

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**ASOCIACIÓN MAÍZ (*Zea mays*) Y FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris*) Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO
DE FORRAJE EN MOLINOPAMPA, AMAZONAS**

Autor: Bach. Diana Carina Mori Servan

Asesor: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Co-Asesora: Mg. Malluri Goñas Goñas

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Mori Servan Diana Carina
DNI N°: 70575481
Correo electrónico: 70575481@untrm.edu.pe
Facultad: Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional: Ingeniería Agrónoma

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes):
DNI N°:
Correo electrónico:
Facultad:
Escuela Profesional:

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Asociación maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) y su influencia sobre el rendimiento de forraje en Molinopampa, Amazonas

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Oliva Cruz Segundo Manuel
DNI, Pasaporte, C.E N°: 05374749
Open Research and Contributor-ORCID (https://orcid.org/0000-0002-9670-0970) 0000-0002-9670-0970

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: Goñas Goñas Malluri
DNI, Pasaporte, C.E N°: 70117311
Open Research and Contributor-ORCID (https://orcid.org/0000-0002-9670-0970) 0000-0002-4972-3467

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Inmunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
4.00.00 Ciencias agrícolas 4.01.00 Agricultura, Silvicultura, Pesquería

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la Licencia creative commons de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 14 / julio / 2023

Firma del autor 1
Firma del Asesor 1

Firma del autor 2
Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A mis padres, **Pablo Mori Cachay** y **Marleny Servan Cruz**, mis pilares en la vida, por su perseverancia y su amor incondicional.

A mi hermano, **Ángel Pablito**, por ser siempre mi compañía, mi fuerza y mi inspiración.

A **Eb**, por su tiempo compartido y por darme una nueva apreciación del significado de la vida.

Diana Carina Mori Servan

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno a **Dios**, por la vida y la fortaleza para lograr mis metas.

A **mi padre**, a **mi madre** y a **mi hermano**, por ser mi apoyo incondicional. Mi gratitud infinita y reconocimiento eterno a todo su esfuerzo y dedicación.

A mis asesores, **Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz** y **Mg. Malluri Goñas Goñas** por su guía y enseñanzas en la realización de este proyecto.

A **Ketty Lizeth** y a **Coralí**, mi compañera en este proceso, por su motivación y apoyo constante.

A mi casa superior de estudios la **Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas**, a la **Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias** y a la escuela profesional de **Ingeniería Agrónoma** por hacer posible mi formación profesional.

Al **Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES - CES)** y al proyecto **PROCICEA**.

A los docentes miembros del jurado **Ph.D. Ligia M. García Rosero**, **Dr. Jorge A. Condori Afpata** y **Ph.D. Santos T. Leiva Espinoza** por sus recomendaciones, tiempo y paciencia.

Mi gratitud a todos **mis familiares, compañeros (as) y amigos (as)**.

Diana Carina Mori Servan

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUÍÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Asociación maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) y su influencia sobre el rendimiento de forraje en Molinopampa, Amazonas; del egresado Diana Carina Mori Servan de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 13 de junio de 2023



Firma y nombre completo del Asesor
Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (x), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Asociación maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) y su influencia sobre el rendimiento de forraje en Molinopampa, Amazonas; del egresado Diana Carina Mori Servan de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

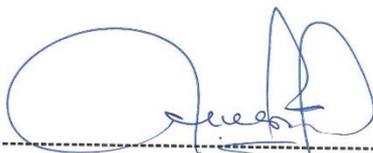


Chachapoyas, 13 de junio de 2023

Firma y nombre completo del Asesor

Mg. Malluri Goñas Goñas

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Ph.D. Santos Triunfo Leiva Espinoza

Presidente



Dr. Jorge Alberto Condori Afpata

Secretario



Ph.D. Ligia Magali García Rosero

Vocal



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Asociación maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) y su influencia sobre
el rendimiento de forraje en Malinopampa, Amazonas

presentada por el estudiante ()/egresado (x) Bach. Diana Carina Mori Servan
de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

con correo electrónico institucional 7057548161@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 03 de julio del 2023

Cl. A.
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....



ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de Julio del año 2023 siendo las 8:00 horas, el aspirante: Diana Corina Mori Servan, asesorado por Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Asociación maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) y su influencia sobre el rendimiento de forraje en Molinopampa, Amazonas, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ph.D. Santos T. Leiva Espinoza
Secretario: Dr. Jorge A. Condori Apata
Vocal: Ph.D. Ligia M. García Rosero



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 9:09 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....

ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE LA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNRTM	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	x
ÍNDICE	xi
INDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Ubicación del estudio	19
2.2. Población, muestra y muestreo	19
2.2.1. Población	19
2.2.2. Muestra	20
2.2.3. Muestreo	20
2.3. Variables	20
2.3.1 Variables independientes	20
2.3.2 Variables dependientes	20
2.3.3 Análisis de suelo	20
2.3.4 Tratamientos	21
2.3.5 Área distribución de parcelas experimentales	22
2.3.6 Diseño experimental	22
2.3.7 Instalación de las parcelas experimentales	22
2.3.8 Evaluación de las variables	23

2.4 Análisis de datos	25
2.4.1. Análisis estadístico.....	25
III. RESULTADOS	26
3.1 Características para variables que influyen en el rendimiento de forraje de tres variedades de maíz.....	26
3.2 Características para variables que influyen en el rendimiento de forraje de dos variedades de frijol	34
3.3 Interacción de maíz y frijol sobre el rendimiento del forraje	35
IV. DISCUSIÓN	38
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de estudio.....	21
Tabla 2. Tratamientos de la investigación	21
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta del maíz (cm).	26
Tabla 4. Análisis de varianza para la variable número de hojas de maíz.	27
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja de maíz (cm).	28
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable ancho de hoja de maíz (cm).	29
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de maíz (cm).	29
Tabla 8. Curva de crecimiento de altura de planta	31
Tabla 9. Curva de crecimiento del número de hojas	33
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable longitud de hojas de frijol (cm).	34
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable ancho de hojas de frijol (cm)	35
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable rendimiento en forraje verde (t/ha).	35
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable rendimiento en forraje seco (t/ha).	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio. Anexo de Ocol, distrito de Molinopampa, región Amazonas.	19
Figura 2. Distribución del área experimental	22
Figura 3. Altura de planta de maíz (cm). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.	27
Figura 4. Número de hojas de maíz. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.....	28
Figura 5. Diámetro del tallo de maíz (cm). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.	30
Figura 6. Curva de crecimiento de altura de planta	32
Figura 7. Curva de crecimiento del número de hojas.....	34
Figura 8. Rendimiento en forraje verde (t/ha). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.	36
Figura 9. Rendimiento en forraje seco (t/ha). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.	37
Figura 10. Área experimental	52
Figura 11. Semillas. a) Maíz (<i>Zea mays</i>) y b) frijol <i>phaseolus vulgaris</i>	52
Figura 12. Desarrollo del cultivo. a) Germinación, b) 45 días, c) 105 días d) 165 días, después de la siembra.	53

RESUMEN

El maíz es un cereal que destaca en su utilización para fines forrajeros y la base de otros alimentos derivados para la ganadería, su importancia radica en su alto contenido nutricional y su adaptación de diversos ambientes, asimismo, la asociación del cultivo de maíz con leguminosas influye en el incremento de la producción a comparación del monocultivo. En ese sentido la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la asociación maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) y su influencia sobre el rendimiento de forraje en Molinopampa, Amazonas. Para ello, se estableció un Diseño de Bloques Completamente al Azar con 11 tratamientos en 3 repeticiones, utilizando tres variedades de maíz forrajero, Chuska INIA, Marginal y Advanta y dos de frijol, Vidillo y Wasca. Se evaluaron cinco variables y se finalizó con la determinación del rendimiento de materia verde y seca de la asociación. La asociación de maíz Chuska INIA - frijol Vidillo, obtuvo los mayores valores para altura de planta, número de hojas, con 252.08 cm y 14.08 respectivamente; de igual forma la misma variedad de maíz destacó en cuanto a diámetro de tallo en cultivo sin asociación y en asociación; en rendimiento de materia verde destacó la asociación de maíz Chuska INIA - frijol Vidillo con 115.63 t/ha y en materia seca con 26.05 t/ha, seguido de la asociación de maíz Chuska INIA - frijol Wasca y maíz Marginal- frijol Vidillo.

Palabras claves: Asociación forrajera, Asociación gramínea-leguminosa, Forraje verde, Forraje seco.

ABSTRACT

Corn is a cereal that stands out in its use for forage purposes and the basis of other food derivatives for livestock. Its importance lies in its high nutritional content and its adaptation to different environments. Likewise, the association of corn cultivation with leguminous plants influences the increase in production compared to monoculture. In this sense, the aim of this research was to evaluate the association between corn (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*) and its influence on forage yield in Molinopampa, Amazonas. A Completely Randomized Block Design was established with 11 treatments in 3 replications, using three forage maize species (Chuska INIA, Marginaland Advanta) and two bean species (Vidillo and Wasca) and their respective control treatments. Five variables were evaluated and the green and dry matter yield of the association was determined. It turned out that the association of Chuska INIA maize - Vidillo bean, obtained the highest values for plant height, number of leaves, with 252.08 cm and 14.08 respectively. Similarly, the same maize variety stood out in terms of stalk diameter in cultivation alone and in association. In green matter yield, the association of Chuska INIA corn - Vidillo bean stood out with 115.63 t/ha, and in dry matter with 26.05 t/ha, followed by the association of Chuska INIA corn - Wasca bean and Marginalcorn - Vidillo bean.

Key words: Forage association, Grass-legume association, Dry forage, Green forage.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es considerado uno de los tres cultivos de cereales más importantes del mundo, junto con el trigo y el arroz (Kandil et al., 2020). Este cultivo es versátil con capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, además, tiene múltiples usos en la alimentación humana y animal, así como, en la industria para la producción de diversos productos, brindando beneficios tanto en términos de nutrición como de desarrollo económico (Suresh & Narmadha, 2021).

