



**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

**“COMPARACIÓN DEL AGUA Y PROBIÓTICO “EM.1” EN EL  
RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE  
MAÍZ EN ZÚNGARO COCHA 2023”**

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

**PRESENTADO POR:  
MIGUEL ALEXIS TORRES ACOSTA**

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

**IQUITOS, PERÚ  
2024**



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 054-CGYT-FA-UNAP-2024.

En Iquitos, a los 23 días del mes de julio del 2024, a horas 07:00pm, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "COMPARACIÓN DEL AGUA Y PROBIÓTICO "EM.1" EN EL RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ EN ZÚNGARO COCHA 2023", aprobado con Resolución Decanal N°071-CGYT-FA-UNAP-2023, presentado por el Bachiller: **MIGUEL ALEXIS TORRES ACOSTA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**, que otorga la Universidad de acuerdo a la Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal No.046-CGYT-FA-UNAP-2024, está integrado por:

Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.	Presidente
Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.	Miembro
Ing. OMAR CUBAS ENCINAS, Dr.	Miembro

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

..... SATISFACTORIAMENTE .....

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

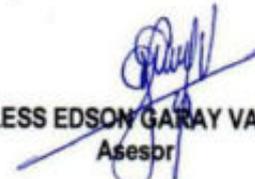
Estando el Bachiller APTO para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO

Siendo las 8.35 pm, se dio por terminado el acto ACADÉMICO.

  
Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.  
Presidente

  
Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.  
Miembro

  
Ing. OMAR CUBAS ENCINAS, Dr.  
Miembro

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

**JURADO Y ASESOR**

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

Tesis aprobada en sustentación pública el día 23 de julio 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:

**INGENIERO AGRÓNOMO**



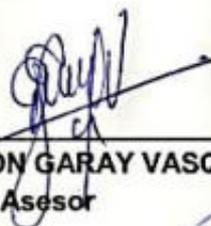
**Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.  
Presidente**



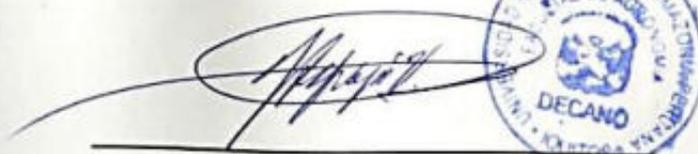
**Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.  
Miembro**



**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\_TORRES ACOSTA.pdf**

AUTOR

**MIGUEL ALEXIS TORRES ACOSTA**

RECuento DE PALABRAS

**9171 Words**

RECuento DE CARACTERES

**46910 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**48 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 11, 2024 9:32 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 11, 2024 9:33 AM GMT-5**

### ● 19% de similitud general

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

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% 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.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento al **Ing. HERLESS EDSON GARAY VÁSQUEZ**, Docente de Nuestra Prestigiosa **FACULTAD DE AGRONOMÍA** de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA**, por su valioso y fundamental aporte en la orientación y ejecución del Presente trabajo de Investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACION .....	ii
JURADO Y ASESOR.....	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Bases teóricas .....	3
1.3. Definición de términos básicos.....	5
CAPÍTULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES .....	8
2.1. Formulación de hipótesis .....	8
2.1.1. Hipótesis general.....	8
2.1.2. Hipótesis específicas.....	8
2.2. Variable y su operacionalización.....	8
2.2.1. Identificación de las variables .....	8
2.2.2. Operacionalización de las variables.....	10
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño .....	11
3.1.1. Tipo de investigación.....	11
3.1.2. Diseño de la investigación .....	11
3.2. Diseño muestral.....	11
3.2.1. Población.....	11
3.2.2. Muestra .....	11
3.2.3. Muestreo .....	11
3.2.4. Criterios de Selección.....	12
3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	12
3.3.1. Instrumentos de recolección de datos. ....	12

