



**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

**“DOSIS DE PROBIÓTICO EN LAS CARACTERÍSTICAS  
AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE  
HIDROPÓNICO DE *Zea mays* L. IQUITOS, LORETO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:  
ERICKA MAGALY DIAZ TORRES**

**ASESOR:  
Ing. HERLESS EDSON GARAY VASQUEZ, M.Sc.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2024**



**UNAP**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 092-CGYT-FA-UNAP-2024.**

En Iquitos, a los 24 días del mes de octubre del 2024, a horas 07:00pm, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "DOSIS DE PROBIÓTICO EN LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE *Zea mays* L. IQUITOS, LORETO", aprobado con Resolución Decanal N°077-CGYT-FA-UNAP-2023, presentado por la Bachiller: ERICKA MAGALY DIAZ TORRES, para optar el Título Profesional de INGENIERO (A) AGRÓNOMO, que otorga la Universidad de acuerdo a la Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal No.073-CGYT-FA-UNAP-2024, está integrado por:

- |  |            |
|--|------------|
| Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.          | Presidente |
| Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr. | Miembro    |
| Ing. OMAR CUBAS ENCINAS, Dr.           | Miembro    |

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas:

..... *De forma satisfactoria* .....

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido: *APROBADA* con la calificación *BUENA*

Estando la Bachiller *OPDA* para obtener el Título Profesional de *INGENIERA AGRÓNOMA*

Siendo las *08:30 pm*, se dio por terminado el acto ACADÉMICO.

*[Signature]*  
Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.  
Presidente

*[Signature]*  
Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr.  
Miembro

*[Signature]*  
Ing. OMAR CUBAS ENCINAS, Dr.  
Miembro

*[Signature]*  
Ing. HERLESS EDBSON GARAY VASQUEZ, M.Sc.  
Asesor

**JURADO Y ASESOR**

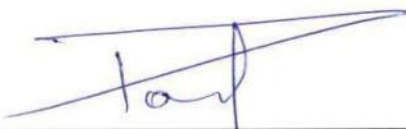
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

Tesis aprobada en sustentación pública el 24 de octubre del 2024, por el jurado Ad-Hoc nombrado por el Comité de Grados y Títulos de la Facultad de Agronomía, para optar el título profesional de:

**INGENIERA AGRÓNOMO**



Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.  
Presidente



Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr.  
Miembro



Ing. OMAR CUBAS ENCINAS, Dr.  
Miembro



Ing. HERLESS EDSON GARAY VASQUEZ, M.Sc.  
Asesor



Ing. FIDEL ASPAÑO VARELA, Dr.  
Decano



## RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**FA\_TESIS\_DIAZ TORRES.pdf**

AUTOR

**ERICKA MAGALY DIAZ TORRES**

RECuento de palabras

**9468 Words**

Recuento de caracteres

**49210 Characters**

Recuento de páginas

**50 Pages**

Tamaño del archivo

**343.8KB**

Fecha de entrega

**Sep 8, 2024 10:37 PM GMT-5**

Fecha del informe

**Sep 8, 2024 10:37 PM GMT-5**

### ● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resumen

## DEDICATORIA

**A DIOS**, por guiarme y ser el autor principal de haber permitido que llegara hasta este punto y por darme Salud y sabiduría para lograr este objetivo.

**A mis padres Ana Melva y José Jorge**, por ser mi soporte en toda mi etapa universitaria, Por su infinito amor que me brindan, a pesar de la distancia nunca me dejaron sola y siempre estuvieron para mí.

**A mis hermanos, cuñado y sobrinos**, que han sido mi apoyo en toda mi etapa universitaria.

**A mi abuelito Miguel Diaz y amiga Claudia Yap**, que desde el cielo me cuidan y protegen y sé que están muy orgullosos por este logro en mi vida

**A mis amigos**, que han compartido conmigo momentos de alegría, tristeza y celebraciones. gracias por el apoyo que me dieron en este proceso.

## AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a los docentes de nuestra prestigiosa **Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional De La Amazonia Peruana**. por impartir sus enseñanzas y contribución en mi etapa académica en particular al **Ing. HERLESS EDSON GARAY VÁSQUEZ**, por su valioso y fundamental aporte en la orientación y ejecución del Presente trabajo de Investigación

**A mis padres**, por su apoyo incondicional, por los consejos brindados y por confiar en mi para lograr mis objetivos. Este logro es gracias a los dos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA .....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	ii
JURADO Y ASESOR.....	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Bases teóricas .....	4
1.3. Definición de términos básicos.....	8
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	12
2.1. Formulación de hipótesis .....	12
2.1.1. Hipótesis general.....	12
2.1.2. Hipótesis específicas.....	12
2.2. Variables y su operacionalización .....	12
2.2.1. Identificación de las variables .....	12
2.2.2. Operacionalización de las variables.....	14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y diseño .....	15
3.1.1. Tipo de investigación.....	15
3.1.2. Diseño de la investigación .....	15
3.2. Diseño muestral.....	15
3.2.1. Población.....	15
3.2.2. Muestra .....	16
3.2.3. Muestreo .....	16
3.2.4. Criterios de selección .....	16
3.3. Procedimiento de recolección de datos.....	17
3.3.1. Instrumentos de recolección de datos. ....	17

3.3.2. Ubicación del campo experimental .....	18
3.3.3. Características de la unidad experimental .....	18
3.4. Procesamiento y análisis de los datos .....	22
3.5. Aspectos éticos.....	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	23
4.1. Parámetros evaluados en el estudio .....	23
4.1.1. Medición de la altura de planta (cm).....	23
4.1.2. Medición del diámetro de planta (mm).....	26
4.1.3. Medición del número de hojas .....	28
4.1.4. Medición del rendimiento materia fresca (kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ).....	31
4.1.5. Medición rendimiento materia seca (kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ).....	33
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	36
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....	38
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES .....	39
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
ANEXOS .....	42
1. Matriz de Consistencia.....	43
2. Base de datos general del estudio .....	44
3. Base de datos de las variables en estudio al momento de la cosecha.....	46
4. Prueba de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas .....	47
5. Galería de fotos .....	48



## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis de la altura en cm. ....	23
Tabla 2. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable Altura de Planta en cm. ....	24
Tabla 3. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción de la Altura de Planta en cm. ....	24
Tabla 4. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del diámetro de planta en mm. ....	26
Tabla 5. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable Diámetro de Planta en mm. ....	27
Tabla 6. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del diámetro de Planta en mm. ....	27
Tabla 7. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del número de hojas por planta. ....	28
Tabla 8. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable Número de hojas por Planta. ....	29
Tabla 9. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del número de hojas por planta. ....	30
Tabla 10. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del rendimiento de materia fresca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ....	31
Tabla 11. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable rendimiento de materia fresca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ....	31
Tabla 12. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del rendimiento de materia fresca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ....	32
Tabla 13. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del rendimiento de materia seca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ....	33
Tabla 14. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable rendimiento de materia seca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ....	34
Tabla 15. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del rendimiento de materia seca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en la Altura de la Planta en cm.....	25
Figura 2. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el Diámetro de Planta en mm .....	28
Figura 3. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el Número de hojas por Planta. ....	30
Figura 4. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el rendimiento de materia fresca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> .....	33
Figura 5. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el rendimiento de materia seca kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> .....	35

## RESUMEN

La investigación evaluó el impacto de diferentes dosis de probióticos en las características agronómicas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Zúngarococha, durante el 2023. Utilizando un diseño experimental, se aplicaron cinco tratamientos con distintas concentraciones de probióticos y se midieron parámetros como la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, y los rendimientos de materia fresca y seca. Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente utilizando el programa "R Estudio".

Los resultados mostraron que las dosis de probióticos influyeron significativamente en la mayoría de las características agronómicas evaluadas. Se identificó una dosis óptima que maximiza tanto el crecimiento como el rendimiento del forraje, lo que sugiere que el uso adecuado de probióticos puede mejorar la productividad en sistemas de cultivo hidropónico. Además, el estudio destaca la importancia de un manejo preciso de los probióticos para evitar efectos negativos asociados con dosis excesivas.

Estos resultados contribuyen al conocimiento sobre el manejo de probióticos en la producción de forraje hidropónico, ofreciendo directrices para optimizar el rendimiento de cultivos en condiciones controladas. La investigación proporciona una base para futuras exploraciones sobre la aplicación de probióticos en diferentes contextos agrícolas, subrayando su potencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola en regiones tropicales.

**Palabras clave:** Forraje hidropónico, probiótico, rendimiento.

## ABSTRACT

The research evaluated the impact of different doses of probiotics on the agronomic characteristics and yield of hydroponic green corn forage (*Zea mays*) in Zúngarococha, during 2023. Using an experimental design, five treatments with different concentrations of probiotics were applied and parameters such as plant height, stem diameter, number of leaves, and fresh and dry matter yields were measured. The data collected were statistically analyzed using the "R Study" program.

The results showed that probiotic doses significantly influenced most of the agronomic traits evaluated. An optimal dose that maximizes both forage growth and yield was identified, suggesting that the proper use of probiotics can improve productivity in hydroponic culture systems. In addition, the study highlights the importance of precise handling of probiotics to avoid negative effects associated with excessive doses.

These results contribute to the knowledge about the management of probiotics in the production of hydroponic forage, offering guidelines to optimize crop yield under controlled conditions. The research provides a basis for future explorations on the application of probiotics in different agricultural contexts, underscoring their potential to improve the efficiency and sustainability of agricultural production in tropical regions.

**Keywords:** Hydroponic forage, probiotic, performance

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el impacto de diferentes dosis de probiótico en las características agronómicas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en la localidad de Zúngarococha durante el año 2023. Este estudio se fundamenta en la creciente necesidad de optimizar la producción agrícola mediante el uso de tecnologías sostenibles y eficientes como la hidroponía, en combinación con microorganismos beneficiosos, como los probióticos.

El uso de probióticos en la agricultura se ha demostrado eficaz para mejorar la salud del suelo y la productividad de los cultivos, lo que motivó a investigar su efecto específico en el cultivo hidropónico de maíz. Para ello, se diseñó un experimento en el que se aplicaron diferentes dosis de probiótico a las plantas de maíz cultivadas bajo un sistema hidropónico controlado. Se midieron diversas características agronómicas, tales como la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, así como el rendimiento en términos de materia fresca y seca.

El estudio no solo buscó identificar la dosis óptima de probiótico para maximizar el rendimiento del forraje, sino también analizar la relación entre las dosis aplicadas y las respuestas del cultivo. Los resultados obtenidos permitirán generar recomendaciones prácticas para el uso de probióticos en sistemas de producción hidropónica, contribuyendo así a mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la agricultura, particularmente en regiones tropicales como Zúngarococha.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

En el año 2022, **Ríos L y Polanco M.** llevaron a cabo una investigación en la ciudad de Caldas, Colombia, cuyo título fue "Impacto de la suplementación alimentaria con forraje verde hidropónico de maíz (*Zea Mays L*) en la sostenibilidad de la producción de pollos de engorde en fincas rurales del municipio de Manzanares – Caldas". El objetivo principal fue evaluar la eficiencia productiva de las familias rurales en la cría de pollos de engorde al incorporar forraje verde hidropónico en la dieta. La muestra consistió en 180 pollos, y se empleó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones.

