.

Morán (2007) determinó que la aplicación de *T. harzianum* puede aumentar el crecimiento radicular de un cultivo en comparación a uno sin tratamiento Los cultivos utilizados fueron: tomate chile, lechuga, pepino, maíz, brócoli y repollo

3.1.2. Diámetro de raíz

El análisis de variancia para el diámetro de raíz de la tabla 3.3, muestra que solo existe diferencia significativa en la fuente de variación variedad ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 13.92 % y el promedio general de 14.10 mm.

Tabla 3.3

Análisis de variancia del diámetro de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	4.801	2.400	0.62	0.5530
Tratamiento	7	59.050	8.436	2.44	0.0738
Variedad (V)	1	33.370	33.370	30.89	0.0309
Error (a)	2	2.161	1.080		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	5.134	5.134	1.33	0.2710
<i>A. brasilense</i> (A)	1	0.700	0.700	0.18	0.6775
V x T	1	3.604	3.604	0.93	0.3527
V x A	1	0.184	0.184	0.05	0.8308
T x A	1	9.754	9.754	2.53	0.1377
V x T x A	1	6.304	6.304	1.64	0.2252
Error (b)	12	46.258	3.855		
Total	23	112.270			
Promedio = 14.10		CV (%) = 13.92			

Harman (2006) refiere que *T. harzianum* estimula el crecimiento de la planta, en especial el sistema radicular. Recientemente se reportó que una cepa de *T. harzianum* contribuyó al crecimiento de la raíz en maíz y algunos pastos, haciéndolos más resistentes a la sequía.

Tabla 3.4

Prueba de Tukey del diámetro de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	<i>T. harzianum</i>	<i>A. brasilense</i>	Diámetro de raíz (mm)	Tukey 0.05
T1	Oscar Blanco	1	0	17.20	a
T2	Oscar Blanco	0	1	15.67	a B
T3	Oscar Blanco	1	1	15.07	a B
T6	La Frondosa	0	1	13.23	B
T4	Oscar Blanco	0	0	13.20	B
T7	La Frondosa	1	1	13.13	B
T5	La Frondosa	1	0	12.87	B
T8	La Frondosa	0	0	12.47	B

En la tabla 3.4. se muestra prueba de Tukey del diámetro de la raíz. Se observó que los promedios de los tratamientos varían de 12.47 cm a 17.20 cm para los tratamientos La Frondosa – sin *T. harzianum* – sin *A. brasilense* y Oscar Blanco – *T. harzianum* – sin *A. brasilense*, estos tratamientos tienen diferencias significativas.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey del diámetro de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	Diámetro de raíz (mm)	Tukey 0.05
Oscar Blanco	15.28	A
La Frondosa	12.93	B

En la tabla 3.5 se muestra la prueba de Tukey, se observó la diferencia del diámetro de raíz entre variedades, siendo de 15.28 cm para la variedad Oscar Blanco y 12.93 cm para la variedad La Frondosa.

Chiriboga *et al.* (2015) indican en su investigación que el *Trichoderma sp.* actúa contra una gran variedad de hongos fitopatógenos transmitidos por aire y suelo como lo son *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*; y patógenos formadores de esclerocios como *Sclerotinia* y *Sclerotium*. De esta forma favorece un adecuado desarrollo radicular en las plantas.

Estrada (2011), menciona que la kiwicha es exigente en nutrientes, extrayendo del suelo cantidades considerables de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; el déficit de nitrógeno se manifiesta con prontitud en las plantas, mostrando amarillamiento, retraso en el crecimiento, tallos débiles propensos al tumbado o encame.

3.1.3. Número de ramificaciones de raíz

El análisis de variancia para el número de ramificaciones de la tabla 3.6, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación tratamiento y variedad ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 25.40 %, con promedio general de 6.39.

Tabla 3.6

Análisis de variancia del número de ramificaciones de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
-------	----	----	----	---	---------

Bloque	2	8.863	4.432	1.81	0.2056
Tratamiento	7	42.283	6.040	2.83	0.0465
Variedad (V)	1	8.050	8.050	29.63	0.0321
Error (a)	2	0.543	0.272		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	10.534	10.534	4.30	0.0602
<i>A. brasilense</i> (A)	1	9.250	9.250	3.78	0.0757
V x T	1	7.370	7.370	3.01	0.1083
V x A	1	0.454	0.454	0.19	0.6745
T x A	1	5.704	5.704	2.33	0.1528
V x T x A	1	0.920	0.920	0.38	0.5512
Error (b)	12	29.380	2.448		
Total	23	81.070			
Promedio = 6.39		CV (%) = 25.40			

En la tabla 3.7 se muestra la prueba Tukey del número de ramificaciones para los tratamientos y en la tabla 3.8 la prueba de Tukey para las variedades de kiwicha.

