

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGRÓNOMA

---

Efecto de dos enmiendas orgánicas en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) asociado con zarandaja (*Lablab purpureus* L. Sweet).

---

ÁREA DE INVESTIGACIÓN:

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**Autor:**

Galoso Aranguri, Marjorie Astrid

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Valdivia Vega, Sergio Adrián.

**Secretario:** Barandiarán Gamarra, Miguel Ángel.

**Vocal:** Morales Skrabonja, César Guillermo.

**Asesor:**

Huanes Mariños, Milton Américo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-9681-6706>

TRUJILLO, PERÚ

2024

**Fecha de sustentación:** 2024/10/25

# TESIS GALLOSO ARANGURI- 01OCT24.docx

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

[repositorio.upao.edu.pe](https://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

5%

2

[www.slideshare.net](https://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

1%

3

[www.smcsmx.org](https://www.smcsmx.org)

Fuente de Internet

1%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Milton Américo Huanes Mariños, docente del Programa de Estudio Ingeniería Agrónoma, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Efecto de dos enmiendas orgánicas en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) asociado con zarandaja (*Lablab purpureus* L. Sweet)”, autora Marjorie Astrid Galloso Aranguri, dejo constancia de lo siguiente:

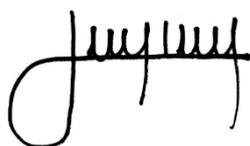
- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 6%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (01 de octubre del 2024).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la universidad.

Trujillo, 01 de octubre del 2024

Asesor: Milton Américo Huanes  
Mariños

DNI: 18154024

Firma:



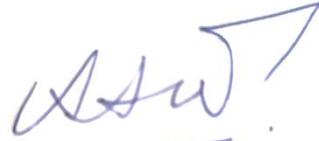
Autor: Marjorie Astrid Galloso  
Aranguri

DNI: 73252650

Firma:



La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



---

Ing. Mg. Sergio Adrián Valdivia Vega

PRESIDENTE



---

Ing. Dr. Miguel Ángel Barandiarán Gamarra

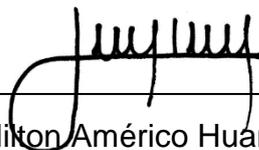
SECRETARIO



---

Ing. Mg. Cesar Guillermo Morales Skrabonja

VOCAL



---

Ing. Dr. Milton Américo Huanes Mariños

ASESOR

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, dedico este proyecto de tesis a Dios, mi Señor y Salvador, por haberme dado la bendición de vivir para Su gloria, y por brindarme fuerzas y recursos para seguir adelante en mi crecimiento profesional. A Él sea mi adoración y gratitud, como también cada logro que alcanzo en Su gracia.

También se lo dedico a mi familia, en especial a mis padres, quienes han demostrado un gran ejemplo de esfuerzo y amor sacrificial durante toda mi vida y en la de mis hermanos. Los amo demasiado, por ustedes es que estoy aquí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco tanto a Dios por Su bondad en mi vida, por haberme dado la oportunidad de poder dar marcha a este trabajo, por renovar mis fuerzas cada día y por permitirme culminarla satisfactoriamente.

Agradezco a mis padres, Mario y Astrid, por haberme dado ánimos y haberme ayudado en la manera de lo posible para seguir escalando en mi desarrollo como profesional, y por el amor y cuidado que me han dado hasta ahora. Asimismo, a mis hermanos Yemel, Joshua, Neshle y Mauro, por ser un soporte en mi vida y porque siempre confiaron en mis capacidades.

Agradezco también a mi asesor, el Dr. Milton Huanes Mariños, por la paciencia brindada, por su noble disposición a guiarme en todo este proyecto y trabajar en mi desarrollo profesional.

Finalmente, agradezco a todos mis amigos y seres queridos, aquellos que, en los tiempos buenos, pero sobre todo en los difíciles, me motivaron a superarme y en el proceso me dieron su apoyo incondicional junto a sus palabras de afirmación.

## ÍNDICE

	Pág.
CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE .....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA .....	3
2.1. El cultivo de maíz .....	3
2.1.1. Descripción botánica .....	3
2.1.2. Origen y distribución.....	3
2.1.3. Condiciones agroecológicas .....	3
2.1.4. Maíz forrajero .....	4
2.2. Cultivo de zarandaja .....	5
2.2.1. Taxonomía .....	5
2.2.2. Origen y distribución.....	5
2.2.3. Condiciones agroecológicas .....	5
2.2.4. Producción en Perú.....	6
2.3. Cultivos asociados .....	6
2.4. Fertilización .....	7
2.4.1. El nitrógeno y su importancia .....	7
2.4.2. Fertilización química.....	8
2.4.3. Fertilización orgánica .....	9
2.4.3.1. Definición .....	9
2.4.3.2. Abonos y enmiendas orgánicas .....	9
2.4.3.2.1. Avibiol Bioefector.....	10
2.4.3.2.2. ROOT-IM 2X .....	10

III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Ubicación del experimento .....	13
3.2. Materiales y equipos .....	13
3.2.1. Biológicos .....	13
3.2.2. Insumos .....	13
3.2.3. Materiales de laboratorio .....	13
3.3. Metodología .....	14
3.3.1. Características generales .....	14
3.3.2. Características de las parcelas experimentales .....	14
3.3.3. Tratamientos estudiados .....	14
3.4. Establecimiento y conducción del experimento .....	15
3.4.1. Preparación del terreno .....	15
3.4.2. Siembra y resiembra .....	15
3.4.3. Fertilización .....	16
3.4.4. Riego .....	16
3.4.5. Control de malezas .....	16
3.4.6. Aporque .....	16
3.4.7. Control fitosanitario .....	17
3.4.8. Cosecha .....	17
3.5. Variables evaluadas .....	17
3.5.1. Altura de planta .....	17
3.5.2. Materia fresca .....	18
3.5.3. Materia seca .....	18
3.5.4. Rendimiento .....	18
3.5.5. Análisis de proteínas .....	18
3.6. Método estadístico y análisis de datos .....	19

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Altura de planta .....	20
4.2. Materia fresca total.....	23
4.3. Materia seca total .....	26
4.4. Rendimiento .....	29
4.5. Proteína bruta .....	31
VI. CONCLUSIONES .....	33
VII. RECOMENDACIONES .....	34
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	35
IX. ANEXOS .....	39

**ÍNDICE DE CUADROS**

	Pág.
Cuadro 1. Tratamientos estudiados en el proyecto .....	15
Cuadro 2. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de altura de plantas de maíz a los 85 días de cultivo.....	20
Cuadro 3. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de altura de plantas de zarandaja a los 85 días de cultivo.....	22
Cuadro 4. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia fresca total de maíz forrajero entre tratamientos .....	23
Cuadro 5. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia fresca total de zarandaja entre tratamientos. ....	25
Cuadro 6. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia seca total en el cultivo de maíz forrajero entre tratamientos.....	27
Cuadro 7. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia seca total en el cultivo de zarandaja entre tratamientos.. ....	28
Cuadro 8. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio del rendimiento entre tratamientos.....	30

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 1. Localización Campus UPAO II. Fuente: Google Maps .....	13
Figura 2. Promedio de altura de plantas de maíz forrajero a los 85 días de cultivo. ....	21
Figura 3. Promedio de altura de plantas de zarandaja a los 85 días de cultivo .....	22
Figura 4. Promedio de materia fresca total de maíz forrajero entre tratamientos, en kilogramos por parcela .....	24
Figura 5. Promedio de materia fresca total de zarandaja entre tratamientos, en kilogramos por parcela .....	25
Figura 6. Promedio de materia seca total en el cultivo de maíz forrajero entre tratamientos, expresados en kilogramos por parcela .....	27
Figura 7. Promedio de materia seca total en el cultivo de zarandaja entre tratamientos, expresados en kilogramos por parcela .....	29
Figura 8. Promedio de rendimiento entre tratamientos, maíz forrajero y zarandaja, expresado en toneladas por hectárea .....	30
Figura 9. Porcentaje de proteína bruta promedio entre tratamientos.....	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cuadro resumen de los cuadrados medios y significación estadística de los parámetros estudiados.....	39
Anexo 2. Cuadro de los valores promedio de cada parámetro evaluado, según tratamiento: promedio total, promedio de tratamientos con Avibiol Bioefector, y promedio de tratamientos con ROOT-IM 2X .....	40
Anexo 3. Surcado del terreno con palana.....	41
Anexo 4. Terreno surcado y con rafia previo a siembra .....	41
Anexo 5. Siembra de maíz y zarandaja .....	41
Anexo 6. Plántulas de maíz y zarandaja con primeras hojas.....	42
Anexo 7. Fertilizante aplicado al lado del maíz, aplicación manual de NPK, con ayuda de una medida. ....	42
Anexo 8. Aplicación de enmiendas orgánicas por drenchado, productos orgánicos aplicados. ....	42
Anexo 9. Riego después de la siembra, por gravedad .....	43
Anexo 10. Desmalezado con herbicida y manual con ayuda de un azadón.....	43
Anexo 11. Aporque de maíz .....	43
Anexo 12. Aplicaciones con mochila y preparación de productos .....	44
Anexo 13. Cosecha de proyecto de tesis.....	44
Anexo 14. Primera y segunda evaluación de altura.....	44
Anexo 15. Pesaje de mazorcas de una parcela en balanza. ....	45
Anexo 16. Muestras en estufa a 80°C por tres días y pesado de materia seca con balanza digital .....	45
Anexo 17. Peso de cosecha con balanza romana y vista de parcelas luego de la cosecha.....	45
Anexo 18. Triturado de tratamientos para recoger muestras para análisis de proteínas, muestras secas y molidas.....	46
Anexo 19. Método de Kjeldhal para determinar porcentaje de proteína bruta: muestras en el digestor y durante titulación. ....	46

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo lugar en el Campus UPAO II, el cual está ubicado en el sector Nuevo Barraza, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, región La Libertad. Tuvo como objetivo determinar el efecto de distintas dosis (50, 100 y 200 L/ha) de dos enmiendas orgánicas (AVIBIOL BIOEFECTOR y ROOT-IM 2X) en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L. var. CHUSKA) asociado con zarandaja (*Lablab purpureus* L. Sweet). El diseño experimental estuvo compuesto de Bloques Completos al Azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, materia fresca y seca total de ambos cultivos por separado, rendimiento por hectárea y porcentaje de proteína bruta. Los resultados mostraron que el tratamiento T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha) sobresale del resto de tratamientos con una producción de 82 t/ha, frente a las 69.9, 69.7, 65.5, 65.2 y 62.9 T/ha del resto de tratamientos. Asimismo, se encontró que los tratamientos con enmiendas orgánicas obtuvieron rendimientos más altos comparados al testigo, así como en la mayoría de parámetros evaluados, por lo que se concluye que el efecto de enmiendas orgánicas como AVIBIOL BIOEFECTOR y ROOT-IM 2X contribuye en un aumento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de maíz forrajero asociado con zarandaja. También se concluyó que el tratamiento testigo con solo zarandaja obtuvo un alto nivel de proteína bruta con 16.05%, seguido por el tratamiento T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha) con 9.95%. Sin embargo, en un aspecto general, la asociación de zarandaja con maíz forrajero no aumentó el porcentaje de proteínas en el forraje, tanto en el testigo como en los tratamientos con materia orgánica, ya sea por un poco desarrollo de la planta debido a una mala variedad. Se recomienda replicar el proyecto con otra variedad de zarandaja, y evaluar el efecto de las enmiendas orgánicas, tanto AVIBIOL BIOEFECTOR como ROOT-IM 2X, en distintos cultivos y bajo diferentes dosis.