Los resultados del peso final de los pollos mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, la suplementación del alimento balanceado con un 10% de forraje verde hidropónico fue comparable a la producción de pollos alimentados exclusivamente con alimento balanceado. La viabilidad de sustituir el forraje verde hidropónico de maíz se evidenció al utilizar un 10% de sustitución, sin afectar las características, eficiencia y productividad de los pollos, lo que contribuye a la sostenibilidad de la producción de pollos de engorde en las familias rurales. **(1)**.

En 2019, **Díaz J.** llevó a cabo un estudio denominado "Impacto de abonos foliares (japaj húmico, 4N-20 y biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Abancay-Apurímac". El propósito general fue evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada en el distrito de Abancay – Apurímac. La metodología empleada fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con (4) tratamientos y (4) repeticiones, sumando un total de 16 unidades experimentales.

Se determinó que la mejor respuesta en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico de cebada se obtuvo al aplicar el tratamiento Agua + 4N -20. Este tratamiento logró que durante los días 6, 8, 12, 16 y 18, la biomasa vegetal alcanzara alturas de 3.44, 5.70, 10.52, 15.31 y 17.29 centímetros respectivamente, según las evaluaciones realizadas a lo largo de la investigación. **(2)**.

En el 2023, se realizó un estudio titulado Fertilización Inorgánica en Características Vegetativas y Rendimiento de Forraje en rebrote *Peniseum sp. Cuba 22* en Zúngarococha – Loreto. 2023” en la ciudad de Iquitos en Perú. Se utilizó un Diseño de Bloque Completamente al Azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. los tratamientos en estudio fueron: T1 (0 kilos de Bayfolan/ha), T2 (50 kilos de Bayfolan /ha), T3 (100 kilos de Bayfolan nitrógeno/ha) y T4 (150 kilos de Bayfolan/ha). Los resultados muestran que el tratamiento T4 (150 kilos de Bayfolan suelo azul/ha) dio los mejores resultados como materia verde de 10.08 kg/m<sup>2</sup>, materia seca de 2.42 kg/m<sup>2</sup> y rendimiento de 100,850 kilos por hectárea. **(3)**.

En el 2021, se realizó la investigación titulada Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes, en la ciudad de la Libertad en la provincia de Santa en Ecuador. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto del biofertilizante Bokashi en el rendimiento y calidad del forraje verde hidropónico, utilizando maíz Trueno. El experimento se realizó bajo condiciones controladas de invernadero, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) que incluyó tres soluciones nutritivas y un tratamiento control: (T1) agua, (T2) Solución nutritiva Sonneveld, (T3) Bokashi, y (T4) Bioestimulante Naturamin, cada uno con nueve repeticiones. Se llevaron a cabo dos ensayos en los meses de septiembre y octubre de 2019. Los resultados más destacados en términos de rendimiento y altura se obtuvieron en el segundo ensayo, donde el tratamiento T2 alcanzó 2.38 kg de peso y 25.0 cm de altura, seguido de T3 con

2.3 kg y 24.2 cm, T1 con 2.3 kg y 23.9 cm, y T4 con 2.1 kg y 24.3 cm. Los análisis bromatológicos revelaron que los tratamientos T2 y T3 presentaron un buen valor nutricional. Además, no se detectaron aflatoxinas que pudieran ser perjudiciales para el ganado, ya que no se encontraron límites de cuantificación en los grupos G1 y G2, ni valores superiores a los permitidos en los grupos B1 y B2. **(4)**.

## **1.2. Bases teóricas**

### **Maíz.**

El maíz (*Zea mays*), una planta perteneciente a la familia de las gramíneas tiene su origen en Mesoamérica. Su inflorescencia femenina, conocida como mazorca, elote o choclo, es donde se desarrollan los granos comestibles. Su domesticación comenzó hace unos doce mil años en la región del Eje Neovolcánico de México, y se extendió por el continente mucho antes de la llegada de los europeos, quienes lo introdujeron en Europa en el siglo XVI. Actualmente, el maíz es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial, seguido por el trigo y el arroz. **(5)**.

### **Germinación**

El proceso de germinación en el maíz inicia cuando la semilla, bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura, absorbe agua en una fase llamada imbibición, absorbiendo alrededor del 30 % de su peso seco. Esto activa la actividad enzimática y la división celular, dando lugar a la emergencia de estructuras clave: la radícula (primera raíz), el coleóptilo (estructura que atraviesa el suelo), y las raíces seminales laterales. En condiciones cálidas y húmedas, estos elementos emergen en pocos días, pero en suelos fríos pueden retrasarse hasta dos semanas. **(6)**.



La emergencia del maíz (fase VE) implica que el coleóptilo, impulsado por la elongación del mesocotilo, alcanza la superficie antes de que las hojas internas se expandan, requiriendo de 100 a 120 GDD (grados días de desarrollo). En condiciones favorables, la emergencia tarda de 5 a 7 días; en suelos fríos, puede demorar hasta cuatro semanas. El coleóptilo se detiene cuando detecta luz infrarroja cerca de la superficie, ubicando su base entre 1.3 y 1.9 cm de profundidad, sin importar la profundidad de siembra. **(6)**.

El maíz se destaca como el cultivo hidropónico más utilizado para producir forraje, debido a que sus granos poseen suficientes nutrientes para sostener el crecimiento de la plántula durante aproximadamente siete días, alcanzando su punto óptimo de desarrollo para ser aprovechado en la alimentación de rumiantes. Por lo tanto, la aplicación de soluciones nutritivas en el agua es necesaria únicamente cuando se desea que las plantas bajo cultivo hidropónico (como lechuga, tomate, frijol, melón, fresa, entre otras) completen su ciclo vegetativo, floración y producción de frutos. **(7)**.

## **Origen**

El maíz, derivado del teosinte en Mesoamérica, fue domesticado hace aproximadamente nueve mil años en los valles de Tehuacán, Puebla y Oaxaca. En Sudamérica, los vestigios más antiguos de maíz cultivado tienen alrededor de 6700 años. Los olmecas y mayas cultivaron diversas variedades, incorporándolo en su dieta y cultura, mientras que en los Andes Centrales el maíz también adquirió una gran relevancia. Tras el contacto con los europeos, el maíz fue introducido en Europa y se difundió a nivel mundial. **(5)**.

## **Tipos de maíz**

El maíz se ha propagado a nivel mundial gracias a su capacidad para crecer en una variedad de climas. Las variedades de maíz dulce, que son ricas en azúcar,

se cultivan principalmente para el consumo humano, mientras que las variedades de maíz de campo se destinan a la alimentación animal, la producción de alimentos para personas (como harina, masa y aceite), la fermentación para bebidas alcohólicas como el whisky bourbon y la elaboración de productos químicos como el almidón. En el mundo, existen aproximadamente 200 tipos de maíz, siendo los más comunes el maíz amarillo, blanco y morado. **(5)**.

### **Taxonomía**

Reino:	Plantae
Subdivisión:	Magnoliophyta
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Subtribu:	Tripsacinae
Género:	Zea
Especie:	Zea mays <b>(5)</b>

### **Hidroponía**

**Rezabala (2020)** cita a Alonso (1998) quien afirma que: El término "Hidroponía" se origina de dos palabras griegas: "hydros," que significa agua, y "ponos," que se traduce como trabajo. Por lo tanto, la hidroponía se define como un método en el cual las plantas absorben nutrientes a través del agua, sin la intervención del suelo, realizándose de manera artificial. En los últimos años, este método ha ganado popularidad debido al avance en la industrialización del plástico y el desarrollo de sustratos y nutrientes adecuados. **(8)** (pág. **23**).

## **Forraje hidropónico**

El forraje verde hidropónico (FVH) Es un método para generar biomasa vegetal mediante la germinación de semillas de cereales en un entorno controlado y sin la necesidad de suelo. Este tipo de forraje es muy nutritivo y se adapta bien a la alimentación animal. Se utilizan semillas como maíz, avena, cebada, trigo y sorgo, y se regulan factores como la luz, la temperatura y la humedad. Esta técnica representa una aplicación práctica de la hidroponía, facilitando una producción eficiente y de alta calidad de forraje. **(9)**.

## **Ventajas y desventajas**

### **a. Ventajas:**

**Ahorro de agua:** El uso de agua es muy reducido, ya que la producción se realiza en un invernadero, lo que previene la exposición directa a los rayos del sol. El agua utilizada se recolecta y reutiliza. Para generar un kilogramo de forraje, se necesitan alrededor de 2 litros de agua, lo que también ayuda a prevenir la contaminación en el proceso productivo al emplear agua potable.

**Tiempo de producción:** El período de cosecha del forraje verde hidropónico oscila entre 16 y 18 días. Sin embargo, es posible obtener forraje a partir del día 12, dependiendo de la temperatura de la región y de las condiciones de la infraestructura.

### **Calidad del forraje verde hidropónico para los animales:**

Al ser cultivado en pocos días, este germinado alcanza una altura de aproximadamente 20 a 30 cm, caracterizándose por ser succulento, palatable y apto para el consumo. Posee una alta digestibilidad debido a su bajo contenido de lignina. Este forraje fresco ofrece un alto valor nutricional, lo que lo convierte en un alimento ideal para animales.

Seguridad: La producción en entornos controlados reduce el riesgo de presencia de hongos e insectos, garantizando así un alimento de alta calidad sanitaria. Asimismo, se controla la aparición de hierbas y pastos perjudiciales para los animales o que podrían alterar el sabor de la carne. **(9)**.

**Costos de producción:** Los costos variarán según la disponibilidad de materiales necesarios para construir un invernadero y la selección de semillas de granos producidos localmente que sean económicas.

**Eficiencia en el uso de espacio:** La utilización de un módulo hidropónico para forrajes permite maximizar la producción de forraje verde hidropónico en menos tiempo y optimiza de manera más eficiente el uso del espacio disponible.

**b. Desventajas:**

**Asistencia técnica y desinformación de la tecnología:**

La carencia de conocimiento sobre esta tecnología y su aplicación es uno de los desafíos que enfrentan los productores. Aunque esta tecnología no es nueva, requiere de un uso continuo para obtener resultados visibles. Además, la falta de comprensión de sus beneficios genera desinterés en su implementación o conduce al abandono de esta actividad. **(9)**.