Stoltz & Nadeau (2014) resaltan que el maíz forrajero se caracteriza por su alto contenido de almidón, carbohidratos solubles en agua y fibra, convirtiéndolo en una fuente energética para rumiantes. Sin embargo, el forraje de maíz presenta un contenido pobre de proteína, lo que afecta su calidad y valor nutritivo (Uher et al. 2019). De ahí que, para mejorar tanto el rendimiento como la calidad del forraje, se ha sugerido la asociación de cereales y leguminosas en lugar de sus cultivos solitarios. Este enfoque de cultivo múltiple es considerado una de las mejores opciones para aumentar la productividad principalmente en áreas con baja capacidad de tenencia de tierras (Habte et al., 2016).

El frijol, una leguminosa ampliamente cultivada en todo el mundo por sus semillas comestibles, ha demostrado que en asociación con otros cultivos como el maíz y el sorgo incrementa el rendimiento de materia seca y proteína cruda de los forrajes en comparación con los monocultivos (Eskandari et al., 2009; Uher et al., 2017; Zou et al., 2021). El frijol contribuye a la fijación biológica de nitrógeno reduciendo la competencia de este elemento, mientras que el maíz proporciona soporte mediante sus tallos (Ibijbijen et al., 1996; Maingi et al., 2001; Torres-Calderón et al., 2018).

Estudios respaldan la importancia del sistema de asociado Leguminosae - Gramineae en la fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas, lo que reduce la dependencia de los cultivos de la fertilidad del suelo (Chamkhi et al., 2022; Zhang et al., 2010; Zou et al., 2021), debido a que el sistema asociado puede aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo, enriquecer elementos esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, y mejorar la absorción de fósforo por las raíces de las plantas (Dowling et al., 2021).

Estas interacciones sinérgicas resultan ser de mayor eficiencia biológica a comparación con los monocultivos, en aumento de la productividad, mejoras en la fertilidad del suelo y mayor resistencia a plagas y enfermedades (Lopes et al., 2016; Wang et al., 2015), lo que conlleva a beneficios tanto ecológicos como económicos, además de proporcionar

forraje de mayor calidad y valor nutritivo para el ganado (Jiménez-Calderón et al., 2018; Mugi-Ngenga et al., 2023; Uher et al., 2017).

Los sistemas de cultivo asociado suelen tener rendimientos más altos debido a una mayor eficiencia en el uso de recursos como agua, luz y nutrientes (Javanmard et al., 2020). A pesar de las ventajas de los cultivos en asociación, es importante gestionar adecuadamente la complementariedad espacial y temporal entre los cultivos para maximizar los beneficios. Javanmard et al., (2020) enfatiza la necesidad de una gestión cuidadosa para evitar la competencia entre especies y maximizar la sinergia. Duchene et al., (2017) también resaltan la importancia de considerar la competencia en los cultivos asociados para lograr resultados óptimos.

En la región Amazonas del Perú, una de las principales actividades de ingreso económico es la ganadería, que se ha ido incrementando notablemente con el paso de los años (INEI, 2012). Esta actividad es primordial en el ámbito rural por su importancia socioeconómica al estar vinculada directamente con el área agrícola mediante la producción de pastos y forrajes que van evolucionando en sus sistemas de cultivo con la finalidad de alcanzar mejores rendimientos de producción (MINAGRI, 2017). Sin embargo, factores como las condiciones climáticas, la baja fertilidad de los suelos, y el manejo que influyen en el establecimiento y mantenimiento de los pastos y forrajes. Además, en la región la deforestación y degradación de los suelos han deteriorado las pasturas, disminuyendo su capacidad productiva (Huamán, 2022).

Estos desafíos requieren medidas para mejorar la calidad y disponibilidad del forraje en la región nororiental de Perú. Es importante tener en cuenta que la gestión adecuada de la complementariedad entre especies y la competencia entre plantas es fundamental para maximizar los resultados en los cultivos asociados. Por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias de manejo que permitan aprovechar al máximo las sinergias entre el maíz y el frijol, evitando posibles efectos negativos en el rendimiento y la calidad del forraje.

En base a lo mencionado, el presente estudio tuvo como objetivo investigar la influencia del cultivo asociado de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el rendimiento de forraje en la localidad de Molinopampa, Amazonas. Se espera que este estudio contribuya a mejorar el conocimiento sobre esta asociación y proporcione información relevante para los agricultores locales, fomentando prácticas agrícolas más sostenibles y rentables.

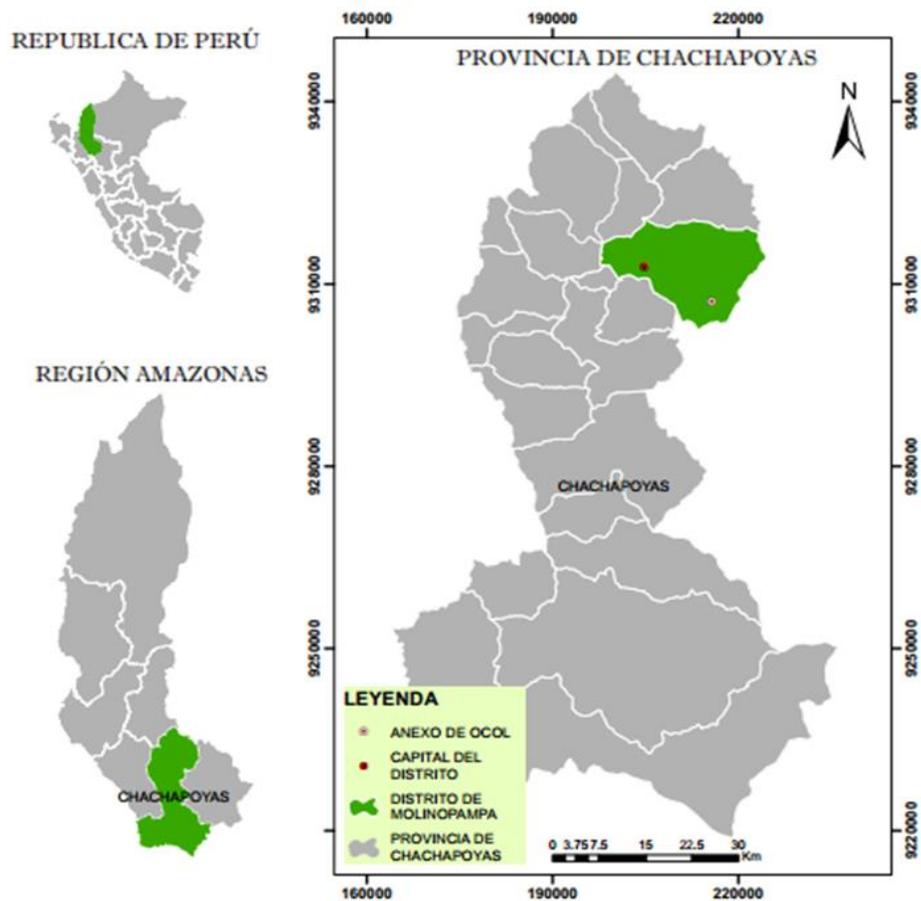
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del estudio

La investigación fue realizada en el anexo de Ocol, ubicado en las coordenadas geográficas 6°16'31" S; 77°33'59" O, con altitud de 2280 m.s.n.m, en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, región de Amazonas, en el norte del territorio peruano.

Figura 1

Ubicación del área de estudio. Anexo de Ocol, distrito de Molinopampa, región Amazonas.



2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población estuvo conformada por todas las plantas de la asociación maíz y frijol de 33 unidades experimentales cultivadas bajo las condiciones del anexo de Ocol, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, Amazonas.

2.2.2. Muestra

Se evaluó 4 plantas de maíz y frijol por cada unidad experimental teniendo en cuenta el efecto de borde para la mayor precisión de datos.

2.2.3. Muestreo

Para la evaluación de variables agronómicas se realizó muestreo no probabilístico a conveniencia, de modo que, se tomaron 4 plantas representativas de los surcos centrales de cada unidad experimental.

2.3. Variables

2.3.1 Variables independientes

- Maíz: MarginalM28T, Chuska INIA y Advanta
- Frijol: Vidillo y Wasca
- Asociación de maíz y frijol

2.3.2 Variables dependientes

- Número de hojas del maíz.
- Altura de planta del maíz (cm).
- Diámetro de tallo del maíz.
- Longitud de hoja (cm) maíz-frijol.
- Ancho de hoja (cm) maíz-frijol.
- Rendimiento en forraje verde (t/ha) maíz-frijol.
- Rendimiento en materia seca (t/ha) maíz-frijol.

2.3.3 Análisis de suelo

Previo a las labores culturales en el área de la investigación se realizó el muestreo de suelo con el método del zigzag, las muestras fueron recolectadas con ayuda de una palana a profundidad de 30 cm para conocer sus condiciones fisicoquímicas. Posteriormente las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Investigación de Suelos Aguas de la UNTRM para el análisis.

2.3.4 Tratamientos

Se utilizó 3 variedades de maíz (*Zea mays*) y 2 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Tabla 1

Factores de estudio

Factor	Descripción	Nivel del factor	
		Símbolo	Representa
A	Maíz	M-CH	Chuska INIA
		M-M28T	Marginal28T
		M-ADV	Advanta
B	Frijol	F-V	Frijol Vidillo
		F-W	Frijol Wasca

Tabla 2

Tratamientos de la investigación

Tratamiento	Factor A	Factor B	Interacciones	Descripción
1	M-CH	F-V	M-CH + F-V	Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo
2	M-CH	F-W	M-CH + F-W	Maíz Chuska INIA + frijol Wasca
3	M-CH	–	M-CH	Maíz Chuska INIA
4	M- M28T	F-V	M- M28T + F-V	Maíz Marginal28T + frijol Vidillo
5	M-M28T	F-W	M-M28T + F-W	Maíz Marginal28T + frijol Wasca
6	M-M28T	–	M-M28T	Maíz Marginal28T
7	M-ADV	F-V	M-ADV + F-V	Maíz Advanta + frijol Vidillo

8	M-ADV	F-W	M- ADV + F-W	Maíz Advanta + frijol Wasca
9	M-ADV	–	M- ADV + SF	Maíz Advanta
10	–	F-V	F-V	Frijol Vidillo
11	–	F-W	F-W	Frijol Wasca