Tabla 3.7

Prueba de Tukey del número de ramificaciones de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	<i>T.</i> <i>harzianum</i>	<i>A.</i> <i>brasilense</i>	Número de ramificaciones	Tukey 0.05		
T1	Oscar Blanco	1	0	9.27	a		
T3	Oscar Blanco	1	1	8.87	a	b	
T2	Oscar Blanco	0	1	7.80	a	b	C
T6	La Frondosa	0	1	7.63	a	b	C
T7	La Frondosa	1	1	7.27	a	b	C
T5	La Frondosa	1	0	6.33		b	C
T8	La Frondosa	0	0	5.53			C
T4	Oscar Blanco	0	0	5.47			C

El rango del número de ramificaciones varió de 5.47 a 9.27, siendo el mejor resultado para el tratamiento Oscar Blanco – *T. harzianum* – sin *A. brasilense*, este tratamiento se diferencia de los tratamientos de Oscar Blanco y la Frondosa sin microorganismos.

Tabla 3.8

Prueba de Tukey del número de ramificaciones de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	Número de ramificaciones	Tukey 0.05
Oscar Blanco	7.85	a
La Frondosa	6.69	B

En la tabla 3.8 se observa la diferencia del número de ramificaciones entre variedades se observa en la tabla 3.8, siendo de 7.89 para la variedad Oscar Blanco y 6.69 para la variedad La Frondosa.

Peñasco (2021) en su trabajo de investigación reporta que se evidencia un mayor número de raíces secundarias con la aplicación de los bioinsumos y Azospirillum, donde la Kiwichas aplicadas según tratamiento con Vigortop Plus, A. brasilense, A. brasilense + Vigortop Plus) y testigo (Sin nada). Con el uso de bioinsumos mostraron mayor desarrollo radicular en las raíces secundarias teniendo al Vigortop Plus con 8 raíces secundarias estadísticamente diferentes del testigo siendo del grupo, el tratamiento testigo T1 presento menor número con 4 raíces secundarias, la diferencia es debido a la aplicación de los bioinsumos que tienen fitohormonas, nutrientes y ácidos orgánicos que muestran ciertas propiedades microbiológicas estimulantes al desarrollo de las raíces secundarias lo que permite mayor absorción de agua, nutrientes y fortaleciendo al desarrollo de la planta.

Al igual Peñasco (2021) en su investigación los resultados coinciden con los de nuestra de investigación ya que se obtuvo menor números de raíces secundarias en los tratamientos sin aplicación de biofertilizantes.

Sumar (1993) indica que los Amaranthus son plantas anuales con una raíz pivotante, estando provista de numerosas raicillas secundarias y múltiples raicillas delgadas facilitando la absorción de nutrientes y agua del suelo.

3.1.4. Volumen de raíz

El análisis de variancia para el volumen de raíz de la tabla 3.9, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación tratamiento y variedad ($p < 0.05$). El coeficiente de variación fue de 31.08 %, con promedio general de 16.58 cm³.

Tabla 3.9

Análisis de variancia del volumen de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
-------	----	----	----	---	---------

Bloque	2	52.506	26.253	0.99	0.4006
Tratamiento	7	538.013	76.859	3.31	0.0270
Variedad (V)	1	390.427	390.427	122.66	0.0081
Error (a)	2	6.366	3.183		
T. harzianum (T)	1	2.160	2.160	0.08	0.7804
A. brasilense (A)	1	55.815	55.815	2.10	0.1728
V x T	1	4.860	4.860	0.18	0.6764
V x A	1	36.015	36.015	1.36	0.2669
T x A	1	48.735	48.735	1.83	0.2005
V x T x A	1	0.002	0.002	0.00	0.9938
Error (b)	12	318.748	26.562		
Total	23	915.633			
Promedio = 16.58		CV (%) = 31.08			

Tabla 3.10

Prueba de Tukey del volumen de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho. (cm³)

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Volumen de raíz (cm ³)	Tukey 0.05		
T2	Oscar Blanco	0	1	24.03	a		
T3	Oscar Blanco	1	1	22.70	a	b	
T1	Oscar Blanco	1	0	20.03	a	b	C
T4	Oscar Blanco	0	0	15.70	a	b	C
T6	La Frondosa	0	1	14.43		b	C
T5	La Frondosa	1	0	13.53		b	C
T7	La Frondosa	1	1	11.27			C
T8	La Frondosa	0	0	10.97			C

En la tabla 3.10 se observa que el rango del volumen de raíz varió de 10.97 a 24.03 cm³, siendo el mejor resultado para el tratamiento Oscar Blanco – sin *T. harzianum* + *A. brasilense*, este tratamiento no se diferencia de los tratamientos de Oscar Blanco con otras combinaciones de microorganismos, pero si tiene diferencia significativa con tratamientos de La Frondosa independientemente de los microorganismos.