**1.3. Definición de términos básicos**

- **Microorganismos eficaces (EM).** EM se refiere a Microorganismos Eficaces, un concepto y tecnología desarrollados por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, cuya investigación se completó en 1982. El principio básico de esta tecnología radica en la introducción de un conjunto de microorganismos beneficiosos para mejorar las condiciones del

suelo, suprimir la putrefacción (incluyendo enfermedades) causada por microbios, y aumentar la eficiencia en el uso de la materia orgánica por las plantas.

En la producción pecuaria, el EM® se ha convertido en una herramienta invaluable para las unidades de producción animal gracias a sus efectos como probiótico, antígeno y desinfectante. La aplicación de la tecnología EM® en la ganadería se lleva a cabo en tres etapas: en el agua de bebida, en la alimentación y en la aplicación en las instalaciones. Los mejores resultados se obtienen cuando los tres pasos se implementan de manera conjunta. **(10)**.

- **Probióticos.** Los probióticos son un grupo de microorganismos que ayudan a regular y mantener la salud del intestino. Estos microorganismos están compuestos principalmente por Streptococcus, Lactobacillus, Bifidobacterias, Rhodopseudomonas palustris y levaduras como Saccharomyces cerevisiae.

- **Funciones de los probióticos.** El texto destaca que la función principal de los probióticos es impedir la proliferación e invasión de patógenos en el intestino. Según algunos estudios, para enfrentar a los microorganismos patógenos, los probióticos deben ser capaces de resistir el ácido, la bilis y la digestión normal del animal, lo que les permite inhibir la proliferación y crecimiento de agentes patógenos.

Generalmente, los probióticos se administran a través de la comida o el agua. Actualmente, su uso y aplicación son más conocidos y aceptados debido a los efectos positivos que tienen en la producción animal. **(11)**.

- **Acción:** Los probióticos son microorganismos vivos, como hongos, bacterias y levaduras, que, al ser administrados en cantidades adecuadas, ofrecen beneficios para la salud del huésped, según la definición de la FAO/OMS. No son patógenos ni tóxicos y su objetivo principal es colonizar el sistema digestivo para mejorar la salud del hospedero. Comercialmente, los

probióticos suelen estar compuestos por microorganismos como Lactococcus, Streptococcus, Bifidobacterium, Lactobacillus, Enterococcus y Pediococcus, y a menudo incluyen levaduras como Saccharomyces cerevisiae, que pueden utilizarse solos o en combinación. **(12)**.

- **Unidad experimental.** Una unidad experimental es la cantidad mínima de material a la que se le aplica un tratamiento. Este material puede tomar diferentes formas, tales como una parcela en el campo, una maceta, una planta, un medio de cultivo, una solución o incluso un período de tiempo determinado (como media hora). A esta cantidad mínima de material también se le conoce como parcela elemental. El tratamiento, por otro lado, es el proceso que se aplica a la unidad experimental y cuyo efecto se mide y compara con otros tratamientos. Los tratamientos pueden incluir una variedad de elementos, como una dieta alimenticia, una variedad de semillas, un programa de pulverización, la concentración de un medicamento o una combinación de temperatura y humedad, entre otros. **(13)**.
- **Análisis de Varianza (ANOVA).** El ANOVA de un factor es un método estadístico utilizado para comparar las medias de tres o más grupos con respecto a una única variable independiente, con el objetivo de determinar si las diferencias en los niveles de este factor afectan una variable dependiente. Aunque útil, su aplicación se limita a escenarios con un solo factor y una sola variable dependiente. Además, aunque puede identificar si existen diferencias significativas entre grupos, no especifica cuáles son esas diferencias. Este método también asume que la variable dependiente sigue una distribución normal en cada grupo y que la variabilidad dentro de los grupos es similar. **(14)**.
- **Análisis de Regresión.** El análisis de regresión es una técnica estadística que permite investigar la relación entre dos o más variables, identificando cuáles de ellas tienen un mayor impacto en el tema de interés.

Este análisis facilita la clasificación matemática respondiendo a preguntas clave como: ¿Cuáles son los factores más relevantes? ¿Cuáles pueden ser descartados? ¿Cómo interactúan estos factores entre sí? y ¿Cuál es el nivel de certeza en estas conclusiones?

Al realizar un análisis de regresión, se puede determinar con seguridad cuáles factores son los más significativos, cuáles pueden ser desestimados, y cómo interactúan entre ellos. Estas variables se dividen en dos categorías:

Variables dependientes: Son los factores principales que se buscan comprender o predecir.

Variables independientes: Son los factores que se cree influyen en la variable dependiente. **(15)**.

## **CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **2.1. Formulación de hipótesis**

#### **2.1.1. Hipótesis general**

La aplicación de dosis específicas de probiótico tendrá un impacto significativo en las características vegetativas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha 2023.

#### **2.1.2. Hipótesis específicas**

1. Existe una dosis óptima de probiótico que maximiza las características vegetativas del maíz.
2. La variación en las dosis de probiótico influirá de manera significativa en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz
3. Existe una relación positiva entre la dosis de probiótico y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.

### **2.2. Variables y su operacionalización**

#### **2.2.1. Identificación de las variables**

##### **Variables exógenas**

##### **Variable Independiente:**

##### **X. Dosis de Probiótico**

X<sub>1</sub>. 0 ml/litro

X<sub>2</sub>. 0.5 ml/litro

X<sub>3</sub>. 1 ml/litro

X<sub>4</sub>. 1.25 ml/litro

X<sub>5</sub>. 1.5 ml/litro



**Variables endógenas:**

**Y. Características Agronómicas y Rendimiento.**

Y<sub>1</sub>. Altura de planta en cm.

Y<sub>2</sub>. Peso fresco en Kg

Y<sub>3</sub>. Número de hojas por planta

Y<sub>4</sub>. Diámetro del tallo en mm.

Y<sub>5</sub>. Peso seco en kg/m<sup>2</sup>

Y<sub>6</sub>. Rendimiento por unidad de superficie kg/m<sup>2</sup>

### 2.2.2. Operacionalización de las variables

Variables	Definición	Tipo por naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categoría	Valores de las categorías	Medios de Verificación
<b>Variable Independiente</b> Dosis de Probiótico. (X1)	Los probióticos son un grupo de microorganismos que ayudan a regular y mantener la salud del intestino. <b>(Bueno en 2007)</b>	Cuantitativa Continua	Cantidad de probiótico en el agua (ml)	Continua	Dosis de probiótico ml/litro	T0 = 0 ml/litro T1 = 0.5 ml/litro T2 = 1 ml/litro T3 = 1.25 ml/litro T4 = 1.50 ml/litro	Registro de toma de datos de evaluación
<b>Variable Dependiente</b> Características vegetativas y rendimiento (Y1)	Evaluación de la altura, número de hojas, diámetro, materia verde y seca, etc.	Cuantitativa Continua	Altura de plantas Peso de materia verde Proporción hoja: tallo Peso de materia seca Rendimiento	Continua	Cantidad de forraje verde hidropónico de maíz por unidad de superficie	1. Altura de planta en cm. 2. Peso fresco en kg 3. # de hojas por planta 4. Diámetro de tallo en mm 5. Peso seco en kg/m <sup>2</sup> 6. Rendimiento por Unidad de superficie kg/m <sup>2</sup>	Registro de toma de datos de evaluación.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y se llevó a cabo utilizando un diseño analítico, prospectivo y transversal, con un nivel explicativo. Este tipo de estudio permitió analizar de manera detallada las variables involucradas y su relación con los resultados obtenidos. La metodología empleada facilitó la recolección y análisis de datos precisos y objetivos, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados.

#### **3.1.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación utilizado fue de tipo experimental puro y transversal, en el que se estableció una relación causa-efecto entre variables independientes y dependientes. Este enfoque permitió controlar y manipular las variables independientes de manera precisa para observar los efectos directos sobre las variables dependientes.

### **3.2. Diseño muestral**

#### **3.2.1. Población**

La población de estudio estuvo constituida por todas las plantas de maíz cultivadas en sistemas hidropónicos dentro del Proyecto de Enseñanza e Investigación de Porcinos en Zúngarococha durante el año 2023. La elección de esta población permitió abarcar un amplio espectro de características específicas del cultivo, asegurando que los resultados obtenidos fueran representativos y relevantes para la investigación.

### **3.2.2. Muestra**

La muestra de estudio estuvo compuesta por 20 bandejas de forraje verde hidropónico, cada una con dimensiones de 25x50 cm, distribuidas en cinco tratamientos diferentes, con cuatro repeticiones por tratamiento. Al utilizar múltiples repeticiones, se buscó minimizar la variabilidad y asegurar la fiabilidad de los resultados, permitiendo identificar con mayor precisión las diferencias significativas entre los tratamientos.

### **3.2.3. Muestreo**

El método de muestreo que se empleó fue un muestreo aleatorio simple, aplicado a todas las bandejas de forraje verde hidropónico del “Proyecto de Enseñanza e Investigación de Porcinos”. Este enfoque de muestreo fue seleccionado para garantizar que cada bandeja tuviera la misma probabilidad de ser incluida en la muestra, lo que minimizó sesgos y aseguró la representatividad de los datos recolectados. Este método permitió una evaluación objetiva y precisa de las características del forraje, facilitando un análisis riguroso que contribuye a la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el contexto del proyecto.

### **3.2.4. Criterios de selección**

Se seleccionó el cultivo de maíz (*Zea mays*) específico para la producción de forraje verde hidropónico.

#### **Inclusión**

- Solo se incluirán plantas que muestren un desarrollo adecuado y sin signos de enfermedad o plagas.
- Se incluirán los tratamientos en los que se pueda medir de manera precisa las características agronómicas y el rendimiento del cultivo.

- Se incluirán solo bandejas de forraje verde hidropónico que se cultivarán usando agua y probiótico EM.1

### **Exclusión**

- Se excluirán plantas que presenten enfermedades, daños significativos o signos de estrés severo que no sean atribuibles al tratamiento con probióticos.
- Se excluirán plantas que no se encuentren en la fase adecuada de crecimiento para evaluar los efectos de los probióticos.
- Se excluirán las bandejas de forraje verde hidropónico que hayan sido cultivadas usando otro tipo de probióticos o agua mezclada con otros nutrientes.

## **3.3. Procedimiento de recolección de datos**

### **3.3.1. Instrumentos de recolección de datos.**

#### **Materiales:**

#### **De campo:**

- Módulo hidropónico (Parihuela) de 2 x 2.5 mt
- Bandejas de 25 x 50 cm
- Semilla de maíz marginal 28
- Probiótico EM.1
- Balanza tipo reloj
- Plástico
- Colador
- Bidones
- Malla raschel
- Baldes

### **De gabinete:**

- Paquete Estadístico.
- Laptop.
- Cámara Fotográfica.
- Cuaderno de apuntes y/o de campo.
- USB, etc.

### **3.3.2. Ubicación del campo experimental**

La investigación se realizó en las instalaciones del "Proyecto de enseñanza e investigación en Porcinos" de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, situada en la comunidad de Zúngarococha, en el distrito de San Juan, provincia de Maynas, departamento de Loreto, con coordenadas geográficas 4°18'23.4" de latitud sur y 73°05'18.7" de longitud oeste.