2.3.5 Área distribución de parcelas experimentales

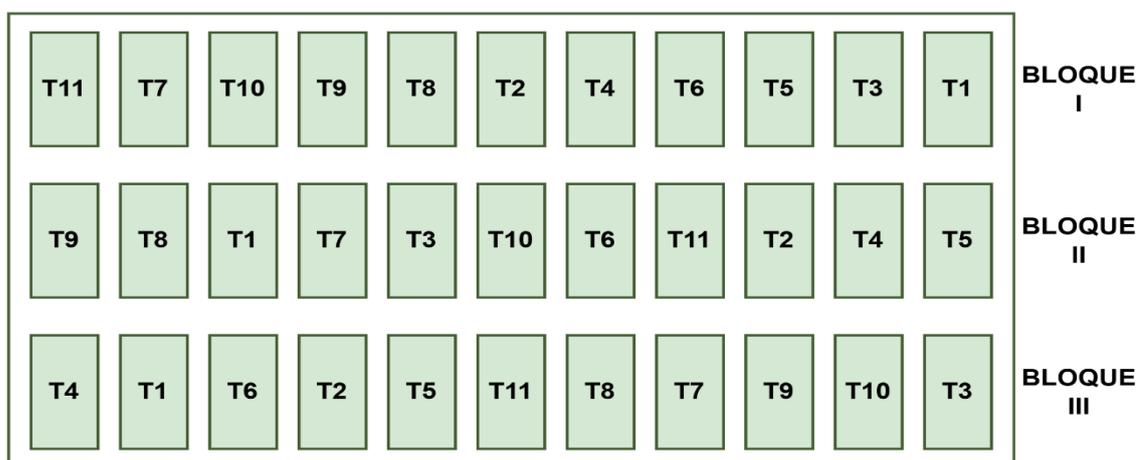
El área total del estudio fue de 544 m² donde se ubicaron 3 bloques, con 11 unidades experimentales de 4 m de largo y 2 m de ancho cada una, dividido con 1 m de distancia entre unidades experimentales y entre bloques.

2.3.6 Diseño experimental

La distribución del estudio se estableció con el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), realizando 11 tratamientos en 3 bloques, obteniendo un total de 33 unidades experimentales.

Figura 2

Distribución del área experimental



2.3.7 Instalación de las parcelas experimentales

a. Preparación del terreno

Se realizó la delimitación del área de la investigación, seguido de la eliminación de malezas, el arado y la cruz para que el terreno se encuentre suelto y removido con la finalidad de mejorar las condiciones edafológicas, proveyendo a las semillas un ambiente adecuado para su germinación y crecimiento.

b. Siembra

Se efectuó utilizando 3 semillas de maíz y 3 semillas de frijol por golpe con distanciamiento de 0.25 m entre golpes y 0.8 m entre surcos. Una unidad experimental estuvo conformada por tres surcos de 2 m de largo con 1 m distanciamiento de entre ellas.

c. Desahíje

Se llevó a cabo entre los 10 y 12 días dejando solo 2 plantas de maíz y dos de frijol por golpe.

d. Abonamiento

La aplicación se ejecutó a función al análisis de suelo realizado siendo la misma dosis para todas las unidades experimentales.

e. Deshierbo y aporque

El primer deshierbo y el aporque se realizaron al mismo tiempo de forma manual para evitar la competitividad por las condiciones edafoclimáticas y al mismo tiempo para dar soporte a las plantas.

f. Riego

El cultivo se desarrolló solamente con las precipitaciones del lugar, mas no se realizó riego.

g. Corte de forraje

Se realizó cuando las plantas de maíz alcanzaron su estado de grano lechoso.

2.3.8 Evaluación de las variables

2.3.8.1 Evaluación del rendimiento de forraje de tres variedades de maíz

a. Altura de planta:

Se evaluó la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta. Las medidas de altura de las plantas fueron tomadas cada 30 días desde la emergencia hasta el corte, haciendo uso de un flexómetro.

b. Número de hojas:

Se realizó el conteo de las hojas de las plantas de maíz cada 30 días.

c. Longitud de hoja:

Se tomó la distancia desde la base laminar hasta el ápice de la hoja media utilizando una cinta métrica de las plantas evaluadas al momento del corte.

d. Ancho de hoja:

Se registró la medida de la distancia horizontal (de un borde a otro) en parte central de la hoja media con una cinta métrica, de las plantas evaluadas al momento del corte.

e. Rendimiento en forraje verde:

El cálculo del forraje verde se realizó al finalizar el corte de las plantas de *Zea mays* en estado lechoso de cada tratamiento, pesando las plantas cortadas en asociación en una balanza para determinar el rendimiento en forraje verde expresado en toneladas/hectárea (t/ha).

f. Rendimiento en materia seca:

La materia seca, parte resultante del forraje deshidratado, se evaluó después del corte del forraje verde, pesando de 100 gr en total de sub muestra por cada tratamiento, las mismas que fueron secadas en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas mediante una estufa eléctrica a temperatura de 105 °C por un tiempo de 24 horas, hasta obtener un peso constante para calcular el rendimiento de la materia seca mediante la fórmula propuesta por Cosoto, (1982):

$$MS/m^2 = \frac{(PF \times ps)}{pf}$$

Dónde:

PF: Peso fresco de la muestra (g/m²).

pf: Peso fresco de la submuestra (g).

ps: Peso seco de la submuestra (g).

Posteriormente los datos se extrapolaron de g/planta a kg/ha, para expresar el en kg de materia seca/ha (kgms/ha).

2.3.8.2 Evaluación el rendimiento de dos variedades de frijol

a. Rendimiento en forraje verde:

El cálculo del forraje verde se realizó al finalizar el corte de las plantas de *Paseolus vulgaris* al mismo tiempo que las plantas de *Zea mays* en estado lechoso, de cada tratamiento, para lo cual se pesó las plantas cortadas en una balanza para determinar el rendimiento en forraje verde expresado en toneladas/hectárea (t/ha).

b. Rendimiento en materia seca:

La materia seca, parte resultante del forraje deshidratado, se evaluó después del corte del forraje verde, pesando 100 gr en total de submuestra por cada tratamiento, las mismas que fueron secadas en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas mediante una estufa eléctrica a temperatura de 105 °C por un tiempo de 24 horas, hasta obtener un peso constante para calcular el rendimiento de la materia seca mediante la fórmula propuesta por Cosoto, (1982):

$$MS/m^2 = \frac{(PF \times ps)}{pf}$$

Dónde:

PF: Peso fresco de la muestra (g/m²).

pf: Peso fresco de la submuestra (g).

ps: Peso seco de la submuestra (g).

Posteriormente los datos se extrapolaron de g/planta a kg/ha, para expresar el en kg de materia seca/ha (kgms/ha).

2.3.8.3 Evaluación de la interacción de gramíneas y leguminosas en el rendimiento de forrajes

Se realizó la evaluación del rendimiento de la asociación forrajera maíz frijol

2.4 Análisis de datos

2.4.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico R; todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación de 95% (0.05) y para las medias de comparación múltiple para el ANOVA de cada tratamiento con un nivel de significación de 95 % (0.05) y para las pruebas de comparación múltiple de medias de cada uno de los indicadores se usó la prueba de Tukey.

III. RESULTADOS

3.1 Características para variables que influyen en el rendimiento de forraje de tres variedades de maíz

Respecto a las evaluaciones para las características de las variables que influyen en el rendimiento de forrajes de tres variedades de maíz se evaluaron 7 variables: 1) Altura de planta del maíz (cm), 2) Número de hojas, 3) Longitud de hoja de maíz (cm), 4) Ancho de hoja de maíz (cm), 5) Diámetro del tallo de maíz (cm), 6) Curva de crecimiento de altura de planta y 7) Curva de crecimiento del número de hojas.

3.1.1 Altura de planta del maíz (cm)

La tabla 3 muestra el ANVA para la variable altura de planta de maíz. Existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Así mismo, la Figura 3 indica la conformación de seis grupos estadísticos (análisis Tuckey 0.05%). El mayor valor para la variable altura de planta se presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 252.08 cm de altura de planta. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₉ (maíz Advanta) y el T₇ (maíz Advanta + frijol Vidillo) con 200.66 cm y 202.91 cm de altura de planta respectivamente.

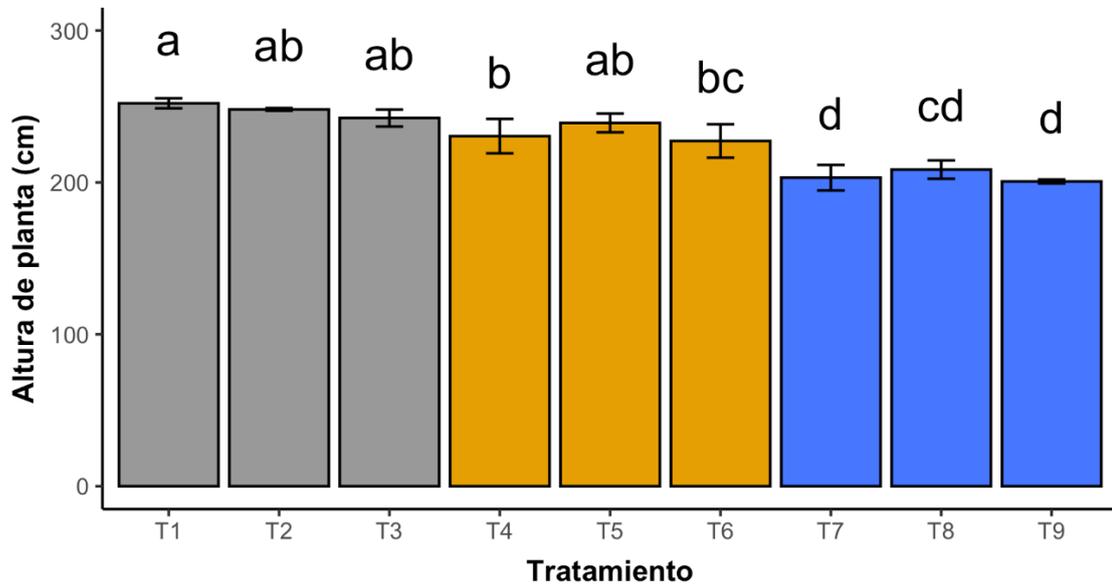
Tabla 3

Análisis de varianza para la variable altura de planta del maíz (cm).

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	8	9199.9	1149.99	21.0251	4.203e-07 ***	
Bloque	2	2.5	1.27	0.0231	0.9771 n.s	
Error	16	875.1	54.7			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05
					'.' 0.1	' ' 1

Figura 3

Altura de planta de maíz (cm). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.