Tabla 3.11

Prueba de Tukey del volumen de raíz en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	Volumen de raíz (cm ³)	Tukey 0.05
Oscar Blanco	20.62	A
La Frondosa	12.55	B

La diferencia del volumen de raíz entre variedades es evidente y se observa en la tabla 3.11, siendo de 20.62 cm³ para la variedad Oscar Blanco y 12.55 cm³ para la variedad La Frondosa.

Chiriboga (2015) indican que el *Thichoderma sp.* promueve el crecimiento de pelos absorbentes y raíces adventicias mejorando la nutrición y la absorción del agua. Como se muestra en la tabla 3.10 el volumen de raíz en la variedad de Oscar Blanco y Frondosa con el tratamiento de *T. harzianum* . son superiores al testigo.

Morán (2007) en su investigación concluye que con la aplicación de *T. harzianum* aumentó el volumen, largo, área superficial y diámetro a las raíces en todos los cultivos, coincidiendo con los resultados obtenidos en nuestra investigación

Domínguez *et al.* (2020) mencionan que la producción de reguladores vegetales es uno de los principales mecanismos, ya que altera el crecimiento de las plantas, modifica la morfología de las raíces y maximiza el uso del suelo. También en nuestra investigación se observó el incremento del volumen de la raíz con aplicación de biofertilizantes que fue detallado en la tabla 3.10, notando que la variedad Oscar Blanco presenta mayor afinidad con los biofertilizantes.

3.1.5. Peso de raíz

En la tabla 3.12 se encontró diferencia significativa del peso de raíz para la fuente de variación bloque. En las fuentes de variación de importancia para el estudio (tratamientos y su descomposición) no se encontraron diferencias significativas, el coeficiente de variación de 31.21 %, evidencia que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

Tabla 3.12

Análisis de variancia del peso de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.52024	0.26012	6.34	0.0132
Tratamiento	7	0.08894	0.01271	0.31	0.9357
Variedad (V)	1	0.01038	0.01038	0.25	0.6240
Error (a)	2	0.07842	0.03921	0.96	
<i>Trichoderma</i> (T)	1	0.00593	0.00593	0.14	0.7105
<i>Azospirillum</i> (A)	1	0.00120	0.00120	0.03	0.8670
V x T	1	0.00103	0.00103	0.03	0.8766
V x A	1	0.05561	0.05561	1.36	0.2668
T x A	1	0.01306	0.01306	0.32	0.5829
V x T x A	1	0.00173	0.00173	0.04	0.8406
Error (b)	12	0.49201	0.04100		
Total	23	1.17962			
Promedio = 27.74		CV = 31.21			

El rango de peso de raíz vario entre 19.92 a 36.58 gramos , sin diferencia significativa para todos los tratamientos(Tabla 3.13).

Tabla 3.13

Prueba de Tukey del peso de raíz con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Peso de raíz g	Tukey
T2	Oscar Blanco	0	1	36.58	A
T8	La Frondosa	0	0	34.00	A
T5	La Frondosa	1	0	32.67	A
T6	La Frondosa	0	1	27.83	A
T3	Oscar Blanco	1	1	26.50	A
T1	Oscar Blanco	1	0	22.69	A
T7	La Frondosa	1	1	21.75	A
T4	Oscar Blanco	0	0	19.92	A

Ortiz (2017), encontró que el peso fresco de biomasa radicular en plantas de quinua para el factor Método de inoculación (I), en donde se observa que la semilla inoculada tuvo mayor peso de biomasa radicular fresca, alcanzando 6.364 g en promedio; mientras el método Vía Drench suelo tuvo menor peso de biomasa radicular fresco con 5.472 g en promedio y en último lugar se ubica el testigo que solo tuvo 4.197 g en promedio de peso de biomasa radicular fresco. En nuestra investigación se obtuvo que

los tratamientos T7 y T3 (*Azospirillum sp.* + *Trichoderma sp.*), superan a los demás tratamientos.