Palabras clave: cultivo asociado, zarandaja, Avibiol Bioefector, rendimiento, proteína bruta.

## ABSTRACT

This research work took place at the UPAO Campus II, which is located in Nuevo Barraza sector, district of Laredo, province of Trujillo, La Libertad region. The purpose of this work was to determine the effect of different doses (50, 100 and 200 L/ha) of two organic amendments (AVIBIOL BIOEFECTOR and ROOT-IM 2X) on the vegetative and productive development of forage corn (*Zea mays* L. var. CHUSKA) associated with lablab bean (*Lablab purpureus* L. Sweet). The experimental design was composed of Randomized Complete Blocks, with 7 treatments and 4 replications. The variables evaluated were: plant height, fresh and dry weight of both crops, yield per hectare and crude protein percentage. The results showed that treatment T6 (ROOT-IM 2X with 100 L/ha) stood out from the rest of the treatments with a yield of 82 t/ha, compared to 69.9, 69.7, 65.5, 65.2 and 62.9 t/ha for the rest of the treatments. It was also found that the treatments with organic amendments obtained higher yields compared to the control, as well as in most of the parameters evaluated, so it is concluded that the effect of organic amendments such as AVIBIOL BIOEFECTOR and ROOT-IM 2X contributes to an increase in the vegetative and productive development of the forage corn crop associated with lablab bean. It was also concluded that the control treatment with only lablab bean obtained a high level of crude protein with 16.05%, followed by treatment T6 (ROOT-IM 2X with 100 L/ha) with 9.95%. However, in general, the association of lablab bean with forage corn did not increase the percentage of protein in the forage, both in the control and in the treatments with organic matter, perhaps due to poor plant development due to a poor variety. It is recommended to replicate the project with another variety of lablab bean, and to evaluate the effect of the organic amendments, both AVIBIOL BIOEFECTOR and ROOT-IM 2X, in different crops and with different dosage.

Keywords: associated crop, lablab bean, Avibiol Bioefector, yield, crude protein.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú es reconocido por poseer una notable diversidad genética de maíz representada por 52 razas (Grobman, Salhuana, Sevilla y Mangelsdorf, 1961). El maíz es uno de los principales cultivos de nuestro país. Anualmente, se siembran alrededor de 520 mil hectáreas a nivel nacional, y aproximadamente 82 mil familias dependen directamente de esta actividad, subrayando así su relevancia socioeconómica para el país (Hortus, 2020). En el caso del maíz forrajero, es sabido que constituye un principal alimento para el ganado a nivel mundial. En el Perú su producción se encuentra extendida en todas las regiones, y es consumido por los animales sea en grano, rastrojo y ensilaje (MINAGRI, 2017, citado por Flores, 2020).

Por otro lado, las leguminosas son parte muy importante en la dieta de los pobladores en nuestro país, y son cultivadas en todo el territorio peruano, proporcionando ingresos a más de 140 mil familias de agricultores. En los últimos 15 años, la producción de legumbres experimentó un notable crecimiento, duplicándose de 145 mil toneladas métricas en 1997 a 275 mil toneladas métricas en el 2014. (Agencia Agraria de Noticias, 2015). Sin embargo, las leguminosas también constituyen una fuente forrajera importante por su alto contenido de proteínas y su alta palatabilidad. En la costa peruana, la demanda de forraje para la cría de ganado es bastante alta, por lo que los ganaderos, pequeños y medianos, utilizan rastrojo de maíz grano para suplir la escasez.

Actualmente, una de las metas principales en la agricultura es poder asegurar un desarrollo sostenible y benéfico con el medio ambiente y para los consumidores finales. Es por eso que la fertilización en base a biofertilizantes y enmiendas orgánicas ha ido ganando notoriedad en la producción agrícola, donde se espera poder reemplazar los fertilizantes químicos por una opción más económica y eficiente en el aumento del rendimiento de cultivos y un mayor acondicionamiento del suelo.

La eficiencia de la fertilización orgánica como complemento a la química aún se encuentra en proceso de investigación de manera global. La elaboración de este proyecto buscó obtener resultados que logren esclarecer a mayor detalle la función de las enmiendas orgánicas en el desarrollo y rendimiento de los cultivos, como el maíz y las leguminosas.

Debido a la obtención de forrajes pobres en proteínas y aminoácidos (lisina) a base del cultivo de maíz, es necesario practicar cultivos asociados del maíz con leguminosas, específicamente con zarandaja (*Lablab purpureus* L. Sweet), el cual promueve un alza en la cantidad de proteínas. De esta manera, alimento de mejor calidad es llevado al ganado para una mejor producción futura.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Cultivo de maíz

#### 2.1.1. Descripción botánica de la planta de maíz

El maíz es una especie anual, monoica, con flores masculinas en la panoja y flores femeninas en las mazorcas lo que condiciona su polinización cruzada. Su sistema radicular, que puede llegar a profundidad de más de 180cm, tiene dos tipos de raíces: una radícula al inicio del ciclo vegetativo y un grupo de raíces adventicias, formadas en los primeros entrenudos a manera de cono invertido. Su tallo puede llegar a tener entre 20 a 30 nudos y entrenudos. Las hojas son largas y lanceoladas, con una marcada nervadura central, y nacen de yemas ubicadas en los nudos de forma alterna. La panoja es la estructura sexual masculina que crece al final del tallo y en la que se forman de 15 a 50 millones de granos de polen. La mazorca es la inflorescencia sexual femenina, que nace de yemas axilares de la planta, en la cual se forman los granos en hileras pares. Estos granos son frutos de tipo cariopse (Barandiarán, 2020).

#### 2.1.2. Origen y distribución

Se hallaron restos antiguos en México de este cultivo, con mazorcas de más de 5000 años de antigüedad. En consecuencia, se ha atribuido a Mesoamérica como centro de origen del maíz, que con el tiempo fue extendiéndose al resto del mundo, siendo la zona andina el segundo lugar de diversificación (Tapia y Fries, 2007; Acosta, 2009; citados por Sánchez, 2014).

#### 2.1.3. Condiciones agroecológicas

Cuando se refiere al suelo, se estima que en variedades tempranas se recomiendan suelos arenosos o limosos; mientras que, en variedades tardías, un suelo ideal sería el limoso o arcilloso. El pH adecuado para maíz debe estar en un rango de 5.5 a 6.5, suelos ácidos a neutros; y requiere humedad y buen drenaje (Kogut, 2023). Suelos salinos pueden ser tolerados siempre y cuando no excedan a los 4 mmhos/cm, caso contrario se considera un suelo dañino para la planta (Barandiarán, loc.cit.).

Con respecto al clima, crecen de manera ideal en temperatura que oscilan entre 20 y 22°C a lo largo de todo el período vegetativo, y si lleva buena humedad en el suelo puede prosperar hasta en los 35°C. Para lograr un rendimiento óptimo, la cantidad ideal de precipitaciones durante una temporada de cultivo se sitúa entre 45 y 50 cm (Kogut, loc. cit).

Y por último, en lo referente al agua, se constituye como un factor esencial en el desarrollo y rendimiento del cultivo, sobre todo en las primeras semanas del ciclo productivo y en las dos semanas antes de la floración, momento crucial para la producción de grano. Es necesario tener en cuenta que también es sensible a una saturación en el riego, provocando la muerte de las plantas por ausencia de oxígeno (Barandiarán, loc.cit.).

#### 2.1.4. Maíz forrajero

El maíz, sea de cualquier variedad, representa una gran opción para la alimentación del ganado dada su adaptabilidad y rendimiento de biomasa. Se recomienda, asimismo, variedades de porte alto que garanticen una mayor proporción de biomasa. Las variedades híbridas suelen tener menor tamaño por lo que se obtiene menos forraje (Amador y Boschini, 2000; citados por Urteaga, 2018).

El consumo de maíz como forraje es muy versátil pudiendo consumirse en fresco, seco y conservado como ensilado. En este último caso, es importante considerar que la calidad productiva de maíz influye en la alimentación de los animales. Por este motivo, en los procesos de ensilaje se busca alcanzar un elevado rendimiento de materia seca, priorizando una fermentación óptima y un consumo adecuado por parte de los animales. Además, es menester destacar que la distribución de la materia seca, así como el proceso de envejecimiento y preservación, son factores fundamentales para determinar el valor nutricional del maíz (Fassio *et al.*, 2018; citado por Flores, 2020).

## 2.2. Cultivo de zarandaja

### 2.2.1. Taxonomía

La zarandaja, conocida también como frijol chileno, lenteja bocona o poroto, pertenece a las leguminosas y posee una gran variabilidad genética (Whitbread y col., 2010, citado por González *et al.*, 2018). Su clasificación taxonómica es la siguiente:

- Reino: *Plantae*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: *Fabales*
- Familia: *Fabaceae*
- Género: *Lablab*
- Especie: *Lablab purpureus* L. Sweet.

### 2.2.2. Origen y distribución

Su centro de origen se ubica en los continentes de Asia y África (Laguna, 2001, citado por Galarza, 2017), desde donde se extendió en zonas de América del Sur (Bruce y col., 2001, citado por Galarza, loc. cit.) así como en zonas tropicales y subtropicales (Kimani y col., 2012, citado por González, 2018).