3.1.2 Número de hojas de maíz

La tabla 4 muestra el ANVA para la variable número de hojas de maíz. Existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Así mismo, la figura 4 muestra tres grupos estadísticos (análisis Tuckey 0.05%). El mayor valor para la variable número de hojas se presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 14.08 número de hojas. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₆ (Maíz Marginal28T) con 11.91 número de hojas.

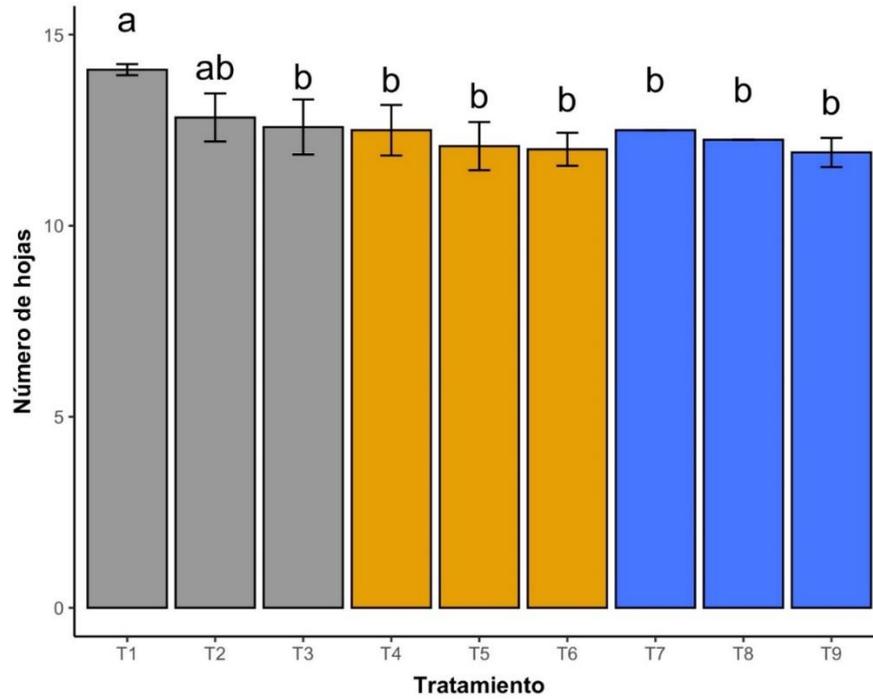
Tabla 4

Análisis de varianza para la variable número de hojas de maíz.

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	8	10.3333	1.29167	5.1847	0.002546 **	
Bloque	2	0.2222	0.11111	0.446	0.647909 n.s	
Error	16	3.9861	0.24913			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05
					'.' 0.1	
					' ' 1	

Figura 4

Número de hojas de maíz. Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.



3.1.3 Longitud de hoja de maíz (cm)

La tabla 5 muestra el ANVA para la variable longitud de hojas de maíz. No existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Sin embargo, se explica que, el mayor valor para la variable longitud de hoja se presentó en el tratamiento T₂ (Maíz Chuska INIA + frijol Wasca), con 108.04 cm longitud de hoja. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₃ (Maíz Chuska INIA) con 101.79 longitud de hoja.

Tabla 5

Análisis de varianza para la variable longitud de hojas de maíz.

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	8	124.036	15.505	2.2727	0.07721 n.s	
Bloque	2	6.838	3.419	0.5012	0.61502 n.s	
Error	16	109.152	6.822			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05
					'.' 0.1	
					' ' 1	

3.1.4 Ancho de hoja de maíz (cm)

La tabla 6 muestra el ANVA para la variable longitud de hojas de maíz. No existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Sin embargo, se explica que, el mayor valor para la variable ancho de hoja se presentó en el tratamiento T₄ (Maíz Marginal28T + frijol Vidillo), con 12.18 cm ancho de hoja. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₈ (Maíz Advanta + frijol Wasca) con 11.12 de ancho de hoja.

Tabla 6

Análisis de varianza para la variable ancho de hoja de maíz (cm).

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	8	3.5977	0.44971	1.1832	0.367 n.s	
Bloque	2	1.6239	0.81196	2.1362	0.1506 n.s	
Error	16	6.0815	0.38009			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

3.1.5 Diametro del tallo de maíz (cm)

La tabla 7 muestra el ANVA para la variable diámetro de tallo. Existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Así mismo, la figura 5 muestra seis grupos estadísticos (análisis Tuckey 0.05%). El mayor valor para la variable diámetro de tallo se presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 3.27 cm de altura de planta. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₉ (Maíz Advanta) con 2.59 de altura de planta.

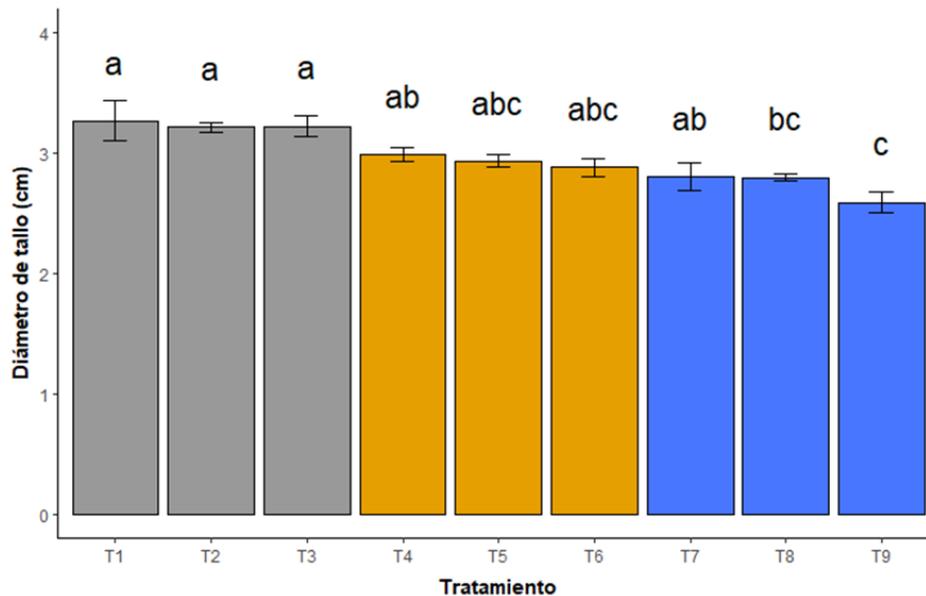
Tabla 7

Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de maíz (cm).

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	8	1.15458	0.144323	8.0905	0.0002201 ***	
Bloque	2	0.04167	0.020833	1.1679	0.3361765 n.s	
Error	16	0.28542	0.017839			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Figura 5

Dímetro del tallo de maíz (cm). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.



3.1.6 Curva de crecimiento para altura de planta

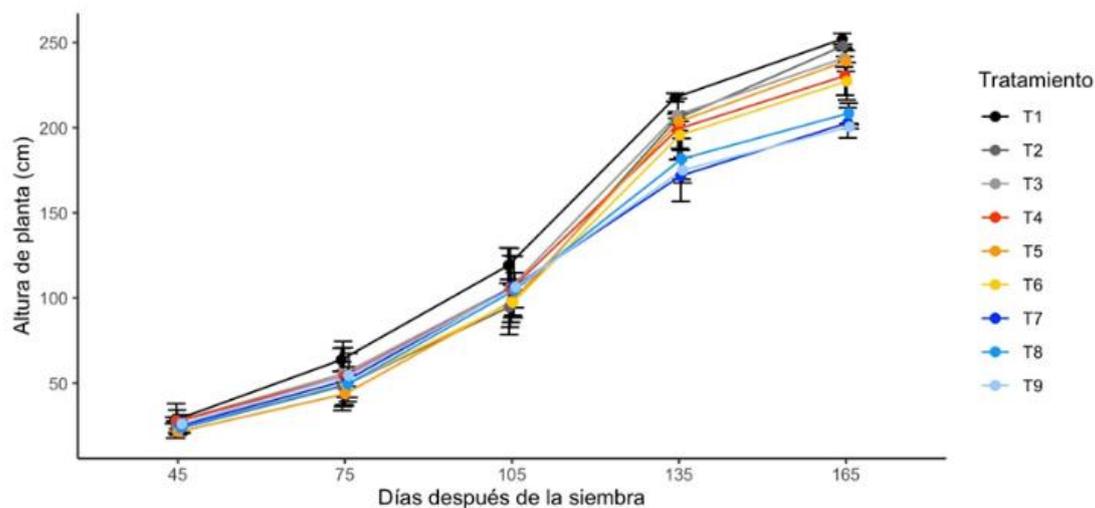
La tabla 8 muestra los valores de la curva de crecimiento de la variable altura de planta de maíz. No existen diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 45, 75 y 105 días. Contrariamente, notamos que se presentaron diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 145 días y 165 días (análisis Tuckey 0.05%). A los 145 días, se encontró siete grupos estadísticos mayor valor del T1 (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo) de 217.75 cm y menor valor para el T7 (Maíz Advanta + frijol Vidillo) con 171.83 cm. A los 165 días se encontró 6 grupos estadísticos con mayor valor presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 252.08 cm de altura de planta. El menor valor se presentó en el T₉ (Maíz Advanta) con 200.66 cm de altura de planta.