Domínguez *et al.* (2020) indica que el *Azospirillum sp.* pueden secretar ácido abscísico y están relacionadas con el mecanismo y la defensa del estrés hídrico en las plantas además el control biológico puede deberse al parasitismo, la inducción de resistencia que actúan como antibióticos, fungicidas, antivirales y agentes inmunosupresores.

3.2. Crecimiento y desarrollo de las plantas de Kiwicha (parte aérea)

3.2.1. Altura de planta

La tabla 3.14 muestra el análisis de varianza de la altura de planta en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), siendo el promedio general de 92.83cm y coeficiente de variación de 10.42 %.

Tabla 3.14

Análisis de variancia de la altura de planta con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	216.030	108.015	1.15	0.3478
Tratamiento	7	909.718	129.960	0.96	0.4951
Variedad (V)	1	177.127	177.127	0.46	0.5684
Error (a)	2	773.523	386.762		
T. harzianum (T)	1	90.482	90.482	0.97	0.3448
A. brasilense (A)	1	291.207	291.207	3.11	0.1031
V x T	1	104.167	104.167	1.11	0.3121
V x A	1	42.135	42.135	0.45	0.5149
T x A	1	150.000	150.000	1.60	0.2294
V x T x A	1	54.602	54.602	0.58	0.4596
Error (b)	12	1122.593	93.549		
Total	23	3021.865			

Promedio = 92.83

CV (%) = 10.42

Ortiz (2017), en su investigación con el uso de *Trichoderma* en semilla peletizada y aplicación vía Drench al suelo indica que hubo diferencias en altura de planta por efecto del método de inoculación mostrando que el método de semilla peletizada tuvo mayor altura de plantas alcanzando la altura máxima de 128.50 cm y el método vía Drench tuvo una altura de planta con 117 cm, la menor altura se obtuvo en el tratamiento testigo con

107.00 cm de altura de planta. En cuanto a nuestra investigación se obtuvo un promedio de 92.83 cm de altura de planta.

En la tabla 3.15 se muestra la prueba de Tukey de la altura de planta, aunque no exista diferencia estadística significativa, existe diferencia numérica entre los tratamientos.

Tabla 3.15

Prueba de Tukey de la altura de planta con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho. (cm)

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Altura de planta (cm)	Tukey 0.05
T6	La Frondosa	0	1	105.37	a
T2	Oscar Blanco	0	1	96.13	a
T7	La Frondosa	1	1	95.33	a
T8	La Frondosa	0	0	93.77	a
T1	Oscar Blanco	1	0	92.10	a
T3	Oscar Blanco	1	1	88.40	a
T5	La Frondosa	1	0	87.70	a
T4	Oscar Blanco	0	0	83.80	a

Peñasco (2021) en su tesis obtuvo como resultados, que con la aplicación de A. brasilense y Vigortop Plus, la altura de planta fue 51.64 cm, donde estadísticamente es distinto al los demás de los tratamientos, en plantas con aplicación A. brasilense con una altura de 47.91 cm, Vigortop Plus con altura de planta de 46.28 cm y el testigo con 41.94 cm de altura.

En nuestra investigación se observa para la variedad La Frondosa y Oscar Blanco con la aplicación de A. *brasilense* se obtuvo la mayor altura de planta con 105.4 y 96.1 cm respectivamente (0.05) lo cual según Pérez (2010) el eco tipo de Oscar Blanco y La Frondosa posee una altura de promedio 0.90 hasta 1.40 m, lo cual indicaría que las alturas de las plantas con este tratamiento se consideran dentro del promedio establecido.

Lonazco (2022), en su investigación sobre Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum sp.* en el rendimiento y calidad de eco tipos de Tarwi encuentra que los rangos mínimos de la altura de planta oscilan entre 1.62 a 1.68 m.

Domínguez *et al.* (2020) indica que el *Asospirillum sp.* tiene la acción de reducir del nitrato (NO_3^-) en las raíces, promoviendo el crecimiento vegetal debido al menor gasto de energía en la reducción de nitrato a amoníaco también estas bacterias pueden influir en la actividad de glutamina sintetasa el cual es extremadamente importante en el proceso de incorporación del nitrógeno al suelo.

3.2.2. Diámetro de tallo

La tabla 3.16 presenta el análisis de varianza del diámetro de tallo en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), encontrando el promedio general de 14.09 mm y un coeficiente de variación de 14.06 %.