3.3.2. Ubicación del campo experimental .....	13
3.3.3. Características de la unidad experimental .....	13
3.3.4. Preparación del experimento .....	14
3.3.5. Evaluación de las variables dependientes .....	16
3.4. Procesamiento y análisis de datos .....	17
3.5. Aspectos éticos.....	17
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	18
4.1 Variables en estudio .....	18
4.1.1. Altura de planta (cm) .....	18
4.1.2. Diámetro de planta (mm).....	21
4.1.3. Número de hojas .....	25
4.1.4. Rendimiento materia fresca (kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ) .....	28
4.1.5. Rendimiento materia seca (kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> ) .....	32
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	37
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....	39
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES .....	40
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	41
ANEXOS .....	43
1. Matriz de Consistencia.....	44
2. Módulo de forraje hidropónico.....	45
3. Base de datos de la altura de planta en cm FVH de maíz sin probiótico .....	46
4. Base de datos del diámetro de tallo en mm FVH de maíz sin probiótico .....	47
5. Base de datos del número de hojas por planta FVH de maíz sin probiótico .....	48
6. Base de datos del peso fresco kg <sup>-1</sup> bandeja FVH de maíz sin probiótico .....	49
7. Base de datos del rendimiento peso fresco kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> FVH de maíz sin probiótico .....	50
8. Base de datos del rendimiento peso seco kg m <sup>2</sup> <sup>-1</sup> FVH de maíz sin probiótico .....	51
9. Base de datos de la altura de planta en cm FVH de maíz con probiótico .....	52
10. Base de datos del diámetro de tallo en mm FVH de maíz con probiótico .....	53
11. Base de datos del número de hojas por planta FVH de maíz con probiótico .....	54

12. Base de datos del peso fresco $\text{kg}^{-1}$ bandeja FVH de maíz con probiótico .....	55
13. Base de datos del rendimiento peso fresco $\text{kg m}^2^{-1}$ FVH de maíz con probiótico .....	56
14. Base de datos del rendimiento peso seco $\text{kg m}^2^{-1}$ FVH de maíz con probiótico .....	57
15. Resultados de la prueba de t Student para las variables en estudio con y sin la aplicación de probióticos .....	58
16. Galería de fotos .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA) de la altura de planta (cm) sin aplicación de probiótico.....	18
Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) de la altura de planta (cm) con aplicación de probiótico.....	18
Tabla 3. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable altura de planta (cm) con y sin aplicación de probiótico .....	19
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de el diámetro de planta (mm) sin aplicación de probiótico.....	21
Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) del diámetro de planta (mm) con aplicación de probiótico.....	22
Tabla 6. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable diámetro de planta (mm) con y sin aplicación de probiótico .....	23
Tabla 7. Análisis de varianza del número de hojas por planta sin aplicación de probiótico. ....	25
Tabla 8. Análisis de varianza del número de hojas por planta con aplicación de probiótico .....	26
Tabla 9. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable número de hojas por planta con y sin aplicación de probiótico .....	26
Tabla 10. Análisis de varianza del rendimiento materia fresca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz sin aplicación de probiótico. ....	29
Tabla 11. Análisis de varianza del rendimiento materia fresca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz con aplicación de probiótico. ....	29
Tabla 12. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable rendimiento materia fresca $\text{kg m}^2\text{-}1$ con y sin aplicación de probiótico .....	30
Tabla 13. Análisis de varianza del rendimiento materia seca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz sin aplicación de probiótico. ....	32
Tabla 14. Análisis de varianza del rendimiento materia seca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz con aplicación de probiótico. ....	33
Tabla 15. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable rendimiento materia seca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz con y sin aplicación de probiótico.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Análisis de regresión por efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico en 15 días para la variable altura de planta en cm.....	20
Figura 2. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable altura de planta en cm .....	21
Figura 3. Análisis de regresión por efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico en 15 días para la variable diámetro de planta en mm. ....	24
Figura 4. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable altura de planta en cm .....	25
Figura 5. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable número de hojas por planta con y sin aplicación de probiótico .....	27
Figura 6. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable altura de planta en cm .....	28
Figura 7. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable rendimiento materia fresca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz con y sin aplicación de probiótico.....	31
Figura 8. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable rendimiento materia fresca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz.....	32
Figura 9. Análisis de regresión por efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico en 15 días para la variable rendimiento materia seca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz. ....	35
Figura 10. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable rendimiento materia seca $\text{kg m}^2\text{-}1$ del forraje verde hidropónico de maíz.....	36

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del agua y la adición de probióticos en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023. Para ello, se llevaron a cabo experimentos utilizando un diseño experimental transversal y prospectivo, permitiendo comparar el rendimiento de los cultivos con y sin la aplicación de probióticos.