### 2.2.3. Condiciones Agroecológicas

La zarandaja requiere un clima que pueda oscilar entre los 18 y 30°C. Si bien se adapta a cualquier tipo de suelo, este cultivo prefiere los de buen drenaje y de textura franca (ya sea arenosa, arcillosa o limosa). Son muy tolerantes a las sequías dada la profundidad a la que puede llegar su sistema radicular (Tapia y Ramírez, 2023).

#### 2.2.4. Producción en Perú

Las zonas productoras de esta leguminosa se ubican principalmente en la costa norte, en las regiones La Libertad (Chepén), Lambayeque y Piura donde es sembrada entre febrero y agosto y cosechada entre julio y enero; y en la Sierra, específicamente en los valles interandinos de Cajamarca, cercanos a la costa, cuya siembra ocurre entre los meses de marzo y abril, para ser cosechada entre agosto y setiembre (Valladolid, 2016).

#### 2.3. Cultivos asociados

Mientras que los monocultivos son definidos como la producción de un solo cultivo en un área agrícola; un policultivo es la producción de dos cultivos o más, que comparten una misma área agrícola. Cuando estos cultivos se desarrollan mezclados unos con otros es que son considerados cultivos asociados (Márquez, 1981, citado por Gómez y Zavaleta, 2001).

Esta estrategia puede constituir una buena alternativa en la producción agrícola, ya que trae distintas ventajas. La asociación de cultivos puede fomentar un aumento en la biodiversidad biológica, ya que los recursos naturales existentes en el entorno son optimizados y aprovechados, resultando en un incremento del rendimiento de los cultivos y la posibilidad de reducir las pérdidas de cosecha. También aporta protección contra las plagas y enfermedades (Francis, 1990, citado por Zavaleta, loc. cit.).

Un ejemplo del beneficio de la asociación de cultivos en una misma parcela es la presentada entre el maíz y las leguminosas. Por un lado, el maíz aporta sostén a la leguminosa, que se caracteriza por ser una planta trepadora, mientras que las leguminosas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno de la atmósfera y ponerlo disponible a las plantas (Contreras, 2021).

## 2.4. Fertilización

### 2.4.1. El nitrógeno y su importancia

El nitrógeno es un macronutriente fundamental para la vida en general. Al formar parte de los aminoácidos, son base de las proteínas, necesarias para una correcta actividad metabólica de todo ser vivo (Andreu *et al.*, 2006).

El nitrógeno puede ser encontrado tanto en la atmósfera y en el suelo, de manera mineral, como nitratos y amonio, que son las formas disponibles para las plantas, en las que son transformadas, entre otros compuestos, en proteínas que son aprovechadas por los seres humanos y los animales para una buena nutrición (Schenk, 2005, citado por Andreu *et al.*, loc. cit.).

Los cultivos como el maíz precisan del nitrógeno para un correcto desarrollo vegetativo y reproductivo. A su vez, el rendimiento está directamente relacionado con una apropiada fertilización de nitrógeno (Ruiz *et al.*, 2012). Este nutriente es esencial para la producción agrícola, especialmente en la actualidad, dada la urgencia por garantizar altas producciones de cultivos para la creciente demanda de la población mundial (Andreu *et al.*, loc.cit.).

Una deficiencia de nitrógeno en la planta es claramente expresada por una reducción en el crecimiento. A menos masa foliar, habrá menos captación de radiación foliar, menos tasa fotosintética y finalmente, un menor rendimiento. Esta carencia se puede identificar al observar clorosis o amarillamiento en las hojas más viejas, llegando a expandirse por toda la planta en situaciones severas (Ruiz *et al.*, loc. cit.).

#### 2.4.2. Fertilización química

Por años la fertilización con productos químicos ha logrado un incremento en la producción de la agricultura, brindando un incremento en los alimentos que mantienen a millones de familias alrededor del mundo.

Entre los beneficios de la fertilización mineral, consideramos la creación de una amplia variedad de productos que llevan los nutrientes esenciales con una mejor asimilación para la planta, siendo más sencillo la captación por las raíces. A su vez, es importante enfatizar que un incremento en la producción agrícola aumenta el empleo de dióxido de carbono ambiental y su inserción en la materia orgánica del suelo (Andreu *et al.*, loc.cit.).

Por otro lado, la recomendación de un mayor cuidado en la aplicación de estas sustancias es más frecuente. El suelo agrícola debe contar con una óptima dosis de fertilización, no solo para recuperar la cantidad de nutrientes llevadas por los cultivos, sino también para otorgar a las plantas los elementos indispensables que requieran según su etapa fenológica. Una sobre fertilización mineral genera daños ambientales por la alta contaminación de agua de riego y suelos agrícolas, un efecto pernicioso para la salud (Ruiz *et al.*, loc.cit.).

La fertilización nitrogenada en el cultivo del maíz debe tener la función de mejorar las concentraciones de nitrógeno disponible para la planta, logrando así no solo una mejor rentabilidad sino también impedir cantidades que sean perjudiciales para el medio (Salvagiotti, 2011).

La urea es el fertilizante nitrogenado más popular para la fertilización en el campo de la agricultura, debido a que tiene la mayor concentración de nitrógeno, de 45 a 46% N (Ruiz *et al.*, loc.cit.). Con todo, es un compuesto altamente soluble en el agua y ser capaz de evaporarse, llevando el riesgo de no ser correctamente aprovechado por el cultivo debido a las pérdidas del fertilizante (Flores *et al.*, 2004).

### 2.4.3. Abonamiento orgánico

#### 2.4.3.1. Definición

El abonamiento orgánico o ecológico ha formado parte de las prácticas agrícolas desde tiempos muy remotos; sin embargo, ha tomado mayor estudio por el propósito de encontrar alternativas más sostenibles con el ambiente y evitar a manera parcial o completa el empleo de fertilizantes y productos químicos (Jácome, 2011).

Uno de los objetivos principales de este tipo de fertilización no solo es el de aportar elementos esenciales a las plantas (el cual es menor en proporción a la disponibilidad de nutrientes encontrados en productos minerales), sino el de proporcionar a los suelos una mejora en sus propiedades físico-químicas y su actividad microbiológica (García-Serrano *et al.*, 2010). El suelo y su estructura es un factor destacable en el acondicionamiento de la nutrición y productividad de los cultivos (Espinosa *et al.*, 2009).

#### 2.4.3.2. Abonos y Enmiendas orgánicas

Tienen su origen de la degradación de diversos restos orgánicos, sean de origen animal o vegetal causada por la actividad de cientos de microorganismos existentes en el medio ambiente para convertirlos en productos que aportan nutrientes al suelo y también al conjunto de plantas que se desarrollan en él (Libreros, 2012, citado por Ramos y Terry, 2014).

Son también llamados mejoradores de suelo debido a su aporte en la optimización de su estructura, aumentando la aireación, facilitando la infiltración del agua, el desarrollo de raíces en las plantas, y hasta un mayor aprovechamiento de macro y micronutrientes. Tienen la función de aumentar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de forma que promueve una reducción de pérdidas de nutrientes por lixiviación y los mantiene disponibles para el consumo de la planta (Contreras *et al.*, 2002).

Las enmiendas orgánicas brindan al suelo los nutrientes y la materia orgánica necesarios, beneficiando la fertilidad del suelo y la nutrición vegetal. (Pool- Novelo *et al.*, 2000, citado por Álvarez *et al.*, 2010).

Pese a ello, no poseen una alta cantidad de nutrientes esenciales como en el caso de los fertilizantes (Swift y Anderson, 1993, citado por Álvarez *et al.*, 2010).

#### 2.4.3.2.1. Avibiol Bioefector

El biol es un abono líquido resultado de la descomposición anaeróbica de residuos animales (estiércol) y vegetales, disueltos en agua. Esta transformación ocurre en un biodigestor, separando la parte líquida de la sólida, resultando en un producto libre de olores (Coronel, 2014, citado por Mena y López, loc.cit.).

Avibiol Bioefector es un líquido compuesto por microorganismos y elementos naturales activos obtenidos en un proceso de fermentación sin oxígeno. Se genera de la degradación de la gallinaza (residuos de gallinas ponedoras), y es descrito como un biofertilizante que mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Con ello, favorece el crecimiento de las plantas, mejora el desarrollo de raíces y el macollamiento, estimula la floración y aumenta el cuajado y llenado de frutos, granos y vainas (Avibiol, 2020). El término “Bioefector” fue acuñado en los últimos años, al conformarse como un componente que influye, sea de manera directa o indirecta en el rendimiento de las plantas, y por consecuencia disminuir la aplicación de fertilizantes químicos y pesticidas (Agencia Nacional de Noticias, 2022).

#### 2.4.3.2.2. ROOT-IM 2X

ROOT-IM 2X es calificado por su formulador, Innovación Microbina Agro SAC, como un consorcio microbiano líquido, con color marrón oscuro y olor característico, el cual posee en su composición principal aminoácidos libres (2.5%), microorganismos rizosféricos, macro y micronutrientes complejados con tecnología T-IM.

Entre los beneficios que brinda a los cultivos se mencionan el permitir un óptimo desarrollo de la raíz, potenciar la fertilidad biológica del suelo, la asimilación de nutrientes que se encuentran bloqueados en el suelo para su correcta absorción, fomentar el equilibrio de la rizósfera con ayuda de microorganismos benéficos que producen raíces activas con mayor duración; y finalmente, tiene la función de potenciar los procesos fisiológicos de la planta y de esa manera aumentar la eficiencia de la fertilización edáfica.

Un apropiado programa de fertilización de nitrógeno tiene gran influencia sobre el rendimiento del cultivo de maíz, dado que una leve carencia de este macroelemento limita considerablemente el pleno desarrollo de la planta, y con ello afecta su producción. Por ello, en Argentina se realizó un conjunto de 11 pruebas experimentales con el propósito de estudiar la influencia de distintas dosis crecientes de nitrógeno en el rendimiento de maíz plantado en época temprana. Se llegó a la conclusión que la cantidad óptima de nitrógeno desde una perspectiva agronómica fue de 263 kg/ha; sin embargo, al tener en cuenta la relación de precios entre el maíz y el nitrógeno usualmente observada, la cantidad que resultó en la maximización del margen económico fue de 218 kg/ha (Pagnan, L. et al., 2023).