### **3.3.3. Características de la unidad experimental**

#### **Unidad experimental**

Cantidad:	1
Largo:	2.5 m
Ancho:	2 m
Área:	5 m <sup>2</sup>
Unidad de observación:	20/unidad experimental

#### **Preparación del experimento**

1. **Selección de Semilla.** La variedad de semilla seleccionada para el cultivo de forraje verde hidropónico fue Marginal 28 T. Un criterio clave para su elección fue asegurar un mínimo de 85% de capacidad de

germinación. Además, se consideró el rendimiento histórico de esta variedad en condiciones comparables y su habilidad para adaptarse a ambientes controlados, lo que la convierte en una opción óptima para su uso en sistemas hidropónicos.

2. **Lavado y desinfección de semillas.** Las semillas fueron sometidas a un proceso de lavado exhaustivo con agua limpia para eliminar cualquier residuo y posibles patógenos presentes en la superficie. Posteriormente, se desinfectaron sumergiéndolas en una solución preparada con 1 ml de lejía por litro de agua durante 30 minutos. Este procedimiento fue implementado con el objetivo de minimizar el riesgo de enfermedades y asegurar la salud del cultivo. Después de la desinfección, las semillas se enjuagaron con cuidado para eliminar cualquier rastro de la solución desinfectante, garantizando que estuvieran completamente limpias antes de proceder a la siembra.
3. **Pre-germinación (Remojo de las Semillas).** Coloca las semillas en agua a temperatura ambiente y déjalas en remojo durante 24 horas para estimular el proceso de germinación. Es crucial verificar que las semillas estén completamente sumergidas, lo que asegura una germinación uniforme en todas ellas. Además, se recomienda agitar ligeramente el recipiente ocasionalmente para evitar que las semillas se agrupen, lo que podría impedir un remojo uniforme. Este paso es esencial para preparar las semillas de manera adecuada, promoviendo un desarrollo homogéneo y robusto desde las primeras etapas del crecimiento.
4. **Siembra y densidad.** Se utilizó 1 kg de semillas previamente germinadas por cada bandeja hidropónica, distribuyéndolas uniformemente en una capa de hasta 2 cm de altura para evitar la

acumulación excesiva. Esta distribución uniforme es esencial para asegurar que cada semilla tenga suficiente espacio para desarrollarse adecuadamente, reduciendo la competencia por nutrientes y luz. Además, se prestó especial atención a evitar cualquier superposición de semillas, lo que podría resultar en un crecimiento desigual y un aumento en el riesgo de enfermedades debido a la falta de ventilación adecuada entre las plántulas.

5. **Germinación.** Las bandejas fueron cubiertas con plástico durante 24 horas para fomentar tanto la germinación como el crecimiento inicial de las semillas. Este método crea un ambiente controlado que retiene la humedad y el calor, factores clave para acelerar el proceso de germinación. La temperatura se mantuvo consistentemente en un promedio de 30°C, lo cual es óptimo para promover una germinación rápida y uniforme. Además, se monitoreó regularmente el ambiente dentro de las bandejas para asegurar que las condiciones permanecieran estables, evitando variaciones que pudieran afectar negativamente el desarrollo de las plántulas en esta etapa crítica.
6. **Riego.** El riego fue manual de manera controlada utilizando botellas de plástico conteniendo cada tratamiento de estudio. Los riegos fueron en el siguiente horario: 6 am, 9 am, 12 pm, 3 pm, 6 pm y 10 pm, hasta empapar las bandejas. Esta programación regular asegura que las plántulas reciban la cantidad adecuada de agua adecuada, promoviendo un crecimiento equilibrado.
7. **Toma de mediciones.** A lo largo del proceso de cultivo, se realizaron diversas mediciones clave, incluyendo la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de hojas por planta. Estas evaluaciones se llevaron a cabo de manera sistemática y regular para seguir de



cerca el progreso del crecimiento y la salud general de las plantas durante todo el ciclo de cultivo. Además de las mediciones básicas, se prestó especial atención a cualquier variación en el desarrollo que pudiera indicar problemas potenciales, como deficiencias nutricionales o estrés ambiental.

8. **Cosecha y rendimiento.** La recolección del forraje verde de maíz se realizó a los 13 días después de la siembra, una vez que las plántulas alcanzaron la altura ideal para la cosecha. En esta etapa, se llevaron a cabo mediciones detalladas, incluyendo el peso fresco de cada bandeja y el rendimiento por unidad de superficie cultivada. Estos datos fueron esenciales para evaluar la productividad del cultivo.

Posteriormente, se procedió al análisis en laboratorio del contenido de materia seca, un indicador clave de la calidad y valor nutritivo del forraje. Este análisis, junto con las mediciones previas, proporcionó información valiosa para evaluar el éxito del ciclo de cultivo.

9. **Preparación del Probiótico "EM".** Para la preparación del probiótico "EM", se inicia combinando 1 litro del producto EM sin activar con un litro de melaza de caña. Estos ingredientes se mezclan en un balde que contiene 18 litros de agua sin cloro, lo que resulta en 20 litros de probiótico activado. La mezcla se agita con cuidado para asegurar que los ingredientes se integren completamente y se deja reposar durante 7 días, permitiendo que las bacterias se activen adecuadamente.

Durante este periodo de activación, el balde se coloca en un lugar oscuro para proteger la mezcla de la luz directa, lo cual es crucial para mantener la efectividad de las bacterias. Además, el balde se cubre con un costal negro, lo que ayuda a mantener un ambiente adecuado y constante para el proceso de fermentación. Este procedimiento

cuidadoso garantiza que el probiótico alcanzará su máximo potencial, listo para ser utilizado en aplicaciones agrícolas, donde su uso mejorará significativamente la salud del suelo y el rendimiento de los cultivos.

#### **3.4. Procesamiento y análisis de los datos**

Los datos de campo se recopilaron con la mayor precisión posible, asegurando tanto su integridad como su fiabilidad en cada etapa del proceso. Inicialmente, los datos fueron ingresados en una hoja de cálculo en Excel, lo que facilitó su organización y revisión preliminar. Posteriormente, esta información fue importada al programa estadístico "R estudio" para su procesamiento y análisis detallado.

#### **3.5. Aspectos éticos**

Se priorizó la sostenibilidad ambiental, usando recursos de manera responsable y minimizando el impacto en el ecosistema. La transparencia en la recolección y análisis de datos fue fundamental, asegurando que los resultados reflejaran fielmente los hallazgos. Estos principios garantizan la integridad y validez del estudio.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Parámetros evaluados en el estudio

#### 4.1.1. Medición de la altura de planta (cm)

La tabla 1 muestra el análisis de la varianza (ANOVA) aplicado para evaluar el efecto de los tratamientos en el crecimiento de la planta, medido en términos de altura en centímetros.

Aunque los tratamientos aplicados muestran diferencias en la altura promedio de las plantas, estas diferencias no son estadísticamente significativas al nivel de significancia del 5%. El coeficiente de variación (CV) es 2.24, lo que sugiere una variabilidad relativamente baja en los datos experimentales, lo que significa que los datos son relativamente consistentes y homogéneos.

**Tabla 1. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis de la altura en cm.**

FV	GI	SC	CM	F value	Pr(F)
Tratamiento	4	0.0666	0.0166	2.6313	0.0759 ns
Residual	15	0.0949	0.0063		
Total	19				

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de F. ns: No significativo.

CV: 2.24

En la tabla 2 se presenta el análisis de la varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal utilizado para predecir la altura de la planta en centímetros. El resultado muestra que el componente lineal del modelo es altamente significativo (p-valor de 0.006), lo que indica que este tiene un impacto importante en la altura de la planta. No se encontró evidencia significativa de que un modelo no lineal mejore la predicción, lo que refuerza la validez del modelo lineal para describir la relación entre las variables en este estudio. El modelo lineal es adecuado y efectivo para predecir la altura de la planta.

**Tabla 2. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable Altura de Planta en cm.**

	GL	SC	CM	F	p-valor	
Lineal	1	75.672845	75.672845	10.2203054	0.006	**
Desviación	3	3.002155	1.000718	0.1351561	0.937	
Residuo	15	111.062500	7.404167			

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

En la tabla 3 se presentan los resultados del modelo de regresión utilizado para predecir la altura de la planta en centímetros. El modelo incluye dos parámetros: el intercepto y la variable independiente x. El intercepto tiene una estimación de 31.995, lo que significa que cuando el valor de x es cero, la altura promedio de la planta es de aproximadamente 31.995 cm. Este valor es significativamente diferente de cero, como lo demuestra un valor t de 30.382 con un alto nivel de significancia ( $p < 0.01$ ).

Por otro lado, la variable x tiene una estimación de 3.612, lo que sugiere que por cada unidad adicional de x, se espera que la altura de la planta aumente en 3.612 cm. Este coeficiente también es significativo al 5%, con un valor t de 3.456 y un  $p < 0.05$ .

Estos resultados indican que tanto el intercepto como la variable independiente x contribuyen significativamente al modelo de regresión. La significancia de estos coeficientes sugiere que la variable x tiene un impacto positivo en la altura de la planta, permitiendo predecir el crecimiento de manera confiable bajo las condiciones especificadas en el experimento.

**Tabla 3. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción de la Altura de Planta en cm.**

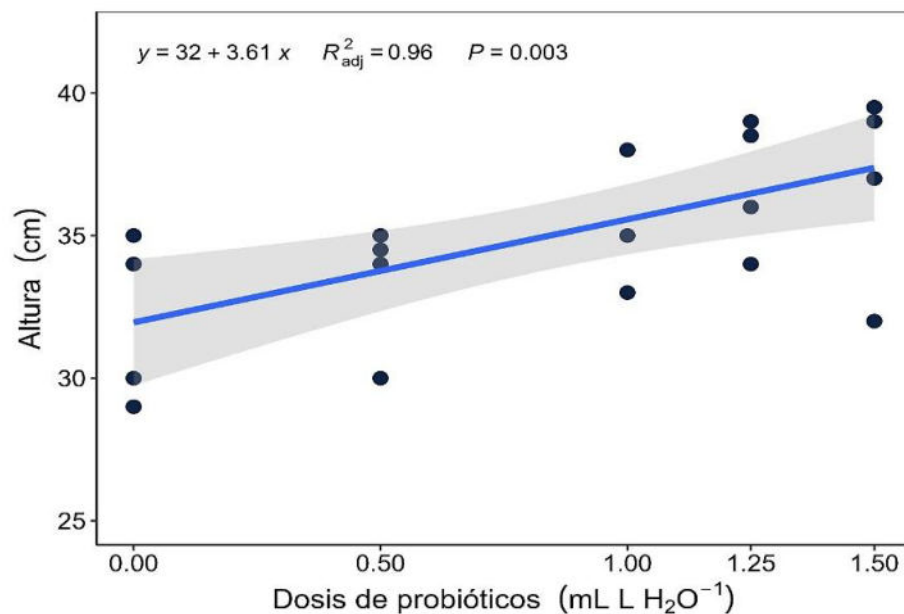
	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t )
Intercepto	31.995	1.052	30.382	0.000 **
x	3.612	1.045	3.456	0.003 *

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

En la Figura 1 se muestra el análisis de regresión que explora la relación entre la dosis de probióticos aplicada (en mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) y la altura de la planta (en cm). La ecuación de la regresión obtenida es  $y = 32 + 3.61x$ , lo que indica que por cada incremento de 1 mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> en la dosis de probióticos, la altura de la planta aumenta en promedio 3.61 cm. Este efecto es positivo y está alineado con la tendencia lineal observada en la gráfica. El valor del coeficiente de determinación  $R^2 = 0.96$  sugiere que el 96% de la variabilidad en la altura de las plantas puede ser explicada por el modelo de regresión, lo que indica una fuerte relación entre la variable independiente (dosis de probióticos) y la altura de la planta. El valor de P es 0.003, lo que indica una alta significancia estadística.