Tabla 8*Comparaciones Tukey ($p < 0,05$) y curva de crecimiento de altura de planta.*

A 45 días			A 75 días			A 105 días			A 145 días			A 165 días		
ALTURA groups			ALTURA groups			ALTURA groups			ALTURA groups			ALTURA groups		
T1	28.16667	ns	T1	63.75000	ns	T1	119.16667	ns	T1	217.7500	a	T1	252.0833	a
T3	27.91667	ns	T3	55.50000	ns	T7	106.58333	ns	T3	207.5833	ab	T2	248.0833	ab
T4	27.58333	ns	T9	54.58333	ns	T9	106.50000	ns	T2	205.0833	ab	T3	240.9167	ab
T9	26.25000	ns	T4	54.08333	ns	T3	106.00000	ns	T5	203.6667	abc	T5	239.1667	ab
T7	25.00000	ns	T7	51.75000	ns	T4	105.33333	ns	T4	199.3333	abcd	T4	230.5000	b
T6	24.50000	ns	T6	49.66667	ns	T8	104.66667	ns	T6	195.7500	abcd	T6	227.3333	bc
T8	23.83333	ns	T8	49.50000	ns	T5	98.16667	ns	T8	181.7500	bcd	T8	208.5000	cd
T2	22.75000	ns	T2	48.25000	ns	T6	97.41667	ns	T9	175.1667	cd	T7	202.9167	d
T5	21.50000	ns	T5	43.75000	ns	T2	94.75000	ns	T7	171.8333	d	T9	200.6667	d

Figura 6

Curva de crecimiento de altura de planta



3.1.7 Curva de crecimiento del número de hojas

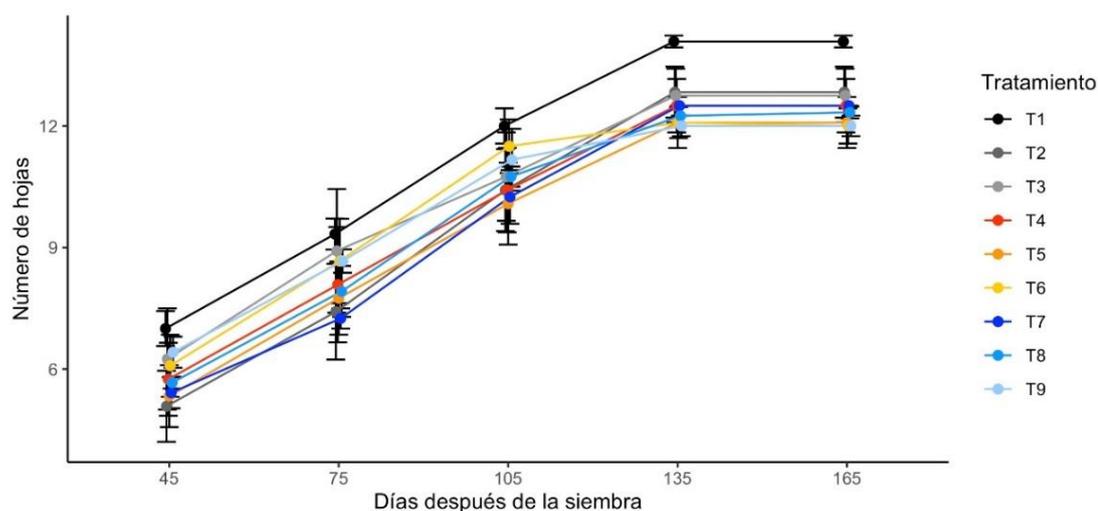
La tabla 9 muestra los valores de la curva del número de hojas de la variable altura de planta de maíz. No existen diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 45, 75 y 105 días. Contrariamente, sí se presentaron diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 145 días y 165 días. A los 145 días, se encontró tres grupos estadísticos con mayor valor del T1 (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo) de 14.08 y menor valor para el T9 (Maíz Advanta) con 12.00. A los 165 días se encontró 6 grupos estadísticos con mayor valor presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 14.08 cm de número de hojas. El menor valor se presentó en el T₉ (Maíz Advanta) con 12.00 de número de hojas.

Tabla 9*Comparaciones Tukey ($p < 0,05$) y curva de crecimiento del número de hojas.*

A 45 días			A 75 días			A 105 días			A 145 días			A 165 días		
N_HOJAS groups			N_HOJAS groups			N_HOJAS groups			N_HOJAS groups			N_HOJAS groups		
T1	7.000000	ns	T1	9.333333	ns	T1	12.00000	ns	T1	14.08333	a	T1	14.08333	a
T9	6.416667	ns	T3	8.916667	ns	T6	11.50000	ns	T2	12.83333	ab	T2	12.83333	ab
T3	6.250000	ns	T6	8.666667	ns	T9	11.16667	ns	T3	12.75000	ab	T3	12.75000	ab
T6	6.083333	ns	T9	8.666667	ns	T3	10.75000	ns	T4	12.50000	b	T4	12.50000	b
T4	5.750000	ns	T4	8.083333	ns	T8	10.75000	ns	T7	12.50000	b	T7	12.50000	b
T8	5.666667	ns	T8	7.916667	ns	T2	10.41667	ns	T8	12.25000	b	T8	12.33333	b
T7	5.416667	ns	T5	7.750000	ns	T4	10.41667	ns	T5	12.08333	b	T5	12.08333	b
T5	5.333333	ns	T2	7.416667	ns	T7	10.25000	ns	T6	12.08333	b	T6	12.00000	b
T2	5.083333	ns	T7	7.250000	ns	T5	10.08333	ns	T9	12.00000	b	T9	12.00000	b

Figura 7

Curva de crecimiento del número de hojas



3.2 Características para variables que influyen en el rendimiento de forraje de dos variedades de frijol

3.2.1 Longitud de hojas de frijol (cm)

La tabla 10 muestra el ANVA para la variable longitud de hojas de frijol. No existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Sin embargo, se explica que, el mayor valor para la variable longitud de hoja se presentó en el tratamiento T₈ (Maíz Advanta + frijol Wasca), con 24.92 cm ancho de hoja. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₁ (Maíz Chuska + frijol Vidillo) con 23.57 de longitud de hoja.

Tabla 10

Análisis de varianza para la variable longitud de hojas de frijol (cm).

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	7	4.439	0.6341	0.8983	0.53394	
Bloque	2	7.4007	3.7003	5.2415	0.01999 *	
Error	14	9.8835	0.706			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05
					'.' 0.1	
					' ' 1	

3.2.2 Ancho de hojas de frijol (cm)

La tabla 11 muestra el ANVA para la variable ancho de hojas de frijol. No existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Sin embargo, se explica que, el mayor valor para la variable ancho de hoja se presentó en el tratamiento T₈ (Maíz Advanta + frijol Wasca), con 23.42 cm ancho de hoja. El menor valor se presentó en el T₁ (Maíz Chuska + frijol Vidillo) con 22.65 de ancho de hoja.

Tabla 11

Análisis de varianza para la variable ancho de hojas de frijol (cm)

Tabla de Análisis de Varianza						
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)	
Tratamiento	7	1.9103	0.2729	0.3442	0.91965	
Bloque	2	8.0672	4.0336	5.087	0.02185 *	
Error	14	11.101	0.7929			
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

3.3 Interacción de maíz y frijol sobre el rendimiento del forraje

3.3.1 Rendimiento en forraje verde (t/ha)

La tabla 12 muestra el ANVA para la variable rendimiento en forraje verde. Existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Así mismo, la figura 8 muestra seis grupos estadísticos según el análisis Tuckey 0.05%. El mayor valor para la variable diámetro de tallo se presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 115.63 t/ha de forraje verde. El menor valor se presentó en el T₁₁ (Frijol Wasca) con 44.40 t/ha.

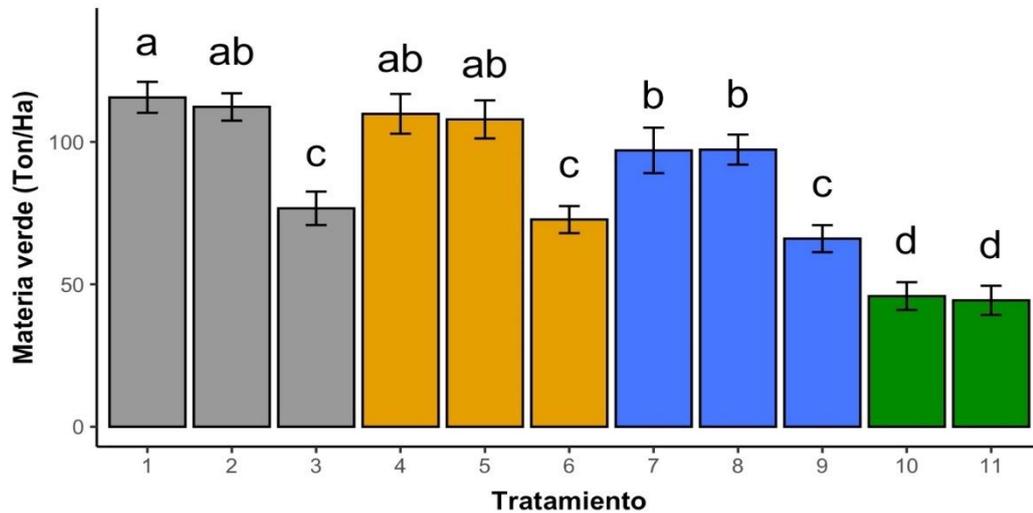
Tabla 12

Análisis de varianza para la variable rendimiento en forraje verde (t/ha).

Tabla de Análisis de Varianza					
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)
Tratamiento	10	20599.2	2059.92	57.4204	1.65e-12 ***
Bloque	2	15.7	7.87	0.2195	0.8048
Error	20	717.5	35.87		

Figura 8

Rendimiento en forraje verde (t/ha). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.



3.3.2 Rendimiento en forraje seco (t/ha)

La tabla 13 muestra el ANVA para la variable materia seca. Existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. Así mismo, la figura 9 muestra seis grupos estadísticos según el análisis Tuckey 0.05%. El mayor valor para la variable diámetro de tallo se presentó en el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo), con 26.05 t/ha de materia seca. Por otro lado, el menor valor se presentó en el T₁₁ (frijol Wasca) con 8.40 t/ha de materia seca.

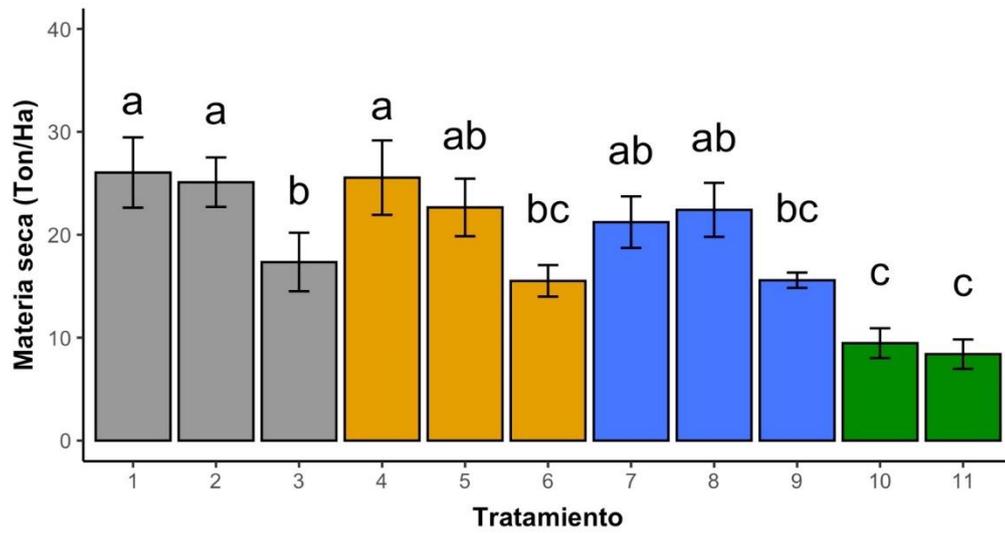
Tabla 13

Análisis de varianza para la variable rendimiento en forraje seco (t/ha).