En relación a la interacción de nitrógeno y biol en el rendimiento del cultivo, se llevó a cabo otro estudio en Nicaragua con el objetivo de analizar la respuesta del maíz a diferentes aplicaciones de biol, urea y una combinación de ambos, haciendo una comparación con un testigo absoluto. En los cuatro tratamientos se evaluaron tanto altura de planta y área foliar como el rendimiento y calidad de mazorcas, así como materia seca. Se concluyó que, en cuanto a altura de planta, el testigo y la combinación de biol + urea tuvieron mejores resultados que el resto de tratamientos. En cuanto al rendimiento, las plantas con solo fertilización nitrogenada lograron un óptimo desarrollo de mazorca. Al analizar la materia seca, la combinación de biol y nitrógeno obtuvo un alto valor. En peso de grano, el tratamiento donde solo se aplicó biol tuvo una mayor valoración, así como también en el análisis económico (Mena y López, 2022).

En nuestra región La Libertad, se realizó un proyecto de investigación con el propósito de analizar la influencia de tres dosis de biol y tres dosis de Avibiol Bioefector complementados con fertilización nitrogenada (150 kg N) en la producción de maíz forrajero, haciendo una comparación con el testigo (solo Nitrógeno). Estos siete tratamientos se distribuyeron con tres repeticiones bajo el Diseño de bloques completamente al azar. Se evaluaron parámetros como: altura de planta, número de hojas, días a la floración, kilogramos de mazorca por planta y kilogramos de mazorca y plantas por parcela. Se concluyó que ningún tratamiento tuvo una diferencia significativa en todos los parámetros evaluados, por lo cual no se encontró algún resultado favorable en el uso de biol como Avibiol Bioefector. Se recomendó volver a realizar este experimento con dosis más altas o bajas, y probarlo en otros cultivos (Urteaga, 2018).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del Experimento

El proyecto tomó lugar en el Campus II, de propiedad de la Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO, situado en Barraza perteneciente al distrito de Laredo, valle Santa Catalina, provincia de Trujillo, región La Libertad.



Figura 1. Localización Campus UPAO II. Fuente: Google Maps, 2024.

#### 3.2. Materiales y Equipos

##### 3.2.1. Biológicos:

Semillas de maíz forrajero (*Zea mays* L.) variedad INIA-617 CHUSKA, semillas de zarandaja (*Lablab purpureus* L. Sweet) variedad Chile.

##### 3.2.2. Insumos:

Fertilizantes químicos (NPK), enmienda Avibiol Bioefector, enmienda ROOT-IM 2X, insecticidas, fungicidas, veneno para ratas.

##### 3.2.3. Equipos de Laboratorio

Estufa, equipo para método Kjeldahl.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Características generales

Número de tratamientos	: 7
Número de repeticiones	: 3
Área neta del experimento	: 315 m <sup>2</sup>
Largo de campo experimental	: 35 m <sup>2</sup>
Ancho de campo experimental	: 9 m <sup>2</sup>

#### 3.3.2. Características de las parcelas experimentales

Número de parcelas	: 21
Largo de cada parcela	: 5 m
Ancho de cada parcela	: 3 m
Área neta	: 15 m <sup>2</sup>
Número de surcos por parcela	: 5
Distanciamiento entre surcos	: 0.6 m
Distanciamiento entre golpes	: 0.3 m
Área con valor estadístico (3 surcos centrales)	: 9 m <sup>2</sup>

#### 3.3.3. Tratamientos estudiados

Se evaluaron dos enmiendas orgánicas, AVIBIOL BIOEFECTOR y ROOT-IM 2X, cada uno en tres dosis: 50, 100 y 200 L/ha, comparado con un testigo absoluto. Los 7 tratamientos resultantes se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en el proyecto.

<b>N°</b>	<b>Código</b>	<b>Detalle (dosis L/ha)</b>
<b>1</b>	Testigo	-
<b>2</b>	AV50 (Avibiol Bioefector)	50
<b>3</b>	AV100 (Avibiol Bioefector)	100
<b>4</b>	AV200 (Avibiol Bioefector)	200
<b>5</b>	R50 (ROOT-IM 2X)	50
<b>6</b>	R100 (ROOT-IM 2X)	100
<b>7</b>	R200 (ROOT-IM 2X)	200

### 3.4. Establecimiento y conducción del experimento

#### 3.4.1. Preparación del terreno

En primer lugar, se hizo la delimitación del terreno con estacas y se procedió al riego de machaco. Días después se eliminaron los rastrojos y las malezas. Una vez hecha la limpieza de terreno, con el suelo en capacidad de campo, se llevó a cabo el arado y surcado (Anexo 3). Se finalizó con el marcado de las parcelas experimentales con ayuda de estacas y rafia (Anexo 4).

#### 3.4.2. Siembra y resiembra

Las semillas fueron desinfectadas con Benzomil 500, para evitar daños por hongos. Primero se sembró el maíz, a dos semillas por golpe, a 30 cm de distancia entre golpes. Una vez sembrado el maíz, se procedió a la siembra de zarandaja, tres semillas por golpe, ubicadas entre dos golpes de maíz (Anexo 5). Las plantas emergieron de 4 a 5 días posterior a la siembra (Anexo 6). La resiembra empezó a los 7 días después de la siembra.

### 3.4.3. Fertilización

Se llevó a cabo la fertilización química a los 9 días de siembra con NPK (150-100-100) en forma manual, a todas las parcelas del experimento. El nitrógeno se fraccionó en dos: 50% a los 9 días de siembra y 50% 30 días después de la primera; el fósforo y el potasio se aplicaron todo a la siembra. en una sola aplicación a los 9 días de siembra. Los fertilizantes fueron urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio (Anexo 7).

En cuanto a las enmiendas orgánicas, las dosis de Avibiol Bioefector y ROOT-IM 2X fueron aplicadas de acuerdo a cada tratamiento por drenchado (bañando el cuello de la planta con la solución ayudado de una mochila fitosanitaria), empezando a los 15 días de la emergencia, un total de 3 veces cada 15 días (Anexo 8).

### 3.4.4. Riego

Los riegos se realizaron en las mañanas, dos veces por semana o de acuerdo a la necesidad del cultivo. Los riegos se hacían los martes y sábados, con una duración de 30 a 40 minutos. En total, se dieron 21 riegos después de la siembra del cultivo (Anexo 9).

### 3.4.5. Control de malezas

Para evitar competencia de agua y nutrientes, el desmalezado se hizo de dos maneras: con ayuda de un herbicida selectivo (Basagran 600), una aplicación a los 10 días después de la siembra en la parte lateral del lomo (opuesto a los cultivos). Posteriormente, se desmalezó de manera manual con azadón (Anexo 10).

### 3.4.6. Aporque

A los 20 días después de la siembra se realizó el aporque del maíz. Con ayuda de una palana, se acumuló tierra alrededor de la base de las plantas, para así brindarles soporte, asegurando de que la zarandaja no quede enterrada (Anexo 11).

### 3.4.7. Control fitosanitario

Se aplicaron distintos productos contra gusano cogollero, entre ellos Methomyl, *Bacillus thuringiensis*, Alpha-cipermetrina e Imidacloprid, con un adherente, con ayuda de una mochila, las dosis dependiendo del producto y la etapa del cultivo. Cuando el maíz tuvo una altura considerable, se aplicaron granulados dentro del cogollo de manera manual. Para la zarandaja especialmente se usó Benomyl para prevenir enfermedades por hongo, así como Imidacloprid para controlar caracha (Anexo 12).

Finalmente, se aplicó en el contorno del campo veneno para ratas por la infestación de roedores que causaban daño en las primeras etapas de los cultivos.

### 3.4.8. Cosecha

Cuando los granos llegaron al estado pastoso, a los 89 días de cultivo, se procedió a cosechar ambos cultivos. Con ayuda de un machete, se cortó a 10 cm del suelo, tanto el maíz como la zarandaja. Los tres surcos centrales fueron destinados a las respectivas evaluaciones del proyecto, y más adelante lo que no se recolectó fue llevado al consumo del ganado del Campus UPAO II (Anexo 13).

## 3.5. Variables evaluadas

### 3.5.1. Altura de planta

Con ayuda de cinta métrica y luego de una regla de madera de tres metros, se procedió a medir la altura de ambos cultivos, desde la base del suelo hasta el último nudo/brote. Se realizaron tres evaluaciones, a los 30, 60 y 83 días de cultivo (Anexo 14).

### 3.5.2. Materia fresca

A los 84 días de cultivo, se evaluó el peso fresco sacando tres plantas por especie de cada unidad experimental. Se pesaron por separado la mazorca, tallo y hojas el maíz, y el tallo y hojas de la zarandaja. Se calculó con eso el peso fresco total por planta y luego el peso promedio por parcela (Anexo 15).

### 3.5.3. Materia seca

Una vez calculado el peso fresco, para cada unidad experimental se picaron y mezclaron todas las muestras de las plantas, y de ello sacar 100g de muestra homogeneizada de cada órgano. En total, se llevaron 5 muestras por parcela (mazorca, hojas, tallo de maíz, hojas y tallo de zarandaja), para ser llevadas a la estufa del laboratorio. Una vez secas, se calculó su peso con ayuda de una balanza digital. Se calculó luego el peso seco total y promedio por parcela (Anexo 16).

### 3.5.4. Rendimiento

Se cosecharon los tres surcos centrales de cada parcela (un área de 9 m<sup>2</sup>), y con ayuda de una balanza romana se estimó el peso total cosechado por parcela. Con ese dato se pudo hacer una proyección para calcular el rendimiento por hectárea para cada parcela (Anexo 17).

### 3.5.5. Análisis de proteínas

El mismo día de la cosecha se trituraron tres plantas por tratamiento y se tomaron muestras homogeneizadas, las cuales se secaron en la estufa, molieron y posteriormente llevados para determinar su porcentaje de proteína bruta mediante el método de Kjeldahl (Anexo 18).

Se llevaron a cabo dos análisis con el equipo Kjeldahl y se calculó un promedio por tratamiento. Adicional, se tomaron tres muestras más: testigo solo maíz, testigo solo zarandaja, y mezcla de todos los tratamientos (Anexo 19).

### 3.6. Método estadístico y análisis de datos

En este ensayo se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Se realizó el Análisis de Varianza para todas las variables evaluadas. La comparación de promedios de las variables que mostraron significación estadística, se hizo con la prueba de significancia Duncan 5%.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Altura de planta

Se analizaron los resultados de la tercera evaluación de altura realizada a los 85 días de cultivo, mostrando que el tratamiento T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha) obtuvo el primer lugar con un promedio de 323.17 cm, con una diferencia de 23.61 cm (7.31%) con respecto al tratamiento testigo, T1 (0 L/ha). El segundo lugar lo ocupó el tratamiento T5 (ROOT-IM 2X a 50 L/ha) con 309.56 cm de altura, y en penúltimo lugar el testigo con 299.56 cm (Figura 2).