Además, el área sombreada alrededor de la línea de regresión representa el intervalo de confianza, mostrando que la mayoría de los puntos de datos están cercanos a la línea de tendencia, lo que refuerza la fiabilidad del modelo.

**Figura 1. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en la Altura de la Planta en cm**



#### 4.1.2. Medición del diámetro de planta (mm)

En la Tabla 4, se presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el efecto de los tratamientos en el diámetro de la planta, medido en milímetros. El análisis revela que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en relación con el diámetro de la planta, con un valor de Pr(F) de 0.9978. Esto indica que los tratamientos no tuvieron un efecto notable en el diámetro, y la variabilidad observada se debe principalmente al error experimental o a la variabilidad natural. El coeficiente de variación (CV) es 16.24, lo que sugiere una alta variabilidad en los datos.

**Tabla 4. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del diámetro de planta en mm.**

FV	GI	SC	CM	F value	Pr(F)
Tratamiento	4	0.0093	0.0023	0.0321	0.9978 ns
Residual	15	1.0872	0.0725		
Total	19				

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de F. ns: No significativo.

CV: 16.24

En la Tabla 5 se presenta el análisis de la varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal aplicado para evaluar la relación entre el diámetro de la planta (en mm) y la variable independiente estudiada. El análisis de la varianza muestra que el modelo de regresión lineal no es significativo para predecir el diámetro de la planta, con un p-valor  $> 0.05$  para el componente lineal. Tampoco se encontró significancia en las desviaciones no lineales, lo que sugiere que la variable independiente no tiene un impacto relevante en el diámetro de la planta. La variabilidad observada en los datos podría estar influenciada por factores no considerados en este modelo.

**Tabla 5. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable Diámetro de Planta en mm.**

	GL	SC	CM	F	p-valor	
Lineal	1	0.003827759	0.003827759	0.05281124	0.8213461	ns
Desviación	3	0.005492241	0.001830747	0.02525865	0.9943361	
Residuo	15	1.087200000	0.072480000			

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

En la Tabla 6, se presenta el análisis del modelo de regresión lineal utilizado para predecir el diámetro de la planta en milímetros. El intercepto del modelo tiene una estimación de 1.636, con un valor t de 15.894 y un p-valor de 0.000. Este resultado indica que el intercepto es estadísticamente significativo ( $p < 0.01$ ), lo que sugiere que, en ausencia de la variable independiente x, el diámetro promedio de la planta sería aproximadamente 1.636 mm.

Por otro lado, el coeficiente de la variable independiente x tiene una estimación de 0.026, con un valor t de 0.251, y el p-valor es 0.805, indicando que este coeficiente no es significativo (ns). Esto sugiere que la variable independiente x no tiene un impacto estadísticamente significativo en la predicción del diámetro de la planta.

**Tabla 6. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del diámetro de Planta en mm.**

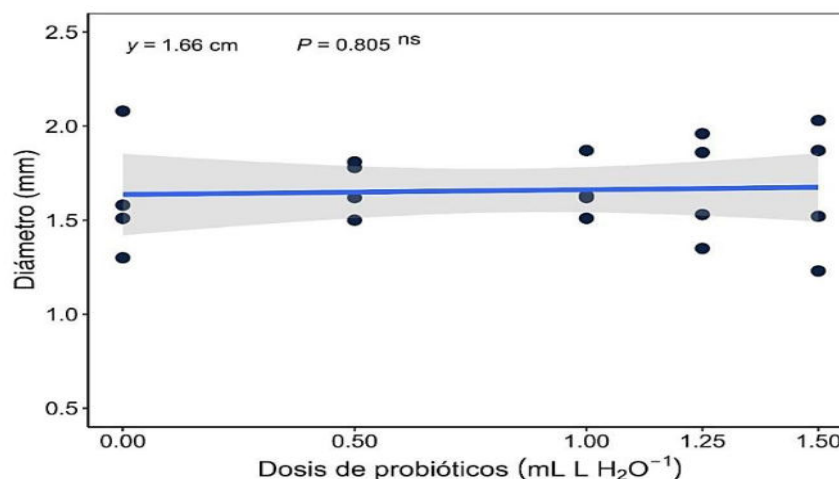
	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t )
Intercepto	1.636	0.103	15.894	0.000 **
x	0.026	0.102	0.251	0.805 ns

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

En la Figura 2 se presenta un análisis de regresión que examina la relación entre la dosis de probióticos aplicada (medida en mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) y el diámetro de la planta (en mm). La ecuación de regresión obtenida es  $y = 1.66$  cm, lo que indica que, independientemente de la dosis de probióticos aplicada, el diámetro promedio de la planta se mantiene constante en 1.66 mm. El valor de P es 0.805, indica que no existe una relación estadísticamente significativa entre la dosis de probióticos y el diámetro de la planta (ns).

La línea azul en la gráfica representa la tendencia central del modelo de regresión, mientras que el área sombreada alrededor de la línea indica el intervalo de confianza.

**Figura 2. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el Diámetro de Planta en mm**



#### 4.1.3. Medición del número de hojas

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de diferentes tratamientos en el número de hojas por planta. El análisis de varianza muestra que los tratamientos tienen un efecto significativo en el número de hojas por planta, con un p-valor < 0.01. Esto indica que las diferencias entre los tratamientos son estadísticamente significativas. El coeficiente de variación (CV) de 4.7 sugiere una baja variabilidad en los datos, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 7. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del número de hojas por planta.**

FV	GI	SC	CM	F value	Pr(F)
Tratamiento	4	1.082	0.271	19.554	0.0000 **
Residual	15	0.208	0.014		
Total	19				

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de F. ns: No significativo.

CV: 4.7

En la Tabla 8 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal, el cual examina la relación entre las variables



independientes, representadas por las dosis de probiótico, y el número de hojas por planta. El modelo incluye componentes lineales, cuadráticos y de desviación. El análisis revela que el componente cuadrático es altamente significativo ( $p < 0.01$ ) para explicar la variabilidad en el número de hojas por planta, mientras que los términos lineales y de desviación no muestran significancia estadística. Esto sugiere que la relación entre las variables y el número de hojas por planta sigue una tendencia cuadrática, siendo el modelo cuadrático el más apropiado para describir esta relación.

**Tabla 8. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable Número de hojas por Planta.**

	GL	SC	CM	F	p-valor
Lineal	1	0.002280172	0.002280172	0.1648317	6.904791e-01
Cuadrática	1	0.995745947	0.995745947	71.9816347	4.145288e-07
Desviación	2	0.083973881	0.041986940	3.0352005	7.818770e-02
Residuo	15	0.207500000	0.013833333		

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

En la Tabla 9 se presenta la evaluación del modelo de regresión diseñado para predecir el número de hojas por planta, analizando las estimaciones, errores estándar, valores t, y la significancia estadística de los coeficientes. El intercepto revela que, en ausencia de tratamiento, se espera una producción de 2.734 hojas por planta. Inicialmente, el tratamiento tiene un efecto negativo, disminuyendo el número de hojas en 1.452 por cada unidad de dosis aplicada. No obstante, el término cuadrático del modelo indica que dosis mayores eventualmente aumentan el número de hojas. La menor producción se presenta con una dosis de  $0.73 \text{ mL L H}_2\text{O}^{-1}$ , alcanzando un promedio de 2.2 hojas por planta.

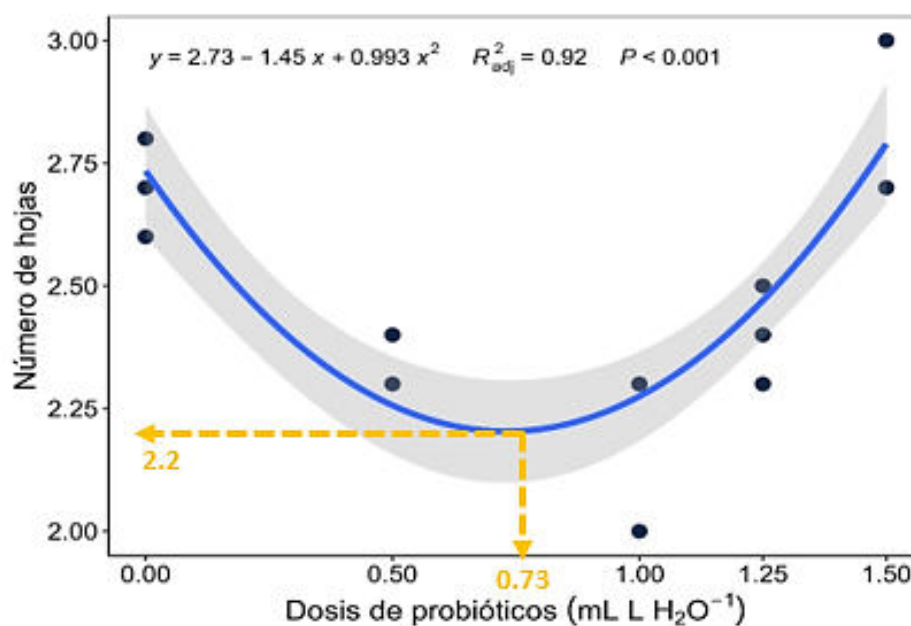
**Tabla 9. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del número de hojas por planta.**

	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t )
Intercepto	2.734	0.064	43.042	0.000 **
Tratamiento	-1.452	0.201	-7.237	0.000 **
l(trat^2)	0.993	0.130	7.621	0.000 **
<b>Dosis</b>	<b>0.73</b>			<b>2.2 Hojas</b>

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

La Figura 3 muestra un análisis de regresión que ilustra cómo distintas dosis de probióticos afectan el número de hojas por planta. La ecuación de regresión ajustada es  $y = 2.73 - 1.45x + 0.993x^2$ , donde "y" representa el número de hojas y "x" la dosis de probióticos en mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>. El modelo sigue una tendencia cuadrática significativa, con un R<sup>2</sup> ajustado de 0.92 y un valor p < 0.001, lo que sugiere que una de 0.73 mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> minimiza inicialmente el número de hojas a 2.2, antes de que la tendencia se invierta y comience a aumentar nuevamente.