Tabla de Análisis de Varianza											
	GL	SC	CM	F - value	Pr (>F)						
Tratamiento	10	1169.12	116.912	18.2209	6.156e-08 ***						
Bloque	2	4.88	2.438	0.3799	0.6887 n.s						
Error	20	128.33	6.416								
Significancia:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*'	0.05	'.'	0.1	'	1

Figura 9

Rendimiento en forraje seco (t/ha). Los valores se presentan como media \pm desviación estándar. Letras diferentes indican una diferencia significativa en $p < 0,05$ utilizando ANVA seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey.



IV. DISCUSIÓN

La asociación de cultivos de maíz y frijol, ha demostrado ser una estrategia promisoriosa para aumentar la productividad y calidad del forraje. Según Getahun & Seltene (2016) mencionan que la compatibilidad de los cultivos es esencial para un sistema de asociación factible, asimismo, Albino-Garduño et al. (2015) y Heusala et al. (2020) destacan el potencial de interacción positiva en el aprovechamiento de sus condiciones para aumentar su producción y mejorar el contenido de proteína en comparación con el cultivo solitario de maíz. En este contexto pretendemos que nuestros resultados prometan ser una línea base para investigaciones vinculadas con la siembra y producción de maíz en asociación para el área de estudio.

La altura de planta es una de las variables de evaluación para determinar si un forraje es óptimo (Amin, 2011). Encontrando que, los mayores valores para esta variable se observaron en los tratamientos de cultivo asociado respecto a los cultivos solitarios, obteniendo el máximo valor el T₁ (Maíz chusca INIA + frijol Vidillo) con 252.08 cm, mientras que el menor valor lo presentó el T₉ (Maíz Advanta) (figura 3), sin embargo, no alcanzan los valores reportados por el INIA (2010) donde las variedad de maíz INIA 617 – Chuska alcanza una altura de planta promedio de 280 cm y la variedad "ADVANTA 9139" hasta 230 cm (Hortus, 2020), esto puede deberse a los factores climáticos del lugar que influyen el desarrollo el cultivo.

Asimismo, en un estudio realizado por Fischer et al. (2020) sobre el cultivo intercalado de maíz y frijol, se encontró que la altura del maíz no mostró diferencias significativas entre las variantes en dos años consecutivos. Contrariamente en la presente investigación, sí se consiguieron diferencias estadísticas para los tratamientos en la variable altura de planta, liderado por los cultivos sembrados en asociación. Además, el estudio se alinea con los hallazgos de Maguiña-Maza et al., (2021) y Collazos Silva et al. (2019), que reportaron alturas promedio de 2.40-2.42 metros para diferentes genotipos de maíz, lo cual está en concordancia con la altura obtenida en el tratamiento de cultivo asociado de maíz con frijol.

Además, Abdullahi, (2018) encontró que los tratamientos de asociación de maíz/*T. bracteolata* en proporciones de 2:1 y 2:2 presentaron los valores más altos de altura de planta, mientras que, Habte et al. (2016) encontraron que la densidad de población del frijol común no influyó significativamente en la altura de planta del maíz para nichos

ecológicos como Etiopía. Estos hallazgos señalan que las variaciones en la altura de planta de maíz están influenciadas por el tratamiento, la variedad, la asociación con otras especies relacionadas con la capacidad de nodulación y fijación de nitrógeno y las condiciones específicas de cada estudio.

En lo que respecta al número de hojas por planta, se observó que el tratamiento T₁ (Maíz Chuska INIA + frijol Vidillo) mostró el valor más alto, con un promedio de 14.08 unidades. Por otro lado, el tratamiento T₆ (Maíz Marginal28T) presentó el valor más bajo, con un promedio de 11.91 unidades. Estos resultados indican que la combinación de maíz Chuska INIA y frijol Vidillo puede promover un mayor desarrollo de hojas en las plantas de maíz que el cultivo en solitario. Así como, se ha informado alturas de planta y números de hojas similares a los reportados en este estudio para los genotipos M28T e INIA 617 (Collazos et al., 2019).

De igual manera, Aslam et al. (2021), encontraron que el maíz asociado con *Vigna unguiculata* mostró un número mayor de hojas por planta en comparación con el maíz en monocultivo, donde, el número de hojas más alto fue de 16 unidades en 2016, y el más bajo fue de 12 hojas en 2016 y 2017. Por otra parte, Maguiña-Maza et al. (2021), encontraron que los genotipos INIA 619, INIA 617, Atlas 777 y M28T tuvieron una media de 12, 13, 14 y 15 hojas por planta respectivamente coincidiendo con esta investigación. Estos hallazgos indican que los genotipos de maíz pueden tener características específicas en cuanto al desarrollo de hojas, lo cual es relevante para la selección de variedades para futuros estudios de mejoramiento genético (Harrison et al., 2014; Ma et al., 2014).

En cuanto a la longitud de hoja de maíz, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se observó valores entre 101.79 cm del tratamiento T₃ que consistió en maíz chusca INIA solo, hasta 108.04 cm del tratamiento T₂ que consistió en la combinación de maíz chusca INIA y frijol Wasca. Asimismo, Kapoor & Batra (2015) y Rathod et al. (2021) evaluaron varios genotipos de maíz y encontraron que la longitud de hoja tuvo una alta correlación con el rendimiento de forraje verde, con valores entre 53.95 a 101.70 cm y 43.0 a 90.0 cm de longitud de hoja de maíz respectivamente. Mientras que, Alviz, (2015) si encontró diferencias estadísticamente significativas en la longitud de hoja de diferentes cultivares de maíz, indicando que la selección de caracteres como la longitud de hoja puede ser beneficiosa para mejorar el rendimiento de forraje.

Respecto al ancho de hoja de maíz en centímetros, no se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Así mismo, se destaca que el tratamiento 4 (Maíz Marginal28T + frijol Vidillo) presentó el mejor valor de ancho de hoja, con 12.18 cm, por su parte, el valor más bajo se mostró en el tratamiento T8 (Maíz Advanta + frijol Wasca) con 11.12 cm. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Rathod et al. (2021) y Kapoor & Batra (2015), quienes encontraron que el ancho de hojas estuvo en un rango de 6.79 a 11.19 cm para 54 genotipos de maíz evaluados y entre 6.1 y 10.8 cm para doce genotipos de maíz en otro estudio. Por lo tanto, se puede observar que la presencia de leguminosas en el cultivo asociado puede tener efectos variables en el ancho de hoja de maíz (Fukai & Trenbath, 1993; Smith et al., 2016; Yang et al., 2018).

En el diámetro de tallo (cm), los resultados obtenidos revelan la existencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados. Alcanzando valores entre 2.85 cm y 3.05 cm, presentados por el tratamiento T₉ (Maíz Advanta) y tratamiento T₁ (Maíz chusca INIA + frijol Vidillo) respectivamente, mostrando similitud con los estudios de Ginwal et al. (2019), donde se encontró que el grosor del tallo de maíz varió ampliamente según el sistema de siembra, en cultivo individual de maíz presentó un diámetro de tallo de 2.32 cm, mientras que la combinación de maíz + *Vigna unguiculata* mostró el diámetro de tallo más grande, con 2.90 cm. Por lo que, estos resultados indican que la asociación de maíz con frijol promueve un mayor desarrollo en el diámetro de tallo en comparación con el cultivo individual.

Por otra parte, se evaluó la curva de crecimiento del número de hojas y la curva de crecimiento de altura de planta de maíz, mostrando que, no existen diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 45, 75 y 105 días, lo que indica una tendencia similar para ambas variables en esas etapas. Sin embargo, a los 145 y 165 días se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, liderando el tratamiento T₁ (Maíz chusca INIA + frijol Vidillo) a diferencia del tratamiento T₉ (Maíz Advanta) que presentó los menores valores. Estos resultados sugieren que los factores genéticos, nutricionales y climáticos pueden influir en el número de hojas y la altura de planta en las diferentes etapas de crecimiento. La adaptabilidad de los cultivares estudiados puede variar en función de estas variables, lo que resalta la importancia de considerar estos aspectos al analizar el rendimiento de forraje.

La asociación de maíz y frijol es beneficiosa debido a la similitud en sus condiciones de desarrollo, tiempo de siembra y cosecha (Torres-Calderón et al., 2018). El frijol fija

nitrógeno atmosférico en el suelo, proporcionando al maíz el nutriente necesario para su crecimiento (Odendo et al., 2011; Torres-Calderón et al., 2018; Multari et al., 2015). Además, los frijoles trepadores se benefician del maíz al utilizar sus tallos como soporte para un óptimo crecimiento y mayor captación de radiación solar (Lopes et al., 2016; Lopez-Ridaura et al., 2021; Rediet et al., 2017). Esta asociación también incrementa el rendimiento de materia seca y proteína cruda del forraje en comparación con el cultivo exclusivo de maíz (Eskandari et al., 2009; UHER et al., 2019).

En nuestro estudio en cuanto a la longitud de hojas (cm) y ancho de hojas (cm) de frijol, no se encontraron diferencias altamente significativas. Sin embargo, se observó que el tratamiento 8 (Maíz Advanta + frijol Wasca) tuvo el mayor valor para ambas variables, con 24.92 cm de longitud de hoja y 23.42 cm de ancho de hoja, a diferencia que el tratamiento 1 (Maíz chusca + frijol Vidillo) presentó los valores más bajos, con 23.57 cm de longitud de hoja y 22.65 cm de ancho de hoja. Estos resultados no coinciden con Ginwal et al. (2019) donde se observaron que las combinaciones de asociación entre maíz y *Vigna unguiculata* o guar tuvieron efectos variables en la longitud de hojas y el ancho de hojas de leguminosas, además, encontraron que las combinaciones de la asociación benefician el desarrollo de los cultivos de *Vigna unguiculata* y guar, aumentando el número de hojas y mejorando la relación entre las hojas y el tallo.