Tabla 3.16

Análisis de variancia del diámetro de tallo con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	1.066	0.533	0.14	0.8744
Tratamiento	7	42.138	6.020	1.68	0.1930
Variedad (V)	1	25.627	25.627	17.02	0.0540
Error (a)	2	3.011	1.505		
T. harzianum (T)	1	1.927	1.927	0.49	0.4969
A. brasilense (A)	1	5.607	5.607	1.43	0.2551
V x T	1	0.602	0.602	0.15	0.7023
V x A	1	0.015	0.015	0.00	0.9517
T x A	1	6.202	6.202	1.58	0.2327
V x T x A	1	2.160	2.160	0.55	0.4725
Error (b)	12	47.103	3.925		
Total	23	93.318			
Promedio = 14.09mm		CV (%) = 14.06			

Tabla 3.17

Prueba de Tukey del diámetro de tallo con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Diámetro de tallo (mm)	Tukey 0.05
T2	Oscar Blanco	0	1	16.00	a

T1	Oscar Blanco	1	0	15.87	a
T3	Oscar Blanco	1	1	15.27	a
T6	La Frondosa	0	1	13.60	a
T7	La Frondosa	1	1	13.43	a
T4	Oscar Blanco	0	0	13.37	a
T5	La Frondosa	1	0	12.93	a
T8	La Frondosa	0	0	12.27	a

Ortiz (2017), obtuvo que el uso de *Trichoderma* de acuerdo a su forma de aplicación ya sea en semilla peletizada o via drench el diámetro de tallo es de 9.62 mm en promedio y 9.03 mm en promedio respectivamente y el diámetro menor se obtuvo el testigo con 8.54 mm en promedio.

En nuestra investigación notamos que no hay diferencia significativa, sin embargo, existe una diferencia numérica en el carácter diámetro del tallo en la fuente de variación variedad, por lo cual se presenta prueba de Tukey en la tabla 3.18.

Tabla 3.18

Prueba de Tukey del diámetro de tallo en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	Diámetro de tallo	Tukey 0.05
	mm	
Oscar Blanco	15.13	a
La Frondosa	13.06	b

Peñasco (2021) al realizar el estudio en una sola variedad de kiwicha, encontró que los bioinsumos aplicados tuvieron similar efecto que el testigo teniendo escasa diferencia de 0,69 mm con el T2- A. brasilense, donde estadísticamente no son diferentes.

3.2.3. Longitud de panoja

No se encontró diferencia significativa de la longitud de panoja entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), el promedio general fue de 51.93 cm y un coeficiente de variación de 13.65% (Tabla 3.19)

Tabla 3.19

Análisis de variancia de la longitud de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	16.451	8.225	0.16	0.8509
Tratamiento	7	1010.323	144.332	2.57	0.0627
Variedad (V)	1	867.604	867.604	9.54	0.0908
Error (a)	2	181.893	90.946		
T. harzianum (T)	1	1.170	1.170	0.02	0.8813
A. brasilense (A)	1	15.200	15.200	0.30	0.5925
V x T	1	25.834	25.834	0.51	0.4871
V x A	1	2.344	2.344	0.05	0.8327
T x A	1	93.220	93.220	1.85	0.1983
V x T x A	1	4.950	4.950	0.10	0.7590
Error (b)	12	603.163	50.264		
Total	23	1811.830			

Promedio = 51.93 cm CV (%) = 13.65

Tabla 3.20

Prueba de Tukey de la longitud de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Longitud de panoja (cm)	Tukey 0.05		
T6	La Frondosa	0	1	62.73	a		
T5	La Frondosa	1	0	58.00	a	b	
T8	La Frondosa	0	0	55.67	a	b	c
T7	La Frondosa	1	1	55.37	a	b	c
T1	Oscar Blanco	1	0	47.77		b	c
T2	Oscar Blanco	0	1	47.10		b	c
T3	Oscar Blanco	1	1	45.70		b	c
T4	Oscar Blanco	0	0	43.10			c

En la tabla 3.20 se presenta la prueba de Tukey de la longitud de panoja debido a que se observa una diferencia numérica en las longitudes de panoja, en el cual se puede observar que el tratamiento La Frondosa – sin *T. harzianum* – con *A. brasilense* presenta mayor resultado con 62.73cm respecto al tratamiento con Oscar Blanco – sin *T. harzianum* – sin *A. brasilense* con 43.10, este resultado podría ser debido a que se trata

de diferente variedad y que cada una presenta sus características morfológicas de inflorescencia.