Se emplearon técnicas estadísticas como la prueba de t de Student para la comparación de medias y el análisis de regresión para examinar la relación entre las variables independientes (agua y adición de probióticos) y la variable dependiente (rendimiento del forraje). La recopilación de datos se realizó mediante registros detallados de producción, pesajes con balanza de precisión y almacenamiento de la información en hojas de cálculo de Excel. En total, se contó con 98 unidades de observación para el forraje hidropónico con y sin la aplicación de probióticos.

Los resultados mostraron que la adición de probióticos mejora significativamente el rendimiento del forraje, evidenciando incrementos tanto en la masa seca como en otros parámetros de crecimiento vegetal, como la altura de las plantas, diámetro y número de hojas. Estos hallazgos sugieren que el uso de probióticos puede ser una estrategia efectiva para optimizar la producción en sistemas hidropónicos, promoviendo una agricultura más sostenible y eficiente.

**Palabras clave:** Forraje hidropónico, Probiótico, materia seca.

## ABSTRACT

The present study aims to evaluate the impact of water and the addition of probiotics on the yield of hydroponic green corn forage in Zúngarococha during the year 2023. To this end, experiments were carried out using a cross-sectional and prospective experimental design, allowing to compare the yield of the cultures with and without the application of probiotics.

Statistical techniques such as Student's t-test for comparison of means and regression analysis were used to examine the relationship between the independent variables (water and addition of probiotics) and the dependent variable (forage yield). Data collection was carried out through detailed production records, precision weighing and storage of the information in Excel spreadsheets. In total, there were 98 observation units for hydroponic forage with and without the application of probiotics. The results showed that the addition of probiotics significantly improves forage yield, evidencing increases in both dry mass and other plant growth parameters, such as plant height, diameter and number of leaves. These findings suggest that the use of probiotics can be an effective strategy to optimize production in hydroponic systems, promoting more sustainable and efficient agriculture.

**Keywords:** Hydroponic Forage, Probiotic, Dry Matter.

## INTRODUCCIÓN

La producción sostenible de alimentos se ha convertido en un desafío crucial en la búsqueda de sistemas agrícolas más eficientes y respetuosos con el medio ambiente. En este contexto, el forraje verde hidropónico (FVH) emerge como una alternativa prometedora para la alimentación animal, ofreciendo rendimientos significativos en un espacio reducido y utilizando cantidades mínimas de recursos hídricos. Sin embargo, la optimización de este sistema es fundamental para garantizar su viabilidad a largo plazo. En este sentido, la presente investigación se enfoca en la comparación del impacto del agua convencional y el probiótico EM.1 en el rendimiento del FVH de maíz en Zúngarococha durante el año 2023. El objetivo general de este estudio es evaluar cómo la aplicación de agua y probiótico afecta el rendimiento y la calidad del forraje hidropónico de maíz en esta región específica, con el fin de ofrecer recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción agrícola en este contexto.

La inclusión del probiótico EM.1 en el cultivo hidropónico de maíz plantea una interesante posibilidad de mejorar tanto la productividad como la calidad nutricional del forraje, al tiempo que se podría reducir el impacto ambiental asociado con el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas. Esta investigación se propone llenar un vacío en la literatura científica local al explorar específicamente los efectos de esta adición en el contexto de Zúngarococha, una región con características edafoclimáticas particulares que pueden influir en la respuesta del cultivo.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

En el año 2022, llevaron a cabo una investigación en la ciudad de Caldas, Colombia, que se tituló " Efecto de la suplementación alimenticia con forraje verde hidropónico de maíz (*Zea Mays L*) en la sostenibilidad de la producción de pollos de engorde en predios rurales del municipio de Manzanares – Caldas”