El análisis de varianza (Anexo 1) y la prueba de comparación de Duncan al 5% de probabilidad, no obstante, no mostraron diferencia significativa entre todos los tratamientos, lo cual sugiere que la adición de enmiendas orgánicas a la fertilización nitrogenada no influyó significativamente en el crecimiento de la planta de maíz. El coeficiente de variación tiene el orden de 5.68% lo que nos indica que son datos confiables (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de altura de plantas de maíz forrajero a los 85 días de cultivo.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (cm)</b>	<b>Duncan <math>\alpha= 0.05</math></b>
T6 (R100)	323.17	a
T5 (R50)	309.56	a
T2 (AV50)	308.44	a
T7(R200)	306.00	a
T4 (AV200)	302.11	a
T1 (0)	299.56	a
T3 (AV100)	295.56	a
<b>C.V.= 5.68%</b>		

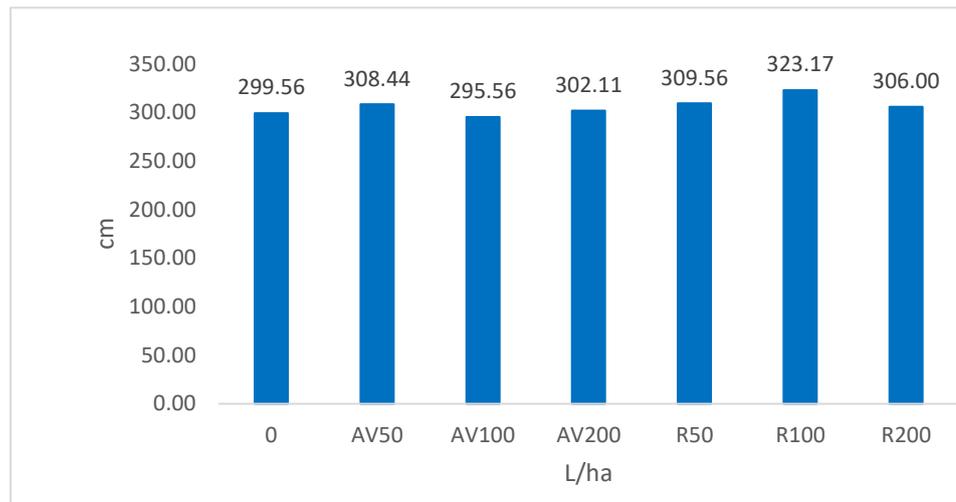


Figura 2. Promedio de altura de plantas de maíz forrajero a los 85 días de cultivo.

Estos resultados difieren en los encontrados por Urteaga (2018), quien tampoco encontró diferencias significativas, debido a que las alturas de planta eran muy similares entre el testigo y el resto de tratamientos. Asimismo, el promedio de altura de 192 cm encontrado por Urteaga está por debajo del promedio encontrado en este trabajo que fue 306.3 cm (Anexo 2).

Mena y López (2022), encontraron que el testigo, que correspondía a solo fertilización con nitrógeno, quedó en último lugar con 108.90 cm de altura a comparación del tratamiento con biol más urea, la cual obtuvo plantas de maíz con una altura promedio de 117.2 cm.

En el Anexo 2, comparando las enmiendas orgánicas aplicadas, se ha encontrado que los valores de altura encontrados en los tratamientos con ROOT-IM 2X (T5 con 50 L/ha, T6 con 100 L/ha y T7 con 200 L/ha) obtuvieron un promedio de 312.9 cm, altura mayor a los 302.04 cm resultado del promedio de los valores de tratamientos con Avibiol Bioefector (T2 con 50 L/ha, T3 con 100 L/ha y T4 con 200 L/ha).

En el Cuadro 3 y la Figura 3 observamos la prueba Duncan realizada al 5% de probabilidad y los promedios de altura en el cultivo de zarandaja, a los 85 días de siembra, donde se muestran diferencias entre tratamientos.

El coeficiente de variación es de 12.66% lo que muestra que son datos confiables.

Cuadro 3. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de altura de plantas de zarandaja a los 85 días de cultivo.

Tratamientos	Promedio (cm)	Duncan $\alpha= 0.05$
T5 (R50)	328.00	a
T1 (0)	307.56	a
T7 (R200)	302.11	a
T4 (AV200)	272.22	a
T2 (AV50)	265.78	a
T3 (AV100)	250.33	b
T6 (R100)	240.78	b

**C.V.= 12.66%**

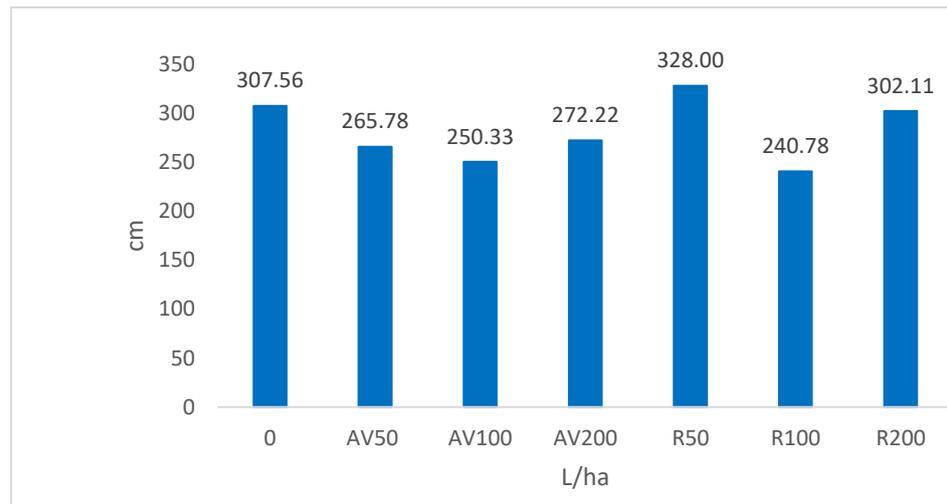


Figura 3. Promedio de altura de plantas de zarandaja a los 85 días de cultivo.

Para el cultivo de zarandaja, por otro lado, los datos arrojados de la tercera evaluación determinan al tratamiento T5 (ROOT-IM 2X a 50 L/ha) como el que mejor altura de plana obtuvo, con 328 cm y una diferencia de 20.44 cm (6.23%) con el testigo, quien ocupa el segundo lugar con 307.56 (Figura 3). El análisis de varianza muestra que sí hay diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo 1).

El tratamiento T6 obtiene el último lugar con 240.78 cm de altura promedio. Esto puede deberse a la competencia con el cultivo de maíz, lo cual muestra que, a mayor altura de maíz, menor altura en las plantas de zarandaja.

El promedio de altura entre los tres tratamientos con ROOT-IM 2X (T5, T6 y T7) alcanzó un valor más alto con respecto al promedio entre los tratamientos con Avibiol Bioefector (T2, T3 y T4) de la misma manera que en el cultivo de maíz, resultando en 290.3 cm frente a 262.8 cm de altura promedio (Anexo 2).

#### 4.2. Materia fresca total

Para este parámetro, los resultados de las muestras evaluadas fueron proyectados según el rendimiento por unidad experimental, tanto para el cultivo de maíz como para el cultivo de zarandaja.

De esa manera, el Cuadro 4 y la Figura 4 muestra diferencia entre tratamientos en el promedio de materia fresca total de maíz forrajero, según la prueba Duncan al 5% de probabilidad. El coeficiente de variación resultó en un 10.37% lo que nos notifica de la confiabilidad de los datos.

Cuadro 4. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia fresca total de maíz forrajero entre tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (kg)</b>	<b>Duncan <math>\alpha= 0.05</math></b>
T6 (R100)	66.01	a
T2 (AV50)	59.28	a
T3 (AV100)	59.00	a
T4 (AV200)	56.24	a
T5 (R50)	54.96	a
T1 (0)	53.96	b
T7 (R200)	53.93	b

**C.V.= 10.37%**

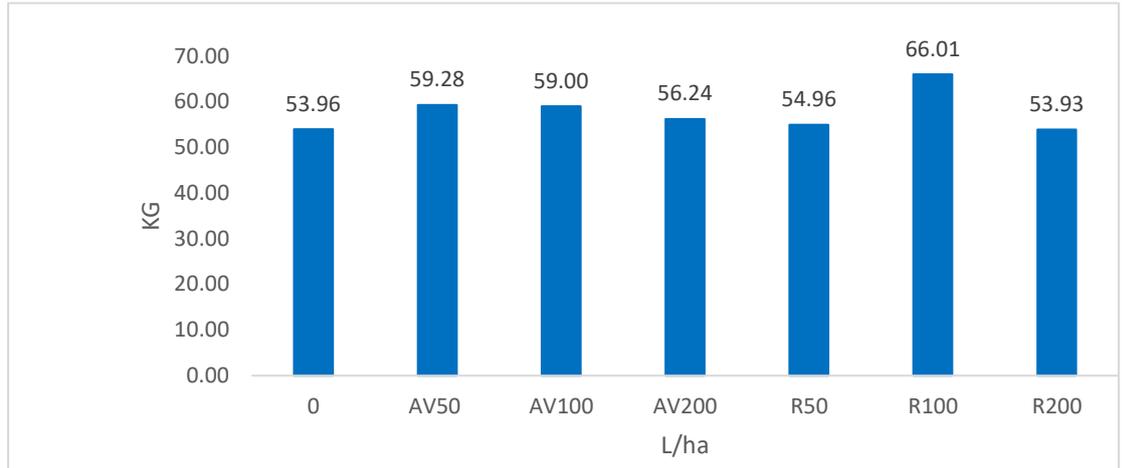


Figura 4. Promedio de materia fresca total de maíz forrajero entre tratamientos, en kilogramos por parcela.

La Figura 4 indica que el tratamiento T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha) vuelve a tomar el valor más alto con un promedio de 66.01 kilogramos de materia fresca total de maíz por parcela, demostrando haber desarrollado plantas con mayor peso del resto de tratamientos, siguiendo después el tratamiento T2 (Avibiol Bioefector 50 L/ha) con 59.28 kilogramos por parcela. El tratamiento testigo ocupa el penúltimo lugar con 53.96 kilogramos, una diferencia del 18.25% entre el tratamiento T6 y el T1.