Referente a materia verde se encontró que los tratamientos asociados de maíz Chuska INIA + frijol Vidillo (115.62 t/ha) y maíz Chuska INIA + frijol Wasca (112.29 t/ha) tienen las medias más altas y son estadísticamente similares entre sí. Mientras que, los tratamientos solo Maíz Chuska INIA (76.70833 t/ha) y solo maíz Marginal28T (72.75 t/ha) y solo maíz Advanta (66.05 t/ha) obtuvieron medias más bajas. Esto debido a que la combinación específica de cultivos utilizados en el sistema asociado puede tener un impacto significativo en la productividad del cultivo (Geren et al., 2008; Hirpa, 2014). Demostrando así que el cultivo asociado de maíz con leguminosas puede mejorar significativamente el rendimiento de biomasa fresca y la calidad en comparación con el monocultivo de maíz.

Respecto a materia seca, se observó que los tratamientos asociados de maíz y frijol tuvieron las mayores medias de producción de materia seca, con el tratamiento Maíz chusca INIA + frijol Vidillo mostrando el rendimiento más alto. Maguiña-Maza et al. (2021) encontraron rendimientos de 5,7 t/ha para el genotipo INIA 617 Chuska, 5,9 t/ha para M28T Marginal28 Tropical, 6,1 t/ha para Atlas 777, y 5,8 t/ha para INIA 619

Megahíbrido. Estos resultados difieren de los obtenidos en el presente estudio, donde se observaron rendimientos significativamente más altos de 15.52 tn/ha para M28T y 17.35 tn/ha para INIA 617.

Por otra parte, estos resultados son similares a los reportados por Geren et al. (2008), quienes encontraron que el maíz asociado con leguminosas (24,664 kg/ha), como el frijol, tuvo un mayor rendimiento de materia seca en comparación con el monocultivo de maíz (23,778 kg/ha). Estos resultados respaldan la idea de que los sistemas asociados pueden mejorar la productividad agrícola al aprovechar las sinergias entre los cultivos (Ajayi et al., 2011; Chamkhi et al., 2022; Hunt et al., 2021). El maíz asociado con caupí (*Vigna unguiculata* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) produjo un mayor rendimiento de materia seca que el maíz cultivado de forma individual (Htet et al., 2017). Se han reportado rendimientos reducidos de grano de maíz en monocultivo como resultado de una mayor absorción de radiación fotosintética activa en el cultivo asociado (Liu et al., 2017; Nassiri Mahallati et al., 2015; F. Yang et al., 2014).

Asimismo, según nuestra investigación, los tratamientos asociados de maíz con frijol Vidillo y frijol Wasca mostraron las mayores medias de materia seca, mientras que los tratamientos de maíz solo y frijol solo presentaron las menores medias, Htet et al., (2017) encontró que el tratamiento asociado de maíz con soja produjo el mayor rendimiento total de forraje, con un promedio de 6.7 ton/ha, mientras que la soja sola produjo un promedio de 4.8 ton/ha, relacionándose a lo obtenido en nuestro estudio. En contraste, Abdullahi (2018) encontraron que los rendimientos de materia fresca y seca fueron mayores en el cultivo solo de maíz y *T. bracteolata* en comparación con los intercultivos.

Los sistemas de cultivo asociado pueden ser más resistentes a las condiciones climáticas adversas, como sequías prolongadas, lo que resulta en una menor disminución del rendimiento en comparación con el monocultivo de maíz (Wang et al., 2015). Se encontraron también que el cultivo asociado de maíz y leguminosas puede mejorar la calidad del suelo al aumentar los niveles de materia orgánica, nitrógeno y conservación de la humedad (Bavec et al., 2002; Geren et al., 2008). Las características genotípicas y fenotípicas de diferentes genotipos de maíz en el rendimiento de forraje son muy importantes (Kapoor & Batra, 2015).

Estos resultados respaldan la idea de que los sistemas asociados pueden mejorar la productividad agrícola al aprovechar las sinergias entre los cultivos (Chamkhi et al., 2022;

Hunt et al., 2021). Así también se indica que los resultados pueden variar dependiendo de los cultivos y las condiciones específicas. La producción de materia seca en los cultivos está influenciada por factores como la altura de la planta, el número de hojas, el índice de área foliar y el rendimiento (Rathod et al., 2021).

En el estudio realizado se muestra que existen variaciones en los rendimientos de materia seca en los cultivos asociados de maíz y frijol. Mientras que algunos estudios encuentran mayores rendimientos en los monocultivos de maíz, otros sugieren que los cultivos asociados pueden tener beneficios en términos de proteína cruda y estabilidad de la producción (Javanmard et al., 2020; Lithourgidis et al., 2011). La competencia por nutrientes y condiciones específicas del cultivo también influyen en los resultados, así mismo se resalta la importancia de la nutrición balanceada y la selección cuidadosa de variedades de cultivo para maximizar la producción de materia seca en los sistemas de cultivo asociado (Ghosh et al., 2007; Maingi et al., 2001).

Pese a que, una problemática común en este cultivo es la presencia de plagas y enfermedades, como el tizón del maíz, denominado *Exserohilum turcicum* (capaz de producir pérdidas hasta la mitad del rendimiento total del cultivo, ya que ataca principalmente a las hojas, tallos y espigas provocando manchas necróticas y el marchitamiento de las plantas)(Navarro et al., 2020), en este estudio no se evidenció la incidencia de esta enfermedad en ninguna de las variedades evaluadas, lo que puede deberse a los factores climáticos del lugar y el uso de semillas libres de hongos.

La asociación de maíz y frijol en el cultivo asociado ha demostrado tener una influencia positiva en el rendimiento de forraje en Molinopampa, Amazonas. Los resultados de varios estudios indican que los sistemas de cultivo asociado pueden aumentar la producción de materia seca en comparación con los cultivos solos. En particular, se ha observado que ciertas combinaciones de variedades de maíz y frijol, como el maíz chusco INIA con frijol Vidillo, han mostrado los mejores resultados en términos de rendimiento de forraje. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones y ajustar las combinaciones de cultivos a las condiciones específicas de la zona para optimizar los resultados. En general, la asociación de maíz y frijol en el cultivo asociado ofrece una alternativa prometedora para mejorar la productividad agrícola y satisfacer las demandas de forraje para Molinopampa, Amazonas.

V. CONCLUSIONES

Se consiguieron evaluar cinco variables durante el periodo vegetativo y dos después del corte del cultivo, que permitieron determinar el rendimiento del maíz forrajero en cuanto al cultivo en asociación con frijol y en monocultivo.

El cultivo asociado de maíz y frijol, demostró no tener diferencias estadísticas significativas sobre las variables: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo. Sin embargo, sí hubo diferencias estadísticas significativas para las variables: rendimiento de forraje en verde y en seco. Los resultados aquí encontrados demuestran que, usando cultivos asociados, se pueden obtener forraje en seco de hasta 26.05 t/ha.

Respecto a la variable materia verde los tratamientos T1, T2, T4 y T5 (representados en un solo grupo estadístico), presentaron los mayores valores, y el grupo con los menores valores de rendimiento de materia verde, lo presentaron los tratamientos T10 y T11 (pertenecientes a un solo grupo). Para la variable materia seca, los tratamientos: T1, T2, T4, T5, T7 y T8, pertenecientes a un solo grupo, mostraron los mejores rendimientos, liderados por la asociación de maíz chuska INIA y frijol Vidillo del T1.

La asociación de maíz y frijol en la producción forrajera se presenta como alternativa para la provisión de mayor alimento a la actividad ganadera que va en constante crecimiento en la zona.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullahi, U. (2018). Forage Yield Potential Of Double-Red Maize (*Zea Mays* L.) Intercropped With Tephrosia (*Tephrosia Bracteolata* Guill And Perr.) In Shika Northern Guinea Savannah. *J. Anim. Prod. Res.*, *30*(2), 177–192.
- Ajayi, O. C., Place, F., Akinnifesi, F. K., & Sileshi, G. W. (2011). Agricultural success from Africa: The case of fertilizer tree systems in Southern Africa (Malawi, Tanzania, Mozambique, Zambia and Zimbabwe). *International Journal of Agricultural Sustainability*, *9*(1), 129–136. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0554>
- Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Isabel Cortés-Flores, J., Livera-Muñoz, M., & Carmen Mendoza-Castillo, M. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, *49*(5), 513–531.
- Alviz, L. (2015). *Adaptabilidad de cuatro cultivares de Maíz (Zea mayz L.) con fines Forrajero en condiciones del Centro de Producción y Capacitación granja “La Perla” Chumbivilcas - Cusco*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Amin, M. E.-M. H. (2011). Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *10*(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.06.003>
- Aslam, M., Naeem, M., Rehman, A., Zafar, M. M., Iqbal, R., Shahzad, M. A., Khan, R. M. I., & Iqbal, J. (2021). Maize (*Zea mays*) Intercropping with Legumes Enhances Growth, Dry Matter and its Forage Yield under Deficit Irrigation. *International Journal of Agriculture and Biology*, *25*(1), 89–97. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1642>
- Bavec, F., Mlakar, S. G., & Bavec, M. (2002). *Competitive Ability Of Maize In Mixture With Climbing Bean In Organic Farming*. 1–4.
- Chamkhi, I., Cheto, S., Geistlinger, J., Zeroual, Y., Kouisni, L., Bargaz, A., & Ghoulam, C. (2022). Legume-based intercropping systems promote beneficial rhizobacterial community and crop yield under stressing conditions. *Industrial Crops and Products*, *183*(April), 114958. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114958>
- Collazos Silva, R., Neri Chavez, J. C., Huamán Huamán, E., & Juárez Contreras, L. D. P. (2019). Cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en el distrito de Molinopampa-Chachapoyas-Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*,