El objetivo general fue evaluar la eficiencia productiva de las familias rurales en la producción de pollos de engorde con la inclusión de forraje verde hidropónico en la alimentación. La muestra estuvo conformada por 180 pollos. El diseño que se utilizó fue un experimento completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Los resultados obtenidos del peso final de los pollos presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos, pero, la suplementación del alimento balanceado, con un 10 % FVH fue similar a la producción de pollo 100% de alimento balanceado. La sustitución de forraje verde hidropónico de maíz es de gran viabilidad en un 10% de sustitución, sin afectar características del pollo, eficiencia y productividad, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción de pollo de engorde en las familias rurales. (1)

En el año 2019, se realizó un estudio titulado “Abonos foliares (Japaj húmico, 4N-20 y biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Abancay-Apurímac. El objetivo general fue evaluar el efecto de la aplicación de los abonos orgánicos (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en el distrito de Abancay – Apurímac. El diseño que se utilizó en la presente investigación fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con (4) tratamientos y (4) repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales. Se determinó que el mejor resultado en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico de la cebada durante las evaluaciones realizadas a lo largo de

la investigación se consiguió con la aplicación del tratamiento Agua + 4N -20. Con este tratamiento se logró que durante los 6, 8, 12, 16 y 18 días la biomasa vegetal reporte alturas de 3.44, 5.70, 10.52, 15.31 y 17.29 centímetros respectivamente. (2)

En el año 2023, se llevó a cabo un estudio titulado "Producción de biomasa y calidad nutricional del Forraje Verde Hidropónico de Zea mays (maíz) en diferentes momentos de cosecha en Tingo María". El objetivo general de esta investigación fue evaluar cómo varía la producción de biomasa y la calidad nutritiva del forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) en función de los momentos en que se lleva a cabo la cosecha. El diseño utilizado en el estudio fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) que incluyó tres bloques, cinco tratamientos diferentes y ocho repeticiones para cada uno. Los resultados obtenidos señalan que los indicadores más favorables en términos de producción se encuentran en el intervalo de cosecha de 16 a 20 días para el Forraje Verde Hidropónico (FVH). Por otro lado, en lo que respecta a los aspectos agronómicos y la calidad nutricional, los mejores resultados se observan en el intervalo de 24 a 28 días de cosecha del FVH de maíz. (3)

## **1.2. Bases teóricas**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología para producir biomasa vegetal a partir de la germinación de semillas de cereales en condiciones controladas sin suelo. Este forraje es altamente nutritivo y adecuado para la alimentación animal. Se emplean semillas de maíz, avena, cebada, trigo y sorgo, y se controlan variables como luz, temperatura y humedad. Esta técnica es una aplicación práctica de la hidroponía, permitiendo una producción eficiente y de calidad de forraje. (4)

## **Ventajas y desventajas**

### **Ventajas:**

- **Ahorro de agua:** El consumo de agua es mínimo porque es producido en un invernadero, evita el contacto directo con los rayos solares y el agua es captada y reutilizada. Para producir un kilo de forraje se requiere aproximadamente 2 litros de agua, a la vez evita la contaminación de la producción con el uso de agua potable.
- **Tiempo de producción:** el tiempo de cosecha de forraje verde hidropónico varía de 16 a 18 días. También, se puede obtener forraje desde el día 12, esto depende de la temperatura de la zona e infraestructura.
- **Calidad del forraje verde hidropónico para los animales:** Al ser producido en pocos días, es un germinado de aproximadamente 20 a 30 cm de altura, es succulento, palatable, comestible. Su digestibilidad es alta (menor contenido de lignina). Es un forraje fresco de alto valor nutricional adecuado para suministrarla como alimento para animales (9). – **Inocuidad:** La producción en ambientes controlados previene la presencia de hongos e insectos. Es decir, nos asegura obtener alimento de buena calidad sanitaria. Del mismo modo controla la presencia de hierbas y pastos dañinos para los animales o que puedan cambiar el sabor de la carne. (4).

**Costos de producción:** Los costos dependerán de la disponibilidad de materiales para la implementación de un invernadero, la elección de semillas de granos que se producen en la zona que sean de bajo costo

**Eficiencia en el uso de espacio:** El uso de un módulo hidropónico para forrajes maximiza la producción de forraje verde hidropónico en menor tiempo y optimiza mejor los espacios.