Estadísticamente hablando, el análisis de varianza no arroja variabilidad significativa entre los tratamientos, siendo muy similares entre sí (Anexo 1), pero encontramos diferencia entre el testigo con la mayoría de los tratamientos, a excepción del tratamiento con ROOT-IM 2X a 200 L/ha, con el cual posee una diferencia de tan solo 10 gramos.

El promedio entre los tratamientos con ROOT-IM 2X fue de 58.3 kilogramos, por encima del promedio entre los tratamientos con Avibiol Bioefector, el cual resultó en 58.2 kilogramos de materia fresca total, siendo una diferencia mínima entre ambos valores (Anexo 2).

Los resultados del promedio de materia fresca total del cultivo de zarandaja son mostrados en el Cuadro 5 y Figura 5, donde se puede observar que no hay diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba Duncan al 5% de probabilidad. El coeficiente de variación obtuvo un 56.57%.

Cuadro 5. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia fresca total de zarandaja entre tratamientos.

Tratamientos	Promedio (kg)	Duncan $\alpha= 0.05$
T5 (R50)	3.96	a
T3 (AV100)	3.74	a
T2 (AV50)	3.65	a
T1 (0)	2.69	a
T7 (R200)	2.64	a
T4 (AV200)	2.46	a
T6 (R100)	1.87	a

**C.V.= 56.57%**

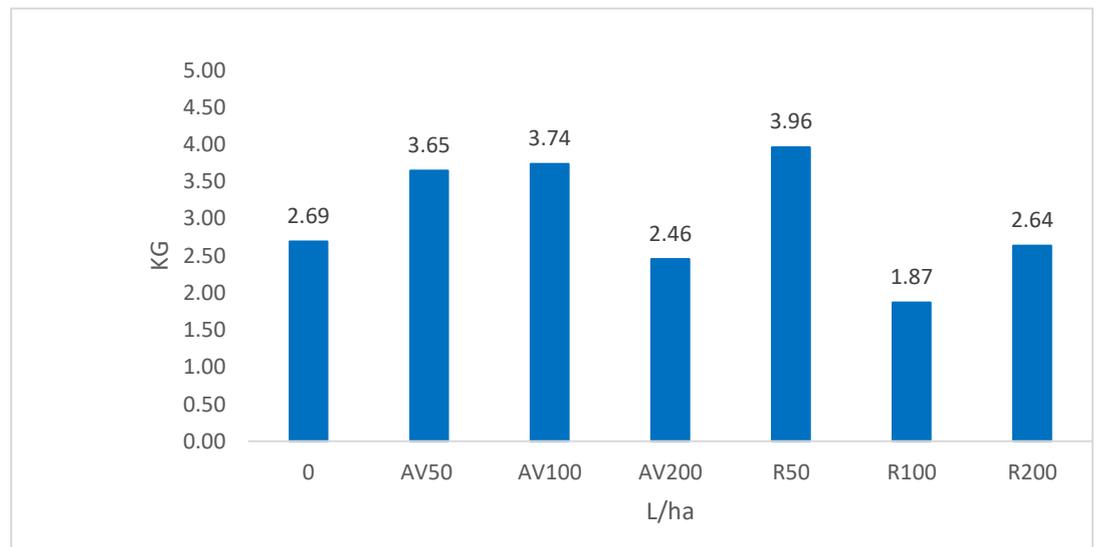


Figura 5. Promedio de materia fresca total de zarandaja entre tratamientos, en kilogramos por parcela.

Sin embargo, según la Figura 5, evaluando el cultivo de zarandaja se observa que el tratamiento T6 ocupó el último lugar con el menor peso fresco total por parcela, con un promedio de 1.87 kilogramos, muy por debajo del testigo que obtuvo un promedio de 2.69 kilogramos de materia fresca total. Esto puede deberse a un mayor desarrollo de plantas de maíz en dicho tratamiento, lo que impidió una mejor nutrición y desarrollo de la zarandaja.

En primer lugar, se encuentra el tratamiento T5 (ROOT-IM 2X a 50 L/ha), con 3.96 kilogramos de materia fresca por parcela y una diferencia del 32.07% con el tratamiento testigo.

Para este cultivo, se encontró que el promedio entre los tratamientos con Avibiol Bioefector fue más alto que el promedio calculado entre los tratamientos donde se aplicó ROOT-IM 2X (3.3 kg frente a 2.8kg de materia fresca total de zarandaja), un resultado diferente a los parámetros anteriormente detallados, donde los tratamientos con ROOT-IM 2X obtuvieron mayores promedios (Anexo 2).

No hubo diferencias significativas entre uno u otro tratamiento presentado, según el análisis de varianza realizado (Anexo 1).

#### 4.3. Materia seca total

Determinar la materia seca de un cultivo es importante dado que se puede encontrar la concentración de nutrientes del mismo, los cuales brindados al ganado como parte de su alimentación son esenciales para su correcta nutrición, influyendo en la producción tanto de carne como de leche (Escobar *et al.*, 2020).

La prueba Duncan al 5% de probabilidad del promedio de materia seca total del cultivo de maíz forrajero (Cuadro 6) no indica diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación resultó en 12.48%, lo que nos muestra que los datos son confiables.

Cuadro 6. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de materia seca total en el cultivo de maíz forrajero entre tratamientos.

Tratamientos	Promedio (kg)	Duncan $\alpha= 0.05$
T2 (AV50)	19.31	a
T3 (AV100)	19.18	a
T6 (R100)	19.03	a
T4 (AV200)	17.52	a
T7 (R200)	16.95	a
T5 (R50)	16.94	a
T1 (0)	16.38	a

**C.V.= 12.48%**

En la Figura 6 podemos observar que la materia seca total del tratamiento testigo obtuvo un promedio de 16.38 kilogramos por parcela, un valor menor al de los tratamientos que fueron complementados con enmiendas orgánicas, lo que puede inferirse que estos productos pueden generar mayor composición de nutrientes en el cultivo de maíz forrajero.

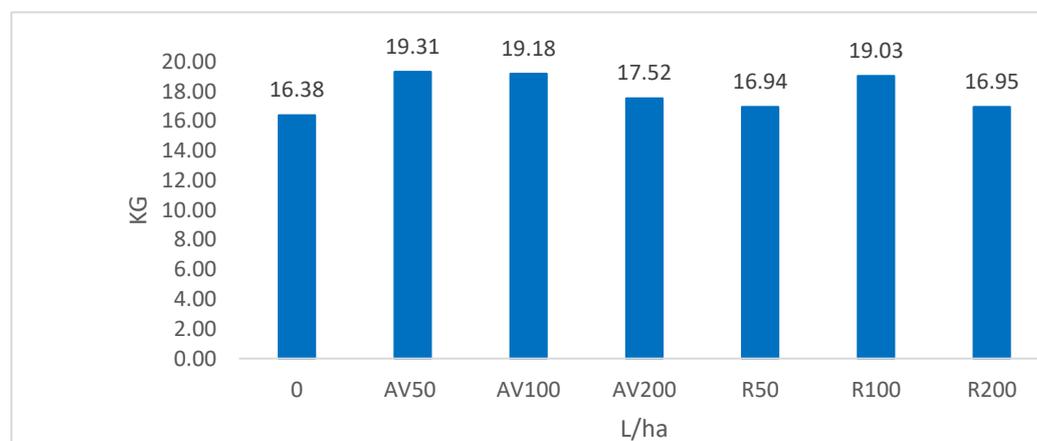


Figura 6. Promedio de materia seca total en el cultivo de maíz forrajero entre tratamientos, expresados en kilogramos por parcela.

Asimismo, los tratamientos T2, T3 y T4, en las que se aplicó Avibiol Bioefector en dosis de 50, 100 y 200 L/ha respectivamente, obtuvieron mayor promedio de materia seca total que los tratamientos T5, T6 y T7 (ROOT-IM 2X a 50, 100 y 200 L/ha), promediando 18.7 kilogramos frente a 17.9 kilogramos promediados de éstos últimos (Anexo 2).

Los resultados estadísticos arrojados por el análisis de varianza muestran, sin embargo, que no hay diferencias significativas entre todos los tratamientos, obteniendo un efecto parecido en el parámetro evaluado (Anexo 1).

Para el cultivo de la zarandaja, la prueba Duncan al 5% de probabilidad del promedio de materia seca no presenta diferencias significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variación resultante fue de 64.42% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) del promedio de materia seca total en el cultivo de zarandaja entre tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (kg)</b>	<b>Duncan <math>\alpha = 0.05</math></b>
T5 (R50)	0.75	a
T2 (AV50)	0.68	a
T3 (AV100)	0.66	a
T7 (R200)	0.55	a
T1 (0)	0.48	a
T4 (AV200)	0.38	a
T6 (R100)	0.34	a
<b>C.V.= 64.42%</b>		

En la Figura 7 se muestran los promedios de materia seca en el cultivo de zarandaja, donde se muestra que el testigo obtuvo un mayor valor (0.48 kilogramos por parcela) frente a dos tratamientos con enmiendas orgánicas, los tratamientos T4 (Avibiol Bioefector a 200 L/ha) y T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha). Sin embargo, aún tuvo un valor mucho menor al resto de tratamientos, donde el tratamiento T5 (ROOT-IM 2X a 50 L/ha) predominó con un promedio de 0.75 kg de materia seca total por parcela, una diferencia de 0.27 kg (36%) con el testigo. Un mayor crecimiento y desarrollo en el maíz pudo ser la razón de un bajo aporte de nutrientes en el cultivo de zarandaja.

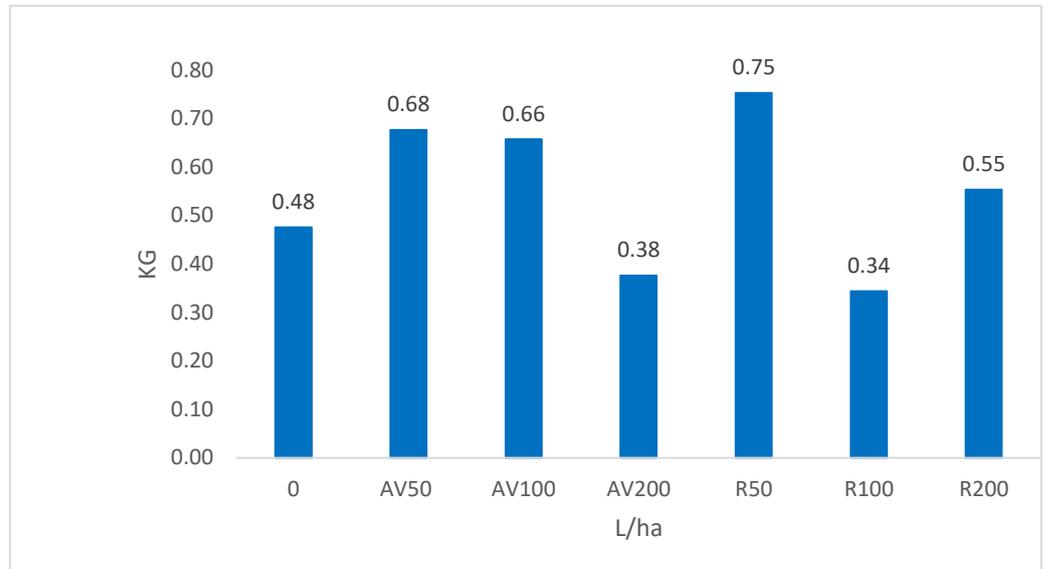


Figura 7. Promedio de materia seca total en el cultivo de zarandaja entre tratamientos, expresados en kilogramos por parcela.