**Figura 3. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el Número de hojas por Planta.**



#### 4.1.4. Medición del rendimiento materia fresca (kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup>)

La Tabla 10 muestra que el tratamiento ejerce un impacto significativo en el rendimiento de materia fresca de las plantas, con un valor F de 6.07 y un p-valor de 0.0041. Estos resultados indican que las diferencias en el rendimiento entre los tratamientos son estadísticamente significativas, validando así el efecto del tratamiento en el crecimiento de las plantas. El coeficiente de variación (CV) de 4.29 sugiere una variabilidad baja y consistente en los datos.

**Tabla 10. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del rendimiento de materia fresca kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup>**

FV	GI	SC	CM	F value	Pr(F)
Tratamiento	4	40.83	10.21	6.07	0.0041 **
Residual	15	25.24	1.68		
Total	19				

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de F. ns: No significativo.

CV: 4.29

La Tabla 11 muestra que tanto el componente lineal como el cuadrático son significativos para explicar la variabilidad en el rendimiento de materia fresca, con el componente lineal siendo particularmente fuerte (valor F de 15.91, p-valor de 0.000). Esto indica que la relación entre las variables independientes y el rendimiento mejora al considerar efectos tanto lineales como cuadráticos. Las desviaciones no son significativas, lo que sugiere que estas no aportan significativamente al modelo.

**Tabla 11. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable rendimiento de materia fresca kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup>.**

	GL	SC	CM	F	p-valor
Lineal	1	26.767517	26.767517	15.907796	0.000
Cuadrática	1	8.206959	8.206956	4.877351	0.043
Desviación	2	5.857527	2.928763	1.740549	0.209
Residuo	15	25.240000	1.682667		

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

La Tabla 12 muestra la evaluación detallada del modelo de regresión utilizado para predecir el rendimiento de materia fresca, expresado en kg/m<sup>2</sup>. Se examinan tres componentes clave: el intercepto, el efecto del tratamiento, y el término cuadrático del tratamiento, donde se observa que el tratamiento tiene un efecto positivo y significativo en el rendimiento de materia fresca, aumentando en 6.373 kg/m<sup>2</sup> por cada unidad adicional de dosis. Sin embargo, el término cuadrático indica que dosis más altas comienzan a disminuir este efecto, identificándose una dosis óptima de 1.12 mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>, con la cual se alcanza un rendimiento máximo de 31.3 kg/m<sup>2</sup>.

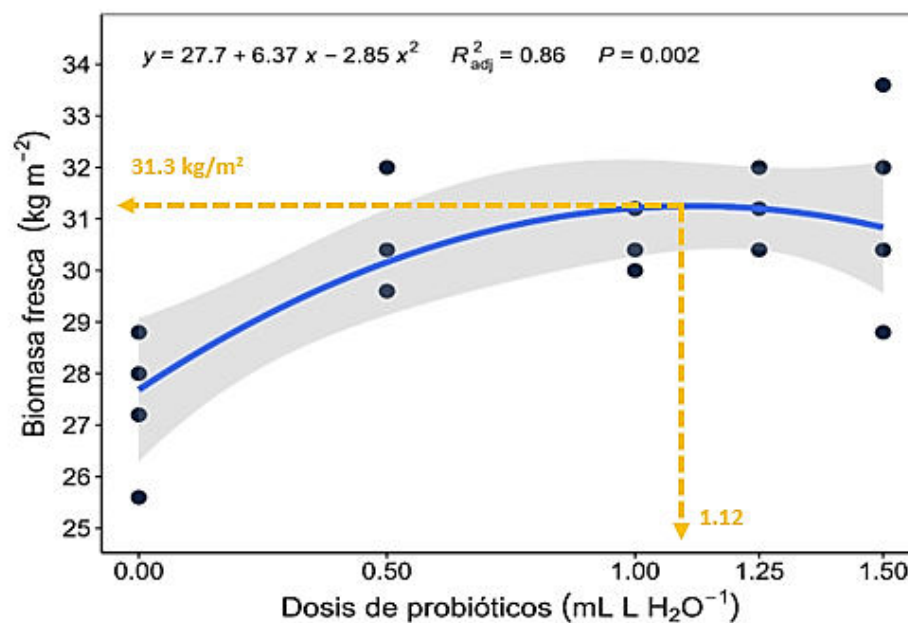
**Tabla 12. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del rendimiento de materia fresca kg m<sup>2</sup><sup>-1</sup>.**

	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t )
Intercepto	27.668	0.656	42.199	0.000 **
Tratamiento	6.373	2.072	3.076	0.007 **
l(trat <sup>2</sup> )	-2.849	1.345	-2.118	0.049 *
<b>Dosis óptima</b>	<b>1.12</b>		<b>31.3 kg/m<sup>2</sup></b>	

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

La Figura 4 presenta un análisis de regresión que examina el impacto de diferentes dosis de probióticos en el rendimiento de materia fresca, expresado en kg/m<sup>2</sup>. La ecuación de regresión ajustada es  $y = 27.7 + 6.37x - 2.85x^2$ , donde "y" representa el rendimiento de materia fresca y "x" la dosis de probióticos en mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>. El modelo sugiere que una dosis óptima de 1.12 mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> maximiza el rendimiento en 31.3 kg/m<sup>2</sup>, alcanzando un punto antes de que dosis mayores comiencen a reducirlo. Con un R<sup>2</sup> ajustado de 0.86 y un p-valor de 0.002, el modelo es estadísticamente significativo y explica bien la variabilidad observada en los datos.

**Figura 4. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el rendimiento de materia fresca  $\text{kg m}^{-2}$**



#### 4.1.5. Medición rendimiento materia seca ( $\text{kg m}^{-2}$ )

La Tabla 13 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto del tratamiento en el rendimiento de materia seca, expresado en  $\text{kg m}^{-2}$ . Este análisis permite determinar la significancia estadística de las diferencias observadas en el rendimiento entre los tratamientos. Los tratamientos tienen un efecto altamente significativo en el rendimiento de materia seca, con un valor F de 56.22 y un p-valor de 0.0000. Esto indica que las diferencias en el rendimiento entre los tratamientos son estadísticamente relevantes, reflejando un impacto real del tratamiento en el crecimiento de la planta. El coeficiente de variación (CV) de 4.27 sugiere una variabilidad baja y consistente en los datos.

**Tabla 13. Evaluación del crecimiento de la planta mediante ANOVA: Análisis del rendimiento de materia seca  $\text{kg m}^{-2}$**

FV	GI	SC	CM	F value	Pr(F)
Tratamiento	4	26.70	6.68	56.22	0.0000 **
Residual	15	1.78	0.12		
Total	19				

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de F. ns: No significativo.

CV: 4.27

La Tabla 14 muestra el análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal, el cual evalúa la relación entre las variables independientes y el rendimiento de materia seca, expresado en kg/m<sup>2</sup>. El modelo incluye términos lineales, cuadráticos y de desviación, analizados para determinar su contribución a la variabilidad del rendimiento.

Los resultados revelan que tanto los términos lineales como los cuadráticos son altamente significativos en la explicación del rendimiento de materia seca, siendo el componente lineal el más fuerte (valor F de 143.44, p-valor <0.01). Esto sugiere que la relación entre las variables y el rendimiento es compleja, y que la inclusión de términos cuadráticos y de desviación mejora significativamente el ajuste del modelo.

**Tabla 14. Análisis de la varianza del modelo de regresión lineal para la variable rendimiento de materia seca kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup>.**

	GL	SC	CM	F	p-valor
Lineal	1	17.030819	17.0308192	143.44394	4.438529e-09
Cuadrática	1	7.144750	7.1447503	60.17744	1.255571e-06
Desviación	2	2.525093	1.2625467	10.63394	1.331277e-03
Residuo	15	1.780921	0.1187281		

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

La Tabla 15 presenta la evaluación de un modelo de regresión diseñado para predecir el rendimiento de materia seca, expresado en kg/m<sup>2</sup>. El análisis se enfoca en los coeficientes del intercepto, el efecto del tratamiento, y el término cuadrático del tratamiento, evaluando su significancia y el impacto en la predicción. Los resultados muestran que el tratamiento tiene un impacto significativo en el rendimiento de materia seca, incrementándolo en 5.656 kg/m<sup>2</sup> por cada unidad adicional de dosis. Sin embargo, el término cuadrático sugiere que dosis mayores comienzan a reducir este efecto. La dosis óptima identificada es de 1.06 mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>, con la cual se alcanza un rendimiento máximo de 9.0 kg/m<sup>2</sup>.

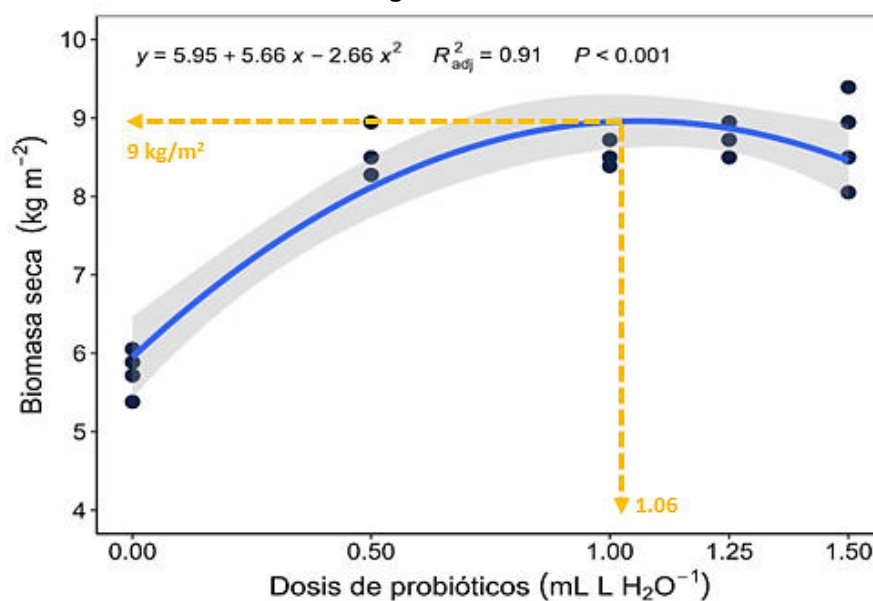
**Tabla 15. Evaluación de Modelos de Regresión para la predicción del rendimiento de materia seca kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup>.**

	Estimación	Error estándar	t valor	Pr(> t )
Intercepto	5.951	0.244	24.375	0.000 **
Tratamiento	5.656	0.771	7.334	0.000 **
I(trat <sup>2</sup> )	-2.659	0.501	-5.311	0.000 **
<b>Dosis óptima</b>	<b>1.06</b>		<b>9.0 kg/m<sup>2</sup></b>	

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de regresión de F. ns: No significativo.