### **Desventajas:**

- **Asistencia técnica y desinformación de la tecnología:** La falta de conocimiento de la tecnología y su aplicación, es una de las dificultades para el productor. Esta tecnología no es de ahora, pero requiere tener continuidad para ver resultados. Asimismo, debido al desconocimiento de las ventajas, hay poco interés por implementar este tipo de tecnologías o provoca el abandono de esta actividad.
- **Costo de instalación elevado:** Al inicio el costo de instalación es alto. (4).

### **1.3. Definición de términos básicos**

**Microorganismos eficaces (EM).** EM significa Microorganismos Eficaces. Este concepto y tecnología fueron desarrollados por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y la investigación se completó en 1982. El principio fundamental de esta tecnología consiste en la introducción de un grupo de microorganismos beneficiosos con el fin de mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción (incluyendo enfermedades) de microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por parte de las plantas.

En la actividad pecuaria, el EM® se ha convertido en una herramienta invaluable para las unidades de producción animal debido a sus efectos como probiótico, antígeno y sanitizador. La tecnología EM® utilizada en la ganadería se basa en tres pasos: en el agua de bebida, en la alimentación y en la aplicación en las instalaciones. Los resultados óptimos se logran cuando se aplican los tres pasos de manera combinada. (5)

**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 explica que la función más importante de los probióticos es la de resistir la proliferación e invasión de patógenos en el intestino. Algunos estudios, han demostrado que, para hacer frente a los microorganismos patógenos, el probiótico debe ser capaz de resistir el ácido y la bilis, así como la digestión normal del animal, y de esta manera, ser capaz de inhibir la proliferación y el crecimiento de los agentes patógenos.

Por lo general, los probióticos se administran a través de la comida o el agua. Actualmente, su uso y aplicación son más ampliamente conocidos y bien recibidos debido a sus efectos positivos en la producción animal .(6)

**Acción:** Los probióticos actúan como una fuente natural de microflora viva, que incluye hongos, bacterias y levaduras. Según la definición de la FAO/OMS, los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, proporcionan beneficios para la salud del huésped. Específicamente, los probióticos son organismos vivos pequeños que no son patógenos ni tóxicos y que, cuando se administran por vía digestiva, favorecen la salud del hospedero. Se compone de varias combinaciones de microorganismos y su principal objetivo es colonizar de manera efectiva el sistema digestivo. Comercialmente, los probióticos suelen estar compuestos principalmente por Lactococcus, Streptococcus, Bifidobacterium, Lactobacillus, Enterococcus y Pediococcus, y también se utilizan levaduras como prebióticos, especialmente *Saccharomyces cerevisiae*. Estos pueden ser utilizados individualmente o en combinación (7).

**Experimento.** Hay varias formas de definir un experimento, pero en el campo de las ciencias biológicas y especialmente en agronomía, se puede describir como un estudio en el cual se manipulan una o varias variables independientes (consideradas como causas) con el fin de examinar las consecuencias que dicha manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (consideradas como efectos) en condiciones controladas por el investigador. En el ámbito de la

agronomía, los resultados obtenidos a partir de estos estudios se utilizan para tomar decisiones como la recomendación de una variedad de cultivo, la dosis adecuada de pesticida, la cantidad adecuada de fertilizante, entre otras. (8)

**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. (8)

**Error experimental.** El error experimental se refiere a la medida de la variación que existe entre las observaciones realizadas en unidades experimentales que han sido tratadas de manera similar. Por ejemplo, si se siembran cinco plantas juntas en una misma maceta y se les aplica un mismo tratamiento, la unidad experimental será el conjunto de las cinco plantas. Es necesario utilizar otras macetas con cinco plantas en cada una para poder medir la variación que existe entre unidades experimentales que han sido tratadas de forma similar. Esto es cierto incluso si se realiza una medición individual de una característica, como la altura de la planta. El problema radica en que, al comparar dos tratamientos, cualquier diferencia observada puede ser atribuible en parte a la variación que existe entre las macetas de cinco plantas, lo cual es probable que sea mayor que las diferencias que existen entre las plantas que se encuentran en una misma maceta. (8).

## **CAPÍTULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES**

### **2.1. Formulación de hipótesis**

#### **2.1.1. Hipótesis general**

La adición de probiótico tiene un impacto significativo en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023.