Comparando entre los tratamientos con enmiendas orgánicas, de manera general se obtuvo un promedio de 0.6 kilogramos de materia seca entre los tratamientos con Avibiol Bioefector (T2, T3 y T4), el cual fue mayor al 0.5 kilogramos entre los tratamientos con ROOT-IM 2X (T5, T6 y T7), como se muestra en el Anexo 2.

No hubo alguna diferencia significativa entre todos y cada uno de los tratamientos, según el análisis de varianza (Anexo 1).

#### 4.4. Rendimiento

Una vez ejecutado el proyecto de investigación se realizó el análisis estadístico respectivo de la cosecha obtenida, expresada en toneladas por hectárea. La prueba Duncan al 5% de probabilidad revela una diferencia significativa entre un tratamiento con respecto al resto (Cuadro 8). El coeficiente de variación fue de 6.92%, lo que indica que son datos confiables.

Cuadro 8. Prueba Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) del promedio de rendimiento entre tratamientos.

Tratamientos	Promedio (t/ha)	Duncan $\alpha= 0.05$
T6 (R100)	82.0	a
T2 (AV50)	69.9	b
T3 (AV100)	69.7	b
T5 (R50)	65.5	b
T4 (AV200)	65.2	b
T1 (0)	62.9	b
T7 (R200)	62.9	b

**C.V.= 6.92%**

El análisis de varianza realizado mostró diferencia significativa entre un tratamiento frente a los demás, específicamente el tratamiento T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha), el cual obtuvo el mayor rendimiento por hectárea con un promedio de 82 toneladas a comparación del resto de tratamientos que promediaron valores muy similares entre sí, los cuales no sobrepasaron las 70 toneladas por hectárea (Figura 8). El tratamiento T6 es 23.3% mayor que el tratamiento testigo, que dio un rendimiento promedio de 62.9 toneladas por hectárea.

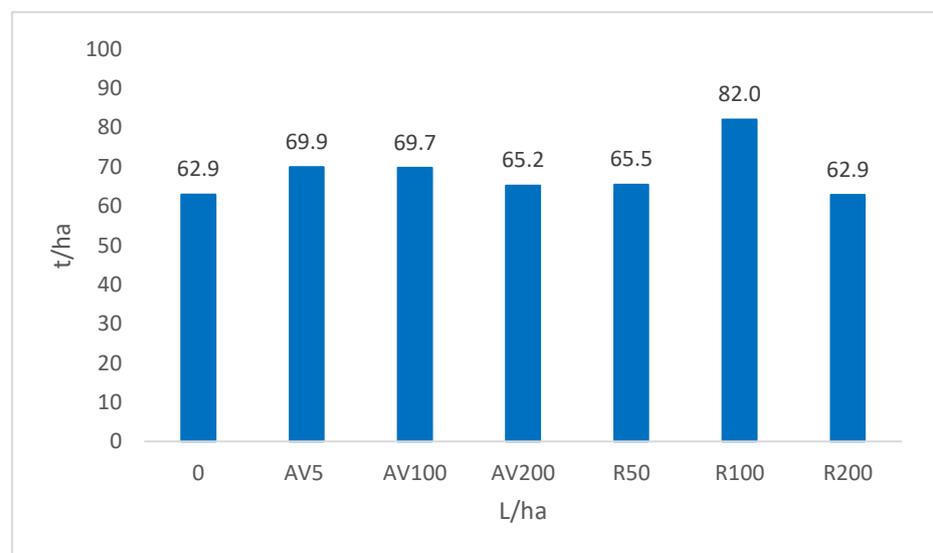


Figura 8. Promedio de rendimiento entre tratamientos, maíz forrajero y zarandaja, expresado en toneladas por hectárea.

Por otro lado, el tratamiento testigo terminó en el penúltimo lugar con 62.94 toneladas por hectárea, demostrando que la aplicación de enmiendas orgánicas Avibiol Bioefector y ROOT-IM 2X como complemento a la fertilización nitrogenada convencional logró aumentar la producción de cultivos asociados.

Estos datos son opuestos a los encontrados en el proyecto de Urteaga (2018), donde no solo no hubo diferencias significativas, sino que la adición de biol y Avibiol Bioefector a la fertilización nitrogenada no logró superar el rendimiento del testigo (solo fertilización nitrogenada), el cual quedó en primer lugar con 38.4 t/ha.

Finalmente, en una comparación entre el promedio calculado entre los tratamientos con Avibiol Bioefector (T2, T3 y T4) y ROOT-IM 2X (T5, T6 y T7), se puede observar un rendimiento más alto con la aplicación de ROOT-IM 2X (70.1 t/ha promedio) que con Avibiol Bioefector (con un promedio de 68.3 t/ha), tal como se muestra en el Anexo 2.

#### 4.5. Proteína bruta

La asociación de gramíneas como el maíz forrajero con leguminosas como la zarandaja fue implementada para asegurar que el forraje obtenga una rica fuente de proteínas que las leguminosas pueden proporcionar, llevando con ello el beneficio de aumentar su desarrollo, su rendimiento y de disminuir la fertilización de nitrógeno (Chamorro, 2002 y Juárez *et al.*, 2005; citados por Castrejón *et al.*, 2017).

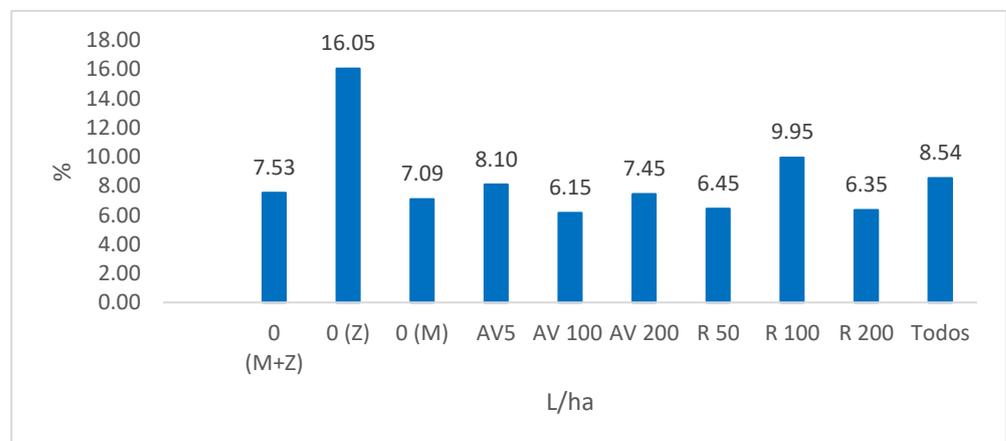


Figura 9. Porcentaje de proteína bruta promedio entre tratamientos.

En la Figura 9, se observa que la muestra con el tratamiento testigo con solo zarandaja obtuvo el valor más alto en relación con el resto de muestras, con un promedio de 16.05 % de proteína bruta; un resultado esperado conociendo la alta cantidad de proteínas que contienen las leguminosas.

Seguido de esa muestra, el tratamiento T6 (ROOT-IM 2X a 100 L/ha) obtuvo el segundo lugar con un 9.95 % de proteína bruta, lo que demuestra que la enmienda orgánica aplicada con esa dosis puede influir en la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de los cultivos.

Comparando el porcentaje de la muestra del testigo con ambos cultivos juntos (M+Z), con la del testigo con solo maíz (M), vemos que la zarandaja aumentó el porcentaje de proteínas, aunque no es significativo.

De manera general, se puede observar que los tratamientos que fueron aplicados con enmiendas orgánicas no guardan diferencias significativas con respecto al testigo, aunque algunos obtuvieron un porcentaje de proteína bruta más alto que el tratamiento testigo.

No obstante, es importante notar que el cultivo de zarandaja no logró aumentar significativamente el porcentaje de proteína bruta en los distintos tratamientos de este proyecto de tesis, probablemente debido a un déficit en el desarrollo de esta leguminosa, sea por la competencia con el maíz forrajero o por no usarse una variedad de zarandaja con poca resistencia.

## V. CONCLUSIONES

El análisis de varianza arrojó diferencias significativas en los parámetros correspondientes a altura de zarandaja y rendimiento. Parámetros evaluados como altura de maíz, materia fresca total y materia seca total (en ambos cultivos por separado) no resultaron con diferencias significativas, lo que quiere decir que el efecto de todos los tratamientos fue similar.

El tratamiento T6 (ROOT-IM 2X aplicado a una dosis de 100 L/ha) obtuvo los más altos valores en comparación con el resto de tratamientos, predominando sobre los demás en parámetros como altura de maíz forrajero a los 85 DDC (323.17 cm), materia fresca total de maíz forrajero (66.01 kg por parcela) y rendimiento (82 toneladas por hectárea). En el parámetro de materia seca total de maíz forrajero obtuvo un valor más alto que el testigo, con 19.03 kilogramos de materia seca; y asimismo obtuvo el segundo porcentaje más alto de proteína bruta con respecto al testigo y el resto de tratamientos, con 9.95%.

Los tratamientos que fueron aplicados con Avibiol Bioefector y ROOT-IM 2X obtuvieron un rendimiento promedio de 69.2 t/ha, mucho mayor al del tratamiento testigo que promedió un 62.9 t/ha (con una diferencia del 9.1%), lo cual demuestra que las enmiendas orgánicas tuvieron un impacto en el desarrollo vegetativo y productivo del maíz forrajero asociado con zarandaja.