El análisis de la Figura 5 confirma que la relación entre la dosis de probióticos y el rendimiento de materia seca sigue una tendencia cuadrática, con una dosis óptima de 1.06 mL L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> que maximiza el rendimiento a 9.0 kg/m<sup>2</sup>. Este modelo, que tiene un R<sup>2</sup> ajustado de 0.91 y es estadísticamente significativo (p < 0.001), resalta la importancia de administrar una dosis precisa de probióticos para maximizar el rendimiento, evitando la disminución en la eficacia observada con dosis más altas.

**Figura 5. Análisis de Regresión: Efecto de la Dosis de Probióticos en el rendimiento de materia seca kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup>**



## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

1. El presente estudio confirma que la aplicación de diferentes dosis de probiótico tiene un impacto significativo en las características agronómicas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*). La investigación validó la hipótesis general, demostrando que la dosificación adecuada de probióticos puede influir positivamente en el crecimiento y productividad del cultivo, en concordancia con lo observado en estudios previos (Ríos & Polanco, 2022; Díaz, 2019) .
2. **Relación entre Dosis y Crecimiento Vegetativo:** Se observó que las dosis de probiótico afectaron de manera significativa la altura de las plantas y el número de hojas por planta. Estos resultados confirman la primera hipótesis específica, que postulaba la existencia de una dosis óptima de probiótico que maximizaría las características vegetativas del maíz. En particular, se identificó que la dosis de 1.12 mL/L es la más eficaz para optimizar el crecimiento vegetativo, lo cual es consistente con estudios previos que sugieren que los probióticos pueden mejorar el desarrollo estructural de las plantas al promover una mayor absorción de nutrientes (Quinteros, 2023).
3. **Impacto en el Rendimiento de Materia Fresca y Seca:** La variación en las dosis de probiótico también tuvo un efecto significativo en el rendimiento de materia fresca y seca, validando la segunda hipótesis específica. Se encontró una relación cuadrática entre la dosis de probiótico y el rendimiento, con una dosis óptima de 1.12 mL/L para la materia fresca y 1.06 mL/L para la materia seca. Estos hallazgos son cruciales, ya que indican que dosis superiores a estos niveles no solo no mejoran el rendimiento, sino que pueden disminuirlo, lo que subraya la importancia de un manejo cuidadoso y preciso de las dosis aplicadas. Estos resultados son consistentes con investigaciones anteriores que han explorado el uso de probióticos en cultivos hidropónicos (Tomalá, 2021)



4. **Relación Dosis-Rendimiento:** Los análisis de regresión demostraron una relación positiva entre la dosis de probiótico y el rendimiento del forraje, evidenciando un incremento inicial significativo en el rendimiento a medida que aumenta la dosis, lo cual apoya la tercera hipótesis específica. Sin embargo, el modelo de regresión reveló un comportamiento no lineal en la relación dosis-rendimiento, indicando la necesidad de una cuidadosa calibración de las dosis para optimizar el rendimiento sin provocar efectos negativos asociados a una sobredosisificación.

5. **Contribución al Conocimiento Agrícola:** Estos resultados no solo contribuyen a validar las hipótesis planteadas, sino que también ofrecen una base sólida para futuras investigaciones en la aplicación de probióticos en sistemas hidropónicos y otros contextos agrícolas. La identificación de las dosis óptimas para maximizar tanto el crecimiento vegetativo como el rendimiento del forraje verde hidropónico recalca el potencial de los probióticos como una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola en regiones tropicales como Zúngarococha. Este estudio abre nuevas oportunidades para explorar el uso de probióticos en diversas condiciones y cultivos, contribuyendo al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y productivas (Rezabala, 2020)

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados alcanzados y en los objetivos establecidos en este estudio, se llega a la siguiente conclusión:

1. **Impacto de las Dosis de Probiótico:** La aplicación de probióticos en el cultivo hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Zúngarococha tuvo un impacto significativo en las características agronómicas y en el rendimiento del forraje. Los resultados validan la hipótesis general, demostrando que las dosis de probióticos influyen de manera considerable en el desarrollo y productividad del forraje.
2. **Determinación de Dosis Óptima:** Se identificó que la dosis de 1.12 mL/L de agua es la más efectiva para maximizar el rendimiento en términos de materia fresca, alcanzando un valor de 31.3 kg/m<sup>2</sup>. Asimismo, una dosis de 1.06 mL/L de agua optimizó el rendimiento de materia seca, obteniendo 9.0 kg/m<sup>2</sup>. Esto confirma la primera hipótesis específica, subrayando la importancia de una dosificación precisa para obtener los mejores resultados.
3. **Relación Cuadrática entre Dosis y Rendimiento:** Los análisis mostraron una relación cuadrática significativa entre la dosis de probiótico y el rendimiento del forraje. Incrementos moderados en la dosis mejoraron el rendimiento, pero dosis excesivas redujeron la eficacia, lo que respalda la segunda hipótesis específica y resalta la necesidad de un manejo ajustado de la dosificación.
4. **Correlación Positiva y No Lineal:** Se verificó una correlación positiva entre las dosis de probiótico y el rendimiento del forraje, especialmente en los incrementos iniciales de dosis, lo que confirma la tercera hipótesis específica. Sin embargo, el aumento en rendimiento no fue lineal, lo que implica la necesidad de ajustar las dosis en función de las condiciones específicas del cultivo para optimizar la producción.

## CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. **Optimización de Dosis de Probiótico:** Se recomienda aplicar una dosis de 1.12 mL/L de agua para maximizar el rendimiento en términos de materia fresca en el cultivo hidropónico de maíz (*Zea mays*). Esta dosis ha demostrado ser la más efectiva, alcanzando un rendimiento de 31.3 kg/m<sup>2</sup>. Es crucial mantener esta dosificación para asegurar resultados consistentes y productivos.
2. **Ajuste de Dosis para Materia Seca:** Para optimizar el rendimiento de materia seca, se aconseja utilizar una dosis de 1.06 mL/L de agua, que ha mostrado maximizar el rendimiento en 9.0 kg/m<sup>2</sup>. Este enfoque permitirá mejorar la eficiencia en la producción de forraje, ajustándose a las necesidades específicas del cultivo.
3. **Monitoreo y Ajuste de Dosis:** Dado que se observó una relación cuadrática entre la dosis de probiótico y el rendimiento, es fundamental monitorear cuidadosamente las respuestas del cultivo a diferentes dosis. Se recomienda ajustar la dosificación en función de las condiciones específicas del ambiente y el cultivo, evitando dosis excesivas que puedan reducir la eficacia del probiótico.
4. **Continuar la Investigación:** Se sugiere realizar estudios adicionales que exploren el uso de probióticos en otros sistemas de cultivo hidropónico y en diferentes contextos agrícolas. Esto permitirá validar los resultados obtenidos y extender las recomendaciones a otros cultivos y regiones.
5. **Capacitación y Difusión de Resultados:** Se recomienda capacitar a agricultores y técnicos en la correcta aplicación de probióticos en sistemas hidropónicos, basándose en los resultados de esta investigación. Además, es importante difundir los resultados a través de publicaciones y talleres, para promover el uso de probióticos como una herramienta eficiente y sostenible en la agricultura.

## CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Ríos L. y Polanco M.** Impacto de la suplementación alimentaria con forraje verde hidropónico de maíz (*Zea Mays L*) en la sostenibilidad de la producción de pollos de engorde en fincas rurales del municipio de Manizales – Caldas. Universidad de Manizales. Colombia. Disponible en:  
[https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/6369/Rios\\_Ariscizabal\\_Luis\\_Daniel.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/6369/Rios_Ariscizabal_Luis_Daniel.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
2. **Díaz J.** Abonos foliares (japaj húmico, 4n-20 y biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada. Universidad Tecnológica de Los Andes. Abancay. Apurímac. Perú. [Internet]. [citado 24 de octubre de 2023]. Disponible en:  
<https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/257/1/Abonos%20foliares%20%28japaj%20h%C3%BAmico%2c%204n-20%20y%20biol%29%20en%20el%20rendimiento%20del%20forraje%20verde%20hidrop%C3%B3nico%20de%20cebada.PDF>
3. **Quinteros Paredes DR.** Fertilización inorgánica en características vegetativas y rendimiento de forraje en rebrote de *Pennisetum sp.* Cuba 22 en Zungarococha – Loreto. 2023. 2023 [citado 4 de junio de 2024]; Disponible en:  
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/9756>
4. **Tomalá Flores NM.** Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes. [Internet] [bachelorThesis]. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.; 2021 [citado 3 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5694>
5. **Zea mays. En: Wikipedia,** la enciclopedia libre [Internet]. 2024 [citado 19 de mayo de 2024]. Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Zea\\_mays&oldid=160010165](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Zea_mays&oldid=160010165)
6. **Los Procesos de Germinación y Emergencia en el Cultivo de Maíz** | Intagri S.C. [Internet]. [citado 5 de noviembre de 2024]. Disponible en:  
<https://www.intagri.com/articulos/cereales/procesos-de-germinacion-y-emergencia-en-el-cultivo-de-maiz>
7. **Botero Botero R.** Producción y utilización de forrajes hidropónicos para la alimentación de rumiantes. 2007;2.
8. **Rezabala Zavala HJ.** Rendimiento productivo a diferentes tiempos de oreo, de gramíneas y leguminosas como forraje verde hidropónico, para alimentación animal [Internet] [bachelorThesis]. Jijipijapa.UNESUM; 2022 [citado 18 de

agosto de 2024]. Disponible en:

<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3444>

9. **Juárez López Porfirio H.** Producción de Forraje Verde Hidropónico. abril de 2013;13:11.
10. **EM Producción y Tecnología S.A.** (EMPROTEC). Guía de la Tecnología de EM. Costa Rica C.A;
11. **Li YB.** anfitrión de EBSCO | 96782395 | Efectos de los probióticos sobre el rendimiento del crecimiento y la microflora intestinal de pollos de engorde. [Internet]. [citado 7 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=1011601X&AN=96782395&h=BIDRx4DSuKbBnYwq7H3sH0jSNaXGI33jk9H3J3XN8RtjdkVVx9K%2fUvX1up%2f5C0j03yj3jerqz%2f%2b68hslps7mkw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCriNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d1011601X%26AN%3d96782395>
12. **Kabir SML.** The Role of Probiotics in the Poultry Industry. International Journal of Molecular Sciences. agosto de 2009;10(8):3531-46.
13. **Escobar R, Trapero-Casas A, Domínguez J.** Experimentación en Agricultura. 2010.
14. **ANOVA** de un factor | Introducción a la estadística | JMP [Internet]. [citado 18 de agosto de 2024]. Disponible en: [https://www.jmp.com/es\\_pe/statistics-knowledge-portal/one-way-anova.html](https://www.jmp.com/es_pe/statistics-knowledge-portal/one-way-anova.html)
15. **Ortega C.** Análisis de regresión: Qué es, tipos y cómo realizarlo [Internet]. QuestionPro. 2019 [citado 18 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-de-regresion/>