#### **2.1.2. Hipótesis específicas**

- El agua utilizada en el cultivo hidropónico de maíz en Zúngarococha afecta directamente el rendimiento de las plantas.
- La adición de probiótico al sistema de cultivo hidropónico mejora el rendimiento del forraje de maíz en comparación con el cultivo sin probióticos.

### **2.2. Variable y su operacionalización**

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

**Variable Independiente:**

**X<sub>1</sub>. Volumen de Agua**

**X<sub>2</sub>. Probiótico “EM.1”**

X<sub>2.1</sub> Dosis activa 10 litros/200 litros de agua

**Variable Dependiente:**

**Y. Rendimiento.**

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

Y<sub>2</sub>. Número de hojas por planta.

Y<sub>3</sub>. Diámetro del tallo en mm.

Y<sub>4</sub>. Peso fresco en Kg.

Y<sub>5</sub>. Contenido de materia seca en gr

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

La dosis empleada son recomendaciones del fabricante del probiótico.

Guía Tecnológica EM - EM Producción y Tecnología S.A (EMPROTEC)

## 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> Agua. (X1)	Se refiere a la cantidad y calidad del agua utilizada en el sistema hidropónico	Cuantitativa Continua	Cantidad de agua aplicada (litros)	Continua	Cantidad de agua utilizada	Cantidad de agua en litros utilizada en cada experimento	Registro de toma de datos de evaluación
Probiótico. (X2)	Los probióticos son un grupo de microorganismos que ayudan a regular y mantener la salud del intestino. (Bueno en 2007)	Cualitativa nominal	Tipo de probiótico utilizado	Nominal	Probiótico Tipo: EM.1	Tipo de probiótico EM.1 (10 litros de EM activado/ 200 litros de agua)	Registro del tipo que se utilizo
<b>Variable Dependiente</b> Rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (Y1)	Altura, número de hojas, diámetro y masa del forraje verde producido	Cuantitativa Continua	Altura y Peso del forraje (centímetros y Kilogramos)	Continua	Cantidad de forraje verde hidropónico de maíz por unidad de superficie	1. Altura de planta en cm. 2. # de hojas por planta 3. Diámetro de tallo en mm 4. Peso fresco en kg 5. Contenido materia seca 6. Rendimiento por Unidad de superficie	Registro de toma de datos de evaluación. Análisis de laboratorio.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación se centrará en un enfoque cuantitativo y se llevará a cabo mediante un tipo de diseño analítico, prospectivo y transversal, con un nivel explicativo.

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

El diseño de investigación a utilizar será de tipo experimental puro y transversal, en el que se establecerá una relación causa-efecto entre variables independientes y variables dependientes.

### **3.2. Diseño muestral**

#### **3.2.1. Población**

La población de estudio está constituida por todas las plantas de maíz cultivadas en sistemas hidropónico en Zúngarococha durante el año 2023.

#### **3.2.2. Muestra**

La muestra de estudio estará conformada por 98 bandejas de forraje verde hidropónico (25x50 cm) distribuidos en 2 estantes (49 bandejas cada uno).

#### **3.2.3. Muestreo**

El método de muestreo a utilizar será un muestreo aleatorio simple de todas las bandejas de forraje verde hidropónico del "Proyecto de enseñanza e investigación de porcinos".

### **3.2.4. Criterios de Selección**

Se seleccionó semillas de tamaño homogéneo, sanas y con un porcentaje de al menos el 85% de germinación.

#### **Inclusión:**

- Se incluirán solo bandejas de forraje verde hidropónico que se cultivarán usando agua y probiótico EM.1
- Solo se incluirán las bandejas de forraje verde hidropónico cultivados en el mismo periodo para asegurar una comparación justa.

#### **Exclusión:**

- Cualquier muestra que no se forraje verde hidropónico de maíz.
- 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. Procedimientos de recolección de datos**

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

##### **Materiales**

##### **De campo:**

- Módulo hidropónico con estantería de 2 x 2.5 mt
- Bandejas de 25 x 50 cm
- Semilla de maíz marginal 28
- Timer /temporizador
- Electrobomba de ½ hp
- Probiótico EM.1
- Balanza tipo reloj
- Balanza gramera
- Plástico

- Colador
- Bidones
- Malla raschel
- Mangueras
- Baldes
- Pulverizadores capacidad 30 litros/hora

**De gabinete:**

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

**3.3.2. Ubicación del campo experimental**

El trabajo de investigación se llevará a cabo en las instalaciones del “Proyecto de enseñanza e investigación de Porcinos” de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicada en la comunidad de Zúngarococha, distrito de San Juan, provincia de Maynas, departamento de Loreto, con coordenadas 4°18'23.4"S de latitud y 73°05'18.7"W de longitud.