Lonazco (2022), en su investigación sobre Co-inoculación con *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* en el rendimiento y calidad de ecotipos de Tarwi indica que el tratamiento de *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* evidencio una longitud de inflorescencia de 29.29 cm y además longitud promedio mínimo fue 19.3 cm de inflorescencia en tal sentido se muestra el efecto de los biofertilizantes en el Tarwi, en nuestra investigación el efecto de los biofertilizantes no es significativo estadísticamente en ambas variedades de Kiwicha.

Pérez (2010), indica que la longitud de panoja del ecotipo Oscar Blanco es de 50 cm y además el tipo de panoja es erecta. En comparación con los resultados obtenido en nuestra investigación, la longitud de panoja para la variedad Oscar Blanco es menor con 45.4 cm en promedio.

Guardia (2020) en su trabajo de investigación en diferentes variedades de kiwicha + bioestimulantes encontró que la panoja de la Kiwicha a los 120 días de ser sembrado alcanza en promedio de 42 a 52 cm de longitud. Coincidiendo con los valores obtenidos en nuestra investigación en los tratamientos con biofertilizante con 52.7 cm de longitud de panoja.

3.2.4. Peso de panoja

En la tabla 3.21 se muestra el análisis de varianza del peso de la panoja en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), encontrando el promedio general de 47.50 cm y un coeficiente de variación de 29.99% lo cual indica que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

Tabla 3.21

Análisis de variancia del peso de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	99.551	49.775	0.25	0.7863
Tratamiento	7	558.070	79.724	0.27	0.9557
Variedad (V)	1	67.670	67.670	0.08	0.8042
Error (a)	2	1697.191	848.595		
T. harzianum (T)	1	96.400	96.400	0.48	0.5037
A. brasilense (A)	1	78.120	78.120	0.39	0.5465
V x T	1	11.620	11.620	0.06	0.8149

V x A	1	3.154	3.154	0.02	0.9028
T x A	1	94.010	94.010	0.46	0.5090
V x T x A	1	207.094	207.094	1.02	0.3323
Error (b)	12	2434.658	202.888		
Total	23	4789.470			
Promedio = 47.50		CV (%) = 29.99			

Tabla 3.22

Prueba de Tukey del peso de panoja con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Peso de panoja g	%	Tukey 0.05
T7	La Frondosa	1	1	55.60	121.2	a
T3	Oscar Blanco	1	1	50.97	112.1	a
T2	Oscar Blanco	0	1	50.27	110.6	a
T1	Oscar Blanco	1	0	50.00	110.0	a
T8	La Frondosa	0	0	45.87	100.0	a
T4	Oscar Blanco	0	0	45.47	100.0	a
T5	La Frondosa	1	0	41.43	90.3	a
T6	La Frondosa	0	1	40.37	88.0	a

Hernández *et al.* (2019) menciona que diversas especies de este género *Azospirillum sp.* están asociadas con la rizósfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica, por lo que pueden promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante la producción de auxinas y giberelinas; también pueden producir ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, y cítrico) que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de fosfatos, magnesio, hierro y manganeso, los cuales son vitales para el metabolismo vegetal

Hernández *et al.* (2019), Las propiedades antagónicas de *Trichoderma* hacia hongos patógenos se basan en la activación de múltiples mecanismos que incluyen la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo, la antibiosis, la promoción del crecimiento vegetal, e inducción de respuestas de defensa vegetal. Durante el proceso de micoparasitismo, *Trichoderma* secreta enzimas que hidrolizan la pared celular de los hongos que parasita, siendo las más conocidas las proteasas, las quitinasas y las

glucanasas y provocan la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma. También inhiben la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo.

3.2.5. Rendimiento de grano de Kiwicha

En la tabla 3.23 se muestra el análisis de varianza del rendimiento de grano en el cual no se encontró diferencia significativa de este carácter entre las diferentes fuentes de variación ($p > 0.05$), encontrando el promedio general de 2429.50 kg.ha⁻¹ y un coeficiente de variación de 24.23% que evidencian que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

Tabla 3.23

Análisis de variancia del rendimiento de grano con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