# **ANEXOS**

## 1. Matriz de Consistencia

Título de la Investigación	Pregunta de Investigación	Objetivos de la Investigación	Hipótesis (cuando corresponda)	Tipo y diseño de estudio	Población de estudio y procesamiento de datos	Instrumento de recolección
<p>Dosis de probiótico en las características agronómicas y rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (<i>Zea mays</i>) en Zúngarococha 2023.</p>	<p><b>Problema General</b> ¿Cómo afecta la dosis de probiótico en las características vegetativas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en la localidad de Zúngarococha durante 2023?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar el impacto de diferentes dosis de probiótico en las características vegetativas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha en 2023.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar la dosis óptima de probiótico para mejorar las características vegetativas del maíz.</li> <li>2. Analizar el efecto de las diferentes dosis de probiótico en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.</li> <li>3. Analizar la relación entre la dosis de probiótico y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz</li> </ol>	<p><b>Hipótesis General</b> La aplicación de dosis específicas de probiótico tendrá un impacto significativo en las características vegetativas y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha 2023.</p> <p><b>Hipótesis Específica</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Existe una dosis óptima de probiótico que maximiza las características vegetativas del maíz.</li> <li>2. La variación en las dosis de probiótico influirá de manera significativa en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.</li> <li>3. Existe una correlación positiva entre la dosis de probiótico y el rendimiento del</li> </ol>	<p><b>Tipo</b> Transversal, prospectivo, experimental,</p> <p><b>Diseño investigación.</b> Experimental. Transversal y explicativo causa efecto</p>	<p>La población de estudio está constituida por todas las plantas de maíz cultivadas en sistemas hidropónico en Zúngarococha durante el año 2023.</p> <p><b>Análisis estadístico:</b> Los resultados se analizarán con el paquete R estudio</p>	<p>Los instrumentos de recolección de datos serán balanza de planto, balanza gramera, vernier, termómetro ambiental, cuaderno de campo, registros de producción.</p>

## 2. Base de datos general del estudio

DAE	Trata ml	Bloque	altura	diámetro	hojas	peso fresco (kg)	Peso Seco Kg/m2	Rendimiento por unidad kg/m2	Rendimiento por unidad Tm/Ha
DAE	Trat	Bloque	ALT	DIA	HOJAS	MF	MS	REND_kg	REND_t
13	0.00	1	29.0	2.08	3.0	3.20	0.673	25.60	5.381
13	0.00	2	30.0	1.30	3.0	3.50	0.736	28.00	5.886
13	0.00	3	35.0	1.58	3.0	3.40	0.715	27.20	5.717
13	0.00	4	34.0	1.51	3.0	3.60	0.757	28.80	6.054
13	0.50	1	34.0	1.78	2.0	3.70	1.034	29.60	8.273
13	0.50	2	30.0	1.62	2.0	3.80	1.062	30.40	8.497
13	0.50	3	34.5	1.81	2.0	4.00	1.118	32.00	8.944
13	0.50	4	35.0	1.50	2.0	4.00	1.118	32.00	8.944
13	1.00	1	35.0	1.51	2.0	3.80	1.062	30.40	8.497
13	1.00	2	33.0	1.63	2.0	3.75	1.048	30.00	8.385
13	1.00	3	38.0	1.87	2.0	3.90	1.090	31.20	8.720
13	1.00	4	38.0	1.62	2.0	3.80	1.062	30.40	8.497
13	1.25	1	36.0	1.96	3.0	3.80	1.062	30.40	8.497
13	1.25	2	39.0	1.35	3.0	4.00	1.118	32.00	8.944
13	1.25	3	38.5	1.86	3.0	3.80	1.062	30.40	8.497
13	1.25	4	34.0	1.53	3.0	3.90	1.090	31.20	8.720
13	1.50	1	32.0	1.52	2.0	4.00	1.118	32.00	8.944
13	1.50	2	39.0	1.87	2.0	4.20	1.174	33.60	9.391
13	1.50	3	39.5	1.23	2.0	3.60	1.006	28.80	8.050
13	1.50	4	37.0	2.03	2.0	3.80	1.062	30.40	8.497
4	0.00	1	8.97	2.41					
4	0.00	2	9.27	2.57					
4	0.00	3	7.00	1.25					
4	0.00	4	9.83	1.27					
4	0.50	1	8.40	1.98					
4	0.50	2	7.67	2.24					
4	0.50	3	7.07	1.75					
4	0.50	4	7.23	1.67					
4	1.0	1	7.93	3.13					
4	1.0	2	7.27	2.21					
4	1.0	3	9.50	1.24					
4	1.0	4	7.00	1.23					
4	1.25	1	8.53	2.17					
4	1.25	2	7.50	2.50					
4	1.25	3	9.10	1.74					
4	1.25	4	8.40	1.77					
4	1.50	1	8.67	2.61					
4	1.50	2	9.40	1.70					
4	1.50	3	8.07	1.45					
4	1.50	4	8.00	1.59					



6	0.00	1	16.33	1.68
6	0.00	2	20.83	1.72
6	0.00	3	18.33	1.36
6	0.00	4	19.17	1.40
6	0.50	1	17.33	1.37
6	0.50	2	15.33	1.49
6	0.50	3	16.33	1.49
6	0.50	4	17.60	1.46
6	1.0	1	16.50	1.84
6	1.0	2	20.00	1.70
6	1.0	3	18.00	1.68
6	1.0	4	17.10	1.48
6	1.25	1	17.33	1.58
6	1.25	2	15.73	1.77
6	1.25	3	20.00	1.63
6	1.25	4	18.17	1.46
6	1.50	1	18.17	1.62
6	1.50	2	20.00	1.47
6	1.50	3	18.83	1.75
6	1.50	4	18.33	1.68
9	0.00	1	29.17	1.29
9	0.00	2	35.67	1.30
9	0.00	3	29.50	1.25
9	0.00	4	31.50	1.39
9	0.50	1	29.83	2.02
9	0.50	2	30.83	1.58
9	0.50	3	26.50	1.66
9	0.50	4	30.33	1.47
9	1.0	1	30.50	1.49
9	1.0	2	32.17	1.77
9	1.0	3	32.33	1.71
9	1.0	4	33.50	1.54
9	1.25	1	28.83	2.00
9	1.25	2	30.50	1.44
9	1.25	3	32.17	1.66
9	1.25	4	30.00	1.47
9	1.50	1	32.67	1.48
9	1.50	2	34.33	1.79
9	1.50	3	32.50	1.83
9	1.50	4	32.83	1.67

### 3. Base de datos de las variables en estudio al momento de la cosecha.

DAE	Trat	Bloque	altura	diámetro	#hojas	peso fresco (kg)	Peso Seco (Kg)	Rendimiento fresco kg/m2	Rendimiento seco Tm/Ha
13	T0	1	29.0	2.08	3.0	3.20	0.6726	25.60	5.38
13	T0	2	30.0	1.30	3.0	3.50	0.7357	28.00	5.89
13	T0	3	35.0	1.58	3.0	3.40	0.7147	27.20	5.72
13	T0	4	34.0	1.51	3.0	3.60	0.7567	28.80	6.05
13	T1	1	34.0	1.78	2.0	3.70	1.0342	29.60	8.27
13	T1	2	30.0	1.62	2.0	3.80	1.0621	30.40	8.50
13	T1	3	34.5	1.81	2.0	4.00	1.1180	32.00	8.94
13	T1	4	35.0	1.50	2.0	4.00	1.1180	32.00	8.94
13	T2	1	35.0	1.51	2.0	3.80	1.0621	30.40	8.50
13	T2	2	33.0	1.63	2.0	3.75	1.0481	30.00	8.39
13	T2	3	38.0	1.87	2.0	3.90	1.0901	31.20	8.72
13	T2	4	38.0	1.62	2.0	3.80	1.0621	30.40	8.50
13	T3	1	36.0	1.96	3.0	3.80	1.0621	30.40	8.50
13	T3	2	39.0	1.35	3.0	4.00	1.1180	32.00	8.94
13	T3	3	38.5	1.86	3.0	3.80	1.0621	30.40	8.50
13	T3	4	34.0	1.53	3.0	3.90	1.0901	31.20	8.72
13	T4	1	32.0	1.52	2.0	4.00	1.1180	32.00	8.94
13	T4	2	39.0	1.87	2.0	4.20	1.1739	33.60	9.39
13	T4	3	39.5	1.23	2.0	3.60	1.0062	28.80	8.05
13	T4	4	37.0	2.03	2.0	3.80	1.0621	30.40	8.50

#### 4. Prueba de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas

Pruebas de normalidad

	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Alatura de planta	T0	,252	4	.	,882	4	,348
	T1	,358	4	.	,790	4	,085
	T2	,293	4	.	,860	4	,262
	T3	,258	4	.	,917	4	,519
	T4	,265	4	.	,856	4	,245
Diámetro de tallo en mm	T0	,295	4	.	,915	4	,512
	T1	,261	4	.	,914	4	,501
	T2	,322	4	.	,898	4	,422
	T3	,243	4	.	,929	4	,586
	T4	,219	4	.	,959	4	,773
Número de hojas	T0	.	4	.	.	4	.
	T1	.	4	.	.	4	.
	T2	.	4	.	.	4	.
	T3	.	4	.	.	4	.
	T4	.	4	.	.	4	.
Rendimiento materia fresca kg/m <sup>2</sup>	T0	,192	4	.	,971	4	,850
	T1	,298	4	.	,849	4	,224
	T2	,329	4	.	,895	4	,406
	T3	,283	4	.	,863	4	,272
	T4	,151	4	.	,993	4	,972
Rendimiento materia seca kg/m <sup>2</sup>	T0	,195	4	.	,967	4	,823
	T1	,297	4	.	,851	4	,231
	T2	,329	4	.	,895	4	,406
	T3	,283	4	.	,863	4	,272
	T4	,149	4	.	,994	4	,975

a. Corrección de significación de Lilliefors

## 5. Galería de fotos

Foto 1. Probiótico inactivo y melaza de caña



Foto 2. Preparación del probiótico activo



**Foto 3. Tratamiento en estudio**



**Foto 4. Lavado y limpieza de las semillas de maíz**



**Foto 5. Limpieza y selección de granos**



**Foto 6. Siembra**





**Foto 7. Riego**





**Foto 8. Toma de datos**







**Foto 9. Suministro del forraje verde maíz a los animales**