**3.3.3. Características de la unidad experimental**

**Unidad experimental**

Cantidad:	2
Largo:	2.5 m
Ancho:	2 m
Área:	5 m <sup>2</sup>

Unidades de observación: 98

Unidad de observación: 49/unidad experimental

TRATAMIENTOS	DOSIS "EM"
X <sub>1</sub> : Agua pura	
X <sub>2</sub> : Probiótico EM.1	10 litros/200 litros de agua (dosis activa)

#### 3.3.4. Preparación del experimento

- 1. Selección de Semilla.** La semilla elegida para el cultivo de forraje verde hidropónico fue la variedad Marginal 28 T. Uno de los criterios principales para la selección de la semilla fue garantizar un mínimo del 85% de poder de germinación, lo cual es fundamental para asegurar un establecimiento vigoroso de las plántulas. Además, se tomó en cuenta el rendimiento histórico de esta variedad en condiciones similares, así como su capacidad de adaptación a ambientes controlados, lo que la hace ideal para el cultivo en sistemas hidropónicos.
- 2. Lavado y Desinfección de Semillas.** Las semillas fueron lavadas minuciosamente con agua limpia para eliminar cualquier residuo y posibles patógenos superficiales. Luego, se procedió a desinfectarlas sumergiéndolas en una solución desinfectante, utilizando 1 ml de lejía por litro de agua, durante un período de 30 minutos. Este proceso se llevó a cabo con el fin de reducir al mínimo el riesgo de enfermedades. Finalmente, las semillas fueron enjuagadas cuidadosamente para eliminar cualquier residuo de la solución desinfectante antes de su siembra.
- 3. Pre-germinación (Remojo de las Semillas).** Deja las semillas en remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas para

promover la germinación. Es importante asegurarse de que las semillas estén completamente sumergidas para garantizar un proceso de germinación uniforme.

4. **Siembra y Densidad.** Se empleó 1 kg de semillas pregerminadas por bandeja hidropónica, distribuyéndolas de manera uniforme a una altura de hasta 2 cm para evitar amontonamientos.
5. **Germinación.** Se procedió a tapar las bandejas con plástico por 24 horas para estimular la germinación y crecimiento. En cuanto la temperatura, ésta se mantuvo en promedio 30°C.
6. **Riego.** Se implementaron riegos controlados mediante un sistema de nebulización automatizada. La frecuencia de los riegos fue de 6 am, 9 am, 12 pm, 3 pm, 6 pm y 10 pm, con una duración de un minuto cada uno. Se utilizaron dos cilindros de 200 litros cada uno: el primero con agua pura y el segundo con agua pura más 10 litros de probiótico activado.
7. **Toma de mediciones.** Durante el proceso de cultivo se llevaron a cabo diversas mediciones, tales como la altura, diámetro de las plantas y el número de hojas por planta. Estas mediciones se registraron regularmente para monitorear el desarrollo y la salud de las plantas a lo largo del ciclo de crecimiento.
8. **Cosecha y Rendimiento.** La cosecha del forraje verde de maíz se llevó a cabo a los 15 días después de la siembra, una vez que las plántulas alcanzaron la altura óptima. Durante esta etapa, se registraron mediciones como el peso fresco de cada bandeja y el rendimiento por unidad de superficie. Posteriormente, en el laboratorio, se realizó el análisis del contenido de materia seca. Estas

mediciones y análisis son fundamentales para determinar el éxito del cultivo y ajustar las prácticas de manejo en futuros ciclos de cultivo.