F. V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	1	390000.3	390000.3	1.13	0.3296
Tratamiento	7	4987418.0	712488.3	1.76	0.2363
Variedad (V)	1	3317862.3	3317862.3	4.41	0.2828
Error (a)	1	751689.0	751689.0		
<i>T. harzianum</i> (T)	1	344569.0	344569.0	0.99	0.3572
<i>A. brasilense</i> (A)	1	800130.3	800130.3	2.31	0.1795
V x T	1	265740.3	265740.3	0.77	0.4149
V x A	1	77841.0	77841.0	0.22	0.6523
T x A	1	31506.3	31506.3	0.09	0.7732
V x T x A	1	149769.0	149769.0	0.43	0.5353
Error (b)	6	2079330.8	346555.1		
Total	15	8208438.0			
Promedio = 2429.50		CV (%) = 24.23			

En la tabla 3. 24 se muestra la Prueba de Tukey del rendimiento de grano se obtuvo que existe diferencia ente los tratamientos T3 (Oscar Blanco – con inoculante de *T. harzianum* + con *A. brasilense*) un rendimiento de 3455.5 kg.ha⁻¹y los tratamientos T5 (La Frondosa– con *T. harzianum* – sin *A. brasilense* y T8 (La Frondosa – sin *T. harzianum* – sin *A. brasilense*) con rendimientos de 1751 kg.ha⁻¹ y 1610.5 kg.ha⁻¹ respectivamente.

Tabla 3.24

Prueba de Tukey del rendimiento de grano con T. harzianum y A. brasilense en dos variedades de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Tratamiento	Variedad	T. <i>harzianum</i>	A. <i>brasilense</i>	Rendimiento kg/ha	%	Tukey 0.05
T3	Oscar Blanco	1	1	3455.5	133.1	a
T1	Oscar Blanco	1	0	2865.5	110.4	a b
T2	Oscar Blanco	0	1	2622.0	101.0	a b
T4	Oscar Blanco	0	0	2596.5	100.0	a b
T6	La Frondosa	0	1	2302.0	142.4	a b
T7	La Frondosa	1	1	2233.0	138.7	a b
T5	La Frondosa	1	0	1751.0	108.7	b
T8	La Frondosa	0	0	1610.5	100.0	b

El rendimiento de grano con aplicación de microorganismos muestra superioridad frente al testigo, fue posiblemente debido a que estos microorganismos ayudan a disolver nutrientes, producen fitohormonas, son antagónicas de patógenos, estimulando el desarrollo de la planta.

Ortiz (2017) en su investigación en el rendimiento de grano en kg.ha⁻¹ obtuvo que no existe diferencia estadística significativa para Método de inoculación peletizado de semillas con inoculante de *Trichoderma sp.* y aplicación de Drensh con *Trichoderma sp.* al suelo, donde se observa que el método Vía Drench suelo tuvo el mayor rendimiento de semillas, alcanzando 3289.85 kg/ha en promedio; mientras el método Semilla peletizada tuvo menor rendimiento de semillas con 3074.82 kg/ha en promedio; ambos métodos estadísticamente son similares, numéricamente diferentes. También se obtuvo el rendimiento del testigo que solo tuvo 1412.60 kg/ha en promedio.

Peñasco (2021) en el rendimiento de kiwicha con la aplicación de *Azospirillum* + *Vigortop plus* fue de 2402.50 kg.ha⁻¹, siendo el mayor respecto a los demás tratamientos y en el tratamiento testigo, obtuvo el menor rendimiento con 1860.00 kg.ha⁻¹.

En comparación a los resultados obtenidos por Ortiz (2017) y Peñasco (2021), en nuestra investigación coincidimos en que para la variedad Oscar Blanco con la aplicación de biofertilizantes si favoreció al incremento del rendimiento de grano y en la variedad

La Frondosa sin aplicación de biofertilizantes se observó menor rendimiento con 1610.5 kg.ha⁻¹.

En la presente investigación en la variedad Oscar Blanco se obtuvo un rendimiento promedio de 2884.875 kg.ha⁻¹ que es similar a lo mencionado por Pérez (2010) quien indica que el ecotipo Oscar Blanco tiene un rendimiento promedio de 2500 kg.ha⁻¹,

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten arribar a las siguientes conclusiones:

1. La variedad Oscar Blanco alcanzó un mayor rendimiento de grano con el tratamientos T3 (con inoculante de *T. harzianum* + con *A. brasilense*) siendo este de 3455.5 kg.ha⁻¹ y en la variedad la frondosa se obtuvo un mejor rendimiento en el tratamiento T6 (sin *T. harzianum* + *A. brasilense*), obteniéndose 2302 kg.ha⁻¹, mientras que en la variedad INIA 442- La Frondosa alcanzo un rendimiento de grano de 2233 kg.ha⁻¹ en el tratamientos T7 (con inoculante de *T. harzianum* + con *A. brasilense*).
2. En los indicadores evaluados en el desarrollo de raíz como: longitud de raíz, número de ramificaciones, diámetro de raíz, peso de raíz y volumen de raíz, la aplicación de los inoculantes tuvo mejor performance en comparación al testigo absoluto.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar bioinsumos *T. harzianum* y *A. brasilense* en la producción de Kiwicha (Oscar Blanco y La Frondosa), nos permite obtener rendimientos promedios mayores a los promedios reportados a nivel nacional, siendo estos bioinsumos una alternativa para cuidar el suelo y evitar el uso indiscriminado de fertilizantes y agroquímicos que degradan el ecosistema..
2. Se recomienda realizar estudios de bioinsumos a base *Trichoderma sp.* y *Azospirillum sp.* tanto en un ambiente contralado y campo definitivo que mejor se adecue al cultivo de Kiwicha y nos permita encontrar las cepas con mayor capacidad de reacción con el cultivo, en la parte aérea y radicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chiriboga, H., Gomez, G., & Garces, K. (2015). *Trichoderma spp. para el control biologico de enfermedades*. Paraguay: Instituto Interamericano de Cooperación de Cooperacion para la Agricultura(illca).
- Cochran, W., & Cox, G. (1990). *Diseños experimentales*. México: Trillas.
- Companioni González, B. D. (1 de diciembre de 2019). Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 237-248. México. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472019000400237&lng=es&tlng=es.
- Estrada Zuniga, R. (2011). *KIWICHA ALIMENTO NUESTRO PARA EL MUNDO*. Instituto Nacional de Innovacion Agraria-EEA Andenes Cusco, Cusco, Peru. Recuperado el 05 de 01 de 2024
- González-Marquetti, I. I.-M.-V.-R.-G.-P.-C. (2019). Efecto de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar BAT-304. *Protección Vegetal*, 34, 2. Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522019000200004&lng=es&tlng=es.
- Guardia Chapeton, V. T. (2020). “*cComparativo de rendimiento de tres variedades de Kiwicha(Amaranthus caudatus l.) por efecto de dos bioestimulantes. en la localidad de Marcara, Carhuaz-Ancash*. Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Gutierrez Contreras, B. (2019). *Biofertilizacion con los hongos micorrizicos arburculares y Azospirillum sp. en el rendimiento de maiz amilaceo(zea mays L.) en quinua a 3180 msnm-Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Harman, E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma spp.* *Phytopathology*. 190-194. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>
- Hernández, D. F. (2019). Trichoderma: Agricultural and biotechnological importance, and fermentation systems for producing biomass and enzymes of industrial *journal of agricultural & animal sciences*. Estado de México, México.
- Lonazco Palomino, k. M. (2022). *Co-inoculación con Bradyrhizobium y Azospirillum en el rendimiento y calidad de ecotipos de tarwi(Lupinus mutabilis Sweet); Llachoccmayo- Chiara, Ayacucho 2019*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho.
- Mallki. (03 de Noviembre de 2017). *Abonos organicos Mallki*. <https://abonomallki.com/>
- Moran Ruiz , F. S. (2007). *Efectividad del fraccionamiento de la dosis comercial 3×10^{11} UFC de TRICHOZAM(Trichoderma Harzianum) en el crecimiento de plantulas de 7 cultivos hoticolas*. Zamorano-ciencia en produccion agropecuaria, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0b31e681-11d3-452d-a6e4-772e3670546b/content>
- Ortiz Calcina, N. (2017). *Biofertilizacion con cepas de Trichoderma sp sobre el crecimiento y nutricion de quinua (chenopodium quinua wild) Var. Salcedo INIA en condiciones de invernadero*. Puno: Universidad Nacional Del Antiplano.
- Peñasco Vargas, F. (2021). *Evaluación participativa de la respuesta de bioinsumos en el rendimiento de Cañahua(Chenopodium pallidicuale allen) en el municipio de Jesus de Machaca*. Universidad Mayor de San Andres, la Paz.

- Perez Avila, A. (2010). *Cultivo de Kiwicha en la sierra central*. Instituto Nacional de Innovacion Agraria-INIA, Huancayo, Peru.
- Perez, V. (2016). *Incremento en el rendimiento del cultivo de Orégano, fertilizada con cepas de Azospirillum sp, bajo inverndaero*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Sumar, K. J. (1993). *"La Kiwicha": El Pequeño Gigante*. Lima, Perú.