2(3), 23. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.400>

- Dowling, A., O Sadras, V., Roberts, P., Doolette, A., Zhou, Y., & Denton, M. D. (2021). Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture – a review. *Field Crops Research*, 260(October 2020), 107980. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107980>
- Duchene, O., Vian, J. F., & Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 240, 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>
- Elganadero. (2023). *Semilla de Maíz Híbrido ADVANTA 9139*. Elganadero.
- Eskandari, H., Ghanbari, A., & Javanmard, A. (2009). Intercropping of Cereals and Legumes for Forage Production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1), 07–13. <https://doi.org/10.15835/nsb113479>
- Fischer, J., Böhm, H., & Heß, J. (2020). Maize-bean intercropping yields in Northern Germany are comparable to those of pure silage maize. *European Journal of Agronomy*, 112(October 2019), 125947. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125947>
- Fukai, S., & Trenbath, B. R. (1993). Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field Crops Research*, 34(3–4), 247–271. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90117-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90117-6)
- Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., & Kir, B. (2008). Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *African Journal of Biotechnology*, 7(22), 4100–4104.
- Getahun, A., & Abady, S. (2016). Effect of Maize (*Zea mays*L.) on Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield and its Components in Maize-Bean Intercropping. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(2), 126–133. <https://doi.org/10.21275/v5i2.020131678>
- Ghosh, P. K., Bandyopadhyay, K. K., Wanjari, R. H., Manna, M. C., Misra, A. K., Mohanty, M., & Rao, A. S. (2007). Legume effect for enhancing productivity and nutrient use-efficiency in major cropping systems - An Indian perspective: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 30(1), 59–86. https://doi.org/10.1300/J064v30n01_07

- Ginwal, D. S., Kumar, R., Ram, H., Dutta, S., Arjun, M., & Hindoriya, P. S. (2019). Fodder productivity and profitability of different maize and legume intercropping systems. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(9), 1451–1455. <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i9.93486>
- Habte, A., Sisay Wassie, A., & Kassa, M. (2016). Maize (*Zea mays* L .) -Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L .) Intercropping Response to Population Density of Component Crop in Wolaita Zone Southern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 6(15), 69–74.
- Harrison, M. T., Tardieu, F., Dong, Z., Messina, C. D., & Hammer, G. L. (2014). Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global Change Biology*, 20(3), 867–878. <https://doi.org/10.1111/gcb.12381>
- Hirpa, T. (2014). *Response of Maize Crop To Spatial Arrangement and Staggered*. 3, 126–138.
- Hortus. (2020). *Maíz Marginal 28 Tropical*. Hortus.
- Htet, M. N. S., Soomro, R. N., & Bo, H. (2017). Effects of different planting pattern of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) intercropping in resource consumption on fodder yield, and silage quality. *American Journal of Plant Sciences*, 08(04), 666–679. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.84046>
- Huamán Santillán, R. (2022). *Adaptabilidad de Variedades de Trébol, en el Distrito de Molinopampa, Amazonas, Perú*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas.
- Hunt, J. R., Kirkegaard, J. A., Harris, F. A., Porker, K. D., Rattey, A. R., Collins, M. J., Celestina, C., Cann, D. J., Hochman, Z., Lilley, J. M., & Flohr, B. M. (2021). Exploiting genotype × management interactions to increase rainfed crop production: A case study from south-eastern Australia. *Journal of Experimental Botany*, 72(14), 5189–5207. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab250>
- Ibijbijen, J., Urquiaga, S., Ismaili, M., Alves, B. J. R., & Boddey, R. M. (1996). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition and nitrogen fixation of three varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *New Phytologist*, 134(2), 353–360. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1996.tb04640.x>

- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. In *Instituto Nacional de Estadística e Informática*.
- INIA. (2010). Maíz forrajero INIA 617 - CHUSKA. In *Inia* (p. 2).
- Javanmard, A., Amani Machiani, M., Lithourgidis, A., Morshedloo, M. R., & Ostadi, A. (2020). Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. *Cleaner Engineering and Technology*, 1(June), 100003. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100003>
- Jiménez-Calderón, J. D., Martínez-Fernández, A., Benaouda, M., & Vicente, F. (2018). A winter intercrop of faba bean and rapeseed for silage as a substitute for Italian ryegrass in rotation with maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(7), 983–993. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1406080>
- Kandil, E. E., Abdelsalam, N. R., Mansour, M. A., Ali, H. M., & Siddiqui, M. H. (2020). Potentials of organic manure and potassium forms on maize (*Zea mays* L.) growth and production. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65749-9>
- Kapoor, R., & Batra, C. (2015). Genetic Variability and Association Studies in Maize (*Zea mays* L.) for Green Fodder Yield and Quality Traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 6(1), 233–240.
- Kremen, C., & Miles, A. (2012). Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, 17(4). <https://doi.org/10.5751/ES-05035-170440>
- Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., & Vlachostergios, D. N. (2011). An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396–410.
- Liu, X., Rahman, T., Song, C., Su, B., Yang, F., Yong, T., Wu, Y., Zhang, C., & Yang, W. (2017). Changes in light environment, morphology, growth and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems. *Field Crops Research*, 200, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.003>
- Lopes, T., Xu, Q., Chen, J., Liu, Y., & Francis, F. (2016). Wheat (*Triticum aestivum* L.)-based intercropping systems for biological pest control: a review. *Pest Management Science*, 72(12), 2193–2202. <https://doi.org/doi:10.1002/ps.4332>

- Lopez-Ridaura, S., Barba-Escoto, L., Reyna-Ramirez, C. A., Sum, C., Palacios-Rojas, N., & Gerard, B. (2021). Maize intercropping in the milpa system. Diversity, extent and importance for nutritional security in the Western Highlands of Guatemala. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82784-2>
- Ma, D. L., Xie, R. Z., Niu, X. K., Li, S. K., Long, H. L., & Liu, Y. E. (2014). Changes in the morphological traits of maize genotypes in China between the 1950s and 2000s. *European Journal of Agronomy*, *58*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.04.001>
- Maguiña-maza, R. M., Luis, G., Cárdenas, P., Humberto, N., Ameri, C., Carolyn, S., Perez, F., Dávila, E. S., Noberto, H., Abad, P., Esteban, F., & Bautista, A. (2021). *Potencial agronómico , productivo , nutricional y económico de cuatro genotipos de maíz forrajero en el valle de Chancay , Perú*. *22*(3).
- Maingi, J. M., Shisanya, C. A., Gitonga, N. M., & Hornetz, B. (2001). Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semi-arid south-east Kenya. *European Journal of Agronomy*, *14*(1), 1–12. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00080-0](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00080-0)
- MINAGRI. (2017). Plan Nacional De Desarrollo Ganadero 2017 - 2027. In *Ministerio de Agricultura y Riego*.
- Mugi-Ngenga, E., Bastiaans, L., Anten, N. P. R., Zingore, S., Baijukya, F., & Giller, K. E. (2023). The role of inter-specific competition for water in maize-legume intercropping systems in northern Tanzania. *Agricultural Systems*, *207*(September 2022), 103619. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103619>
- Multari, S., Stewart, D., & Russell, W. R. (2015). Potential of Fava Bean as Future Protein Supply to Partially Replace Meat Intake in the Human Diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *14*(5), 511–522. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12146>
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H., & Amirmoradi, S. (2015). Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production*, *106*, 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.099>
- Navarro, B. L., Hanekamp, H., Koopmann, B., & von Tiedemann, A. (2020). Diversity of Expression Types of Ht Genes Conferring Resistance in Maize to *Exserohilum*

- turcicum. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607850>
- Odendo, M., Bationo, A., & Kimani, S. (2011). Fighting Poverty in Sub-Saharan Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Management. *Fighting Poverty in Sub-Saharan Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Management*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1536-3>
- Ouma, G., & Jeruto, P. (2010). Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 1098–1105. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.1098.1105>
- Rathod, S., Shinde, G., & Shinde, S. (2021). Genetic variability and path coefficient in maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(1), 2764–2768. <https://doi.org/10.4038/jas.v9i1.6352>
- Rediet, A., Walelign, W., & Sheleme, B. (2017). Performance variation among improved common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under sole and intercropping with maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 12(6), 397–405. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11794>
- Smith, A., Snapp, S., Dimes, J., Gwenambira, C., & Chikowo, R. (2016). Doubled-up legume rotations improve soil fertility and maintain productivity under variable conditions in maize-based cropping systems in Malawi. *Agricultural Systems*, 145, 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.03.008>
- Stoltz, E., & Nadeau, E. (2014). Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 169, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.09.004>
- Suresh, R., & Narmadha, R. (2021). *Maize With Green Legume Fodder Intercropping System. January*.
- Torres-Calderón, S., Huaraca-Fernández, J., Pezos, D. L., & Crisóstomo- Calderón, R. (2018). Asociación de cultivos , maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo association of crops , Corn And Legumes For The. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 15–22.
- Uher, D., Svečnjak, Z., Dujmović-Purgar, D., Jareš, D., & Horvatić, I. (2019). Influence

- of Intercropping Maize With Climbing Bean on Forage Yield and Quality. *Agrofor*, 4(3), 60–67. <https://doi.org/10.7251/agreng1903060u>
- Wang, Z. gang, Bao, X. guo, Li, X. fei, Jin, X., Zhao, J. hua, Sun, J. hao, Christie, P., & Li, L. (2015). Intercropping maintains soil fertility in terms of chemical properties and enzyme activities on a timescale of one decade. *Plant and Soil*, 391(1–2), 265–282. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2428-2>
- Yang, C., Fan, Z., & Chai, Q. (2018). Agronomic and Economic Benefits of Pea/Maize Intercropping Systems in Relation to N Fertilizer and Maize Density. *Agronomy*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy8040052>
- Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., & Yang, W. (2014). Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: Far-red ratio. *Field Crops Research*, 155, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.011>
- Zhang, F., Shen, J., Zhang, J., Zuo, Y., Li, L., & Chen, X. (2010). Rhizosphere Processes and Management for Improving Nutrient Use Efficiency and Crop Productivity. Implications for China. In *Advances in Agronomy* (1st ed., Vol. 107, Issue C). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)07001-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)07001-X)
- Zou, C., Ding, L., Zhang, Y., Wang, P., Chen, C., & Long, Z. (2021). Intercropping Effects of *Sophora davidii* and Silage Maize on Soil Physicochemical Properties, Enzyme Activities and Yield. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 769(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/769/3/032032>

ANEXOS

Figura 10

Área experimental



Figura 11

Semillas. a) Maíz (Zea mays) y b) frijol phaseolus vulgaris.

a



b



Figura 12

Desarrollo del cultivo. a) Germinación, b) 45 días, c) 105 días d) 165 días, después de la siembra.