Entre las dos enmiendas orgánicas, el producto ROOT-IM 2X resultó generando mayores promedios en cinco de los ocho parámetros evaluados en comparación con el producto Avibiol Bioefector; en especial, el tratamiento con dosis de 100 L/ha (T6).

La zarandaja obtuvo un 16.05% de proteína bruta, mientras que el porcentaje del maíz forrajero fue de 7.09%. Pese a ello, la asociación de zarandaja con maíz forrajero no logró aumentar significativamente el porcentaje de proteína bruta del forraje, probablemente por un poco desarrollo vegetativo de la leguminosa en el proyecto de tesis.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda volver a evaluar ambas enmiendas orgánicas en otros cultivos para corroborar la predominancia de ROOT-IM 2X sobre Avibiol Bioefector en el desarrollo vegetativo y productivo de la planta.

Reevaluar la eficacia de ROOT-IM 2X frente a otras enmiendas orgánicas, así como determinar su dosis óptima en futuros ensayos comparando diferentes dosis en distintos cultivos.

Se recomienda replicar el proyecto de tesis con una variedad de zarandaja con mayor resistencia y que asegure un mejor desarrollo vegetativo, para estimar con mayor precisión la calidad de forraje en base a su porcentaje de proteína bruta.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Agraria de Noticias (2015). Legumbres son una alternativa de cultivo durante fenómeno de El Niño.

Agencia Agraria de Noticias (2022). Avibiol Bioefector, más que solo raíces.

Álvarez, J. *et al.* (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*, vol. 28, pp.239-245. Chiapas, México.

Andreu, J. *et al.* (2006). Fertilización nitrogenada: Guía de actualización. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragon, España.

Avibiol (2020). Avibiol Bioefector. Recuperado de <https://avibiol.com/producto/avibiol-bioefecto/>

Barandiarán, M. (2020) Manual Técnico de Maíz Amarillo Duro. Instituto Nacional de Innovación Agraria- INIA. Lima, Perú.

Castrejón, F. *et al.* (2017). Características Nutrimientales de Gramíneas, Leguminosas y algunas Arbóreas Forrajeras del Trópico Mexicano: Fracciones de Proteína (A, B1, B2, B3 y C), Carbohidratos y Digestibilidad *in vitro*. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Contreras, M.; Acevedo, O. y Cruz, E. (2002). Uso de abonos orgánicos e inorgánicos en un suelo ácido del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

Contreras, M. (2021). Las asociaciones de cultivos agrícolas: una estrategia para el manejo integrado de plagas y enfermedades y el desarrollo sostenible. Tecnovita. Venezuela.

Espinosa, M. *et al.* (2009). Fertilización orgánica y prácticas de conservación sobre el rendimiento de sorgo de temporal. El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres. Murcia, España.

- Escobar, P. *et al.* (2020). Concepto de materia seca y su uso: guía práctica. Informativo N°119. Instituto de Investigaciones Agropecuarias- INIA. Santiago, Chile.
- Flores, C. (2020). Utilización del maíz forrajero (*Zea mays*) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en el incremento de peso del ganado caprino (*Capra hircus*) en el centro pecuario de la Universidad Nacional de Tumbes, 2019. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario y Zootecnista. Tumbes, Perú.
- Flores, D. (2004). Síntesis y aplicación del producto de condensación de la urea con el furfural en el cultivo de maíz. Cultivos Tropicales, vol 25, no. 1, pp. 83-87. La Habana, Cuba.
- Galarza, I. (2017). Evaluación de la digestibilidad gastrointestinal *in vitro* y actividad antioxidante en concentrados proteicos de zarandaja (*Lablab purpureus* L. Sweet). Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos. Ambato, Ecuador.
- García-Serrano *et al.* (2010). Guía práctica de la Fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España.
- Gómez, O. y Zavaleta, E. (2001). La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades, en particular con *Tagetes spp.* Revista Mexicana de Fitopatología, Vol. 19, no. 1, pp. 94-99. Texcoco, México.
- González, H *et al.* (2017). Caracterización nutricional del lablab (*Lablab purpureus* L. Sweet). Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UAC. Volumen XV, pp. 19-28. México.
- Garro, A. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica.
- Grobman, A., W. Salhuana and R. Sevilla with P. C. Mangelsdorf. 1961. Races of Maize in Perú. Their origins, evolution and classification. Pub. 915. NAS-NRC, Washington, D.C.

Guacho, E. (2014). Caracterización Agro-Morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad de San José de Chazo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Riobamba, Ecuador.

Hortus (2020). El maíz es el cultivo más importante en extensión para el Perú.

Kogut, P. (2023). Cultivo del Maíz: Consejos para tener una Buena Cosecha. Estados Unidos.

Mena, I. y Martínez, B. (2022). Uso de Biol, Urea y Combinados en la respuesta agronómica y económica del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) HR-101, Municipio de Tipitapa, Departamento de Managua, 2021. Tesis para obtener el título de Ingenieros Agrónomos. Managua, Nicaragua.

Pagnan, L. *et al.* (2023). Ajuste de la fertilización nitrogenada en maíz temprano en el sudeste de Córdoba. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- INTA. Córdoba, Argentina.

Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de los Abonos Orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 4, pp. 52-59. La Habana, Cuba

Ruiz, R. *et al.* (2012). Manejo de la fertilización nitrogenada en maíz. Informativo Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA Rayentué no. 41. Chile.

Salvagiotti, F. *et al.* (2011). Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región Pampeana Norte. CI. Suelo Vol 29:2, pp. 199-212. Oliveros, Argentina.

Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea Mays*). Revista Reduca, Serie Botánica. Vol. 7, no. 2, pp. 151-171. Madrid, España.

Tapia, R. y Ramírez, L. (2023). Zarandaja, cultivo alternativo de la región La Libertad. Gerencia Regional de Agricultura de Lambayeque. Lambayeque, Perú.

Torres, S. *et al.* (2018). Asociación de Cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo, volumen 4, no. 1, pp. 15-22. Lima, Perú.

Urteaga, M. (2018). Influencia de tres dosis de abonamiento con biol y avibiol (abono orgánico líquido), como complemento a la fertilización nitrogenada en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.). Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. La Libertad, Perú.

Valladolid, A. (2016). Leguminosas de grano. Cultivares y Clases Comerciales del Perú. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú.

### VIII. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro resumen de los cuadrados medios y significación estadística de los parámetros estudiados, a excepción del porcentaje de proteína bruta, debido a que no se llevó a análisis de varianza.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						Rdto
		AltM	AltZ	MFTotM	MFTotZ	MSTotM	MSTotZ	
Total	20							
Repeticiones	2	16.2	2910	21.4	5.84	5.92	0.23	22.48
Tratamientos	6	239.1	3113 (*)	55.6	1.85	4.59	0.07	134.36 (**)
Error	12	302.90	1264.5	35.73	2.88	4.99	0.12	22.32
CV (%)		5.68	12.66	10.37	56.57	12.48	64.42	6.92
DMS 5%		30.96	63.27	10.63	3.02	3.97	0.63	8.41

AltM: Altura de Maíz

AltZ: Altura de Zarandaja

MFTotM: Materia Fresca Total de Maíz

MFTotZ: Materia Fresca Total de Zarandaja

MSTotM: Materia Seca Total de Maíz

MSTotZ: Materia Seca Total de Zarandaja

Rdto: Rendimiento por hectárea

Anexo 2. Cuadro de los valores promedio de cada parámetro evaluado, según tratamiento: promedio total, promedio de tratamientos con Avibiol Bioefector, y promedio de tratamientos con ROOT-IM 2X.

Tratamiento	Código	AltM (cm)	AltZ (cm)	MFTotM (kg)	MFTotZ (kg)	MSTotM (kg)	MSTotZ (kg)	Rdto (t)
1	0 L/ha	299.56	307.56	53.96	2.69	16.38	0.48	62.94
2	AV 50 L/ha	308.44	265.78	59.28	3.65	19.31	0.68	69.92
3	AV 100 L/ha	295.56	250.33	59.00	3.74	19.18	0.66	69.71
4	AV 200 L/ha	302.11	272.22	56.24	2.46	17.52	0.38	65.22
5	R 50 L/ha	309.56	328.00	54.96	3.96	16.94	0.75	65.47
6	R 100 L/ha	323.17	240.78	66.01	1.87	19.03	0.34	82.02
7	R 200 L/ha	306.00	302.11	53.93	2.64	16.95	0.55	62.85
Promedio Total		306.34	280.97	57.63	3.00	17.90	0.55	68.31
Promedio Avibiol Bioefector		302.04	262.78	58.18	3.28	18.67	0.57	68.29
Promedio ROOT-IM 2X		312.91	290.30	58.30	2.82	17.64	0.55	70.11

AltM: Altura de Maíz

AltZ: Altura de Zarandaja

MFTotM: Materia Fresca Total de Maíz

MFTotZ: Materia Fresca Total de Zarandaja

MSTotM: Materia Seca Total de Maíz

MSTotZ: Materia Seca Total de Zarandaja

Rdto: Rendimiento por hectárea



Anexo 3. Arado y surcado del terreno con palana.



Anexo 4. Terreno surcado y con rafia previo a siembra



Anexo 5. Siembra de maíz y zarandaja.



Anexo 6. Plántulas de maíz y zarandaja con primeras hojas.



Anexo 7. Fertilizante aplicado al lado del maíz (izquierda), aplicación manual de NPK, con ayuda de una medida (derecha).



Anexo 8. Aplicación de enmiendas orgánicas por drenchado (izquierda), productos orgánicos aplicados (derecha).



Anexo 9. Riego después de la siembra, por gravedad.



Anexo 10. Desmalezado con herbicida (izquierda) y manual con ayuda de un azadón (derecha).



Anexo 11. Aporque de maíz.



Anexo 12. Aplicaciones con mochila (izquierda), y preparación de productos (derecha).



Anexo 13. Cosecha de proyecto de tesis.



Anexo 14. Primera y segunda evaluación de altura.



Anexo 15. Pesaje de mazorcas de una parcela en balanza.



Anexo 16. Muestras en estufa a 80°C por tres días (izquierda). Pesado de la materia seca con balanza digital (derecha).



Anexo 17. Peso de cosecha con balanza romana (izquierda) y vista de parcelas luego de la cosecha (derecha).



Anexo 18. Triturado de tratamientos para recoger muestras para análisis de proteínas (izquierda). Muestras secas y molidas (derecha).



Anexo 19. Análisis con el método de Kjeldahl para determinar porcentaje de proteína bruta. Muestras en el digestor (izquierda), y durante titulación (derecha).