9. **Equipos.** Para llevar a cabo el proceso, se emplearon diversos equipos, tales como cilindros de plástico con capacidad para 200 litros, baldes de 20 litros, estantes de fierro con capacidad para 7 bandejas por fila y 7 filas de altura, temporizadores, electrobombas, bandejas para forraje, entre otros.
10. **Preparación del Probiótico “EM”**, para la preparación, se combina 1 litro del producto Probiótico 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, obteniendo así 20 litros de probiótico activado. La mezcla se agita cuidadosamente y se deja reposar durante 7 días para activar las bacterias. El balde se ubica en un lugar oscuro y se cubre con un costal negro para asegurar el proceso.
11. **Los registros.** Se utilizó un cuaderno con el fin de anotar datos esenciales para la investigación, tales como la altura y diámetro de las plantas, el número de hojas, el peso fresco y el rendimiento por unidad de superficie. Este registro permitió un seguimiento minucioso de las variables clave durante todo el experimento, proporcionando así una base sólida para el análisis futuro y la evaluación completa de los resultados obtenidos.

### **3.3.5. Evaluación de las variables dependientes**

#### **A. Rendimiento**

- Altura de planta en cm.
- # de hojas por planta

- Diámetro de tallo en mm
- Peso fresco en kg
- Contenido materia seca
- Rendimiento por Unidad de superficie

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

Se recopilaron los datos de campo con la máxima precisión disponible, asegurando su integridad y fiabilidad. Estos datos fueron transferidos inicialmente a una hoja de cálculo en Excel y posteriormente importados al software estadístico "R" y "SPSS Ver 27" para su procesamiento y análisis detallado. Este enfoque garantizó una gestión eficiente y rigurosa de la información, permitiendo obtener resultados confiables y significativos.

### **3.5. Aspectos éticos**

Se aseguró el uso adecuado del recurso agua y el probiótico, garantizando su seguridad para la aplicación en el cultivo. Se mantuvo la integridad científica durante el experimento, recopilando y analizando los datos de manera imparcial y objetiva. Los resultados fueron presentados de manera transparente y honesta, sin ocultar información importante ni manipular los resultados para que se ajustaran a una hipótesis determinada.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Variables en estudio

#### 4.1.1. Altura de planta (cm)

La Tabla 1 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta (cm) sin el uso de probiótico. Este análisis evalúa la relación entre las variables en estudio, descomponiendo la variabilidad total en componentes explicados por el modelo (lineal y desviación) y el error residual. Se observa que todos estos componentes son altamente significativos. Tanto la relación lineal como las desviaciones de la linealidad son cruciales y significativas.

**Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA) de la altura de planta (cm) sin aplicación de probiótico**

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)
Lineal	1	21263.564	23105.139	18445.16354	0.000 **
Desviación	10	410.606	41.060596	35.61818	0.000 **
Residual	480	553.3435	1.152799		
Total	491				

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

La Tabla 2 presenta el análisis de varianza (ANOVA) de la altura de planta (cm) con aplicación de probiótico. Este análisis descompone la variabilidad total en componentes explicados por el modelo (lineal y desviación) y el error residual. Se observa que tanto el componente lineal como las desviaciones de la linealidad son altamente significativas.

**Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) de la altura de planta (cm) con aplicación de probiótico**

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)
Lineal	1	23105.139	23105.139	20042.64586	0.000 **
Desviación	10	897.5958	89.759579	77.86231	0.000 **
Residual	480	553.3435	1.152799		
Total	491				

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

La Tabla 3 muestra un análisis de regresión lineal entre la altura de planta (en cm) y el consumo de agua, comparando los casos con y sin probiótico. Sin probiótico, la pendiente es 2.6 indicando un aumento de 2.6 unidades de agua por cada cm de altura, con significancia estadística ( $p < 0.01$ ). Con probiótico, la pendiente es 2.7, sugiriendo un aumento de 2.7 unidades de agua por cada cm de altura, también con alta significancia ( $p < 0.01$ ). Ambos modelos revelan una relación positiva y significativa, con una pendiente ligeramente mayor en el modelo con probiótico, lo que podría indicar un efecto beneficioso de los probióticos en la altura de las plantas

**Tabla 3. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable altura de planta (cm) con y sin aplicación de probiótico**

<b>Sin Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	-3.778	0.309	-12.214	0.0000
x	2.661	0.034	78.929	0.0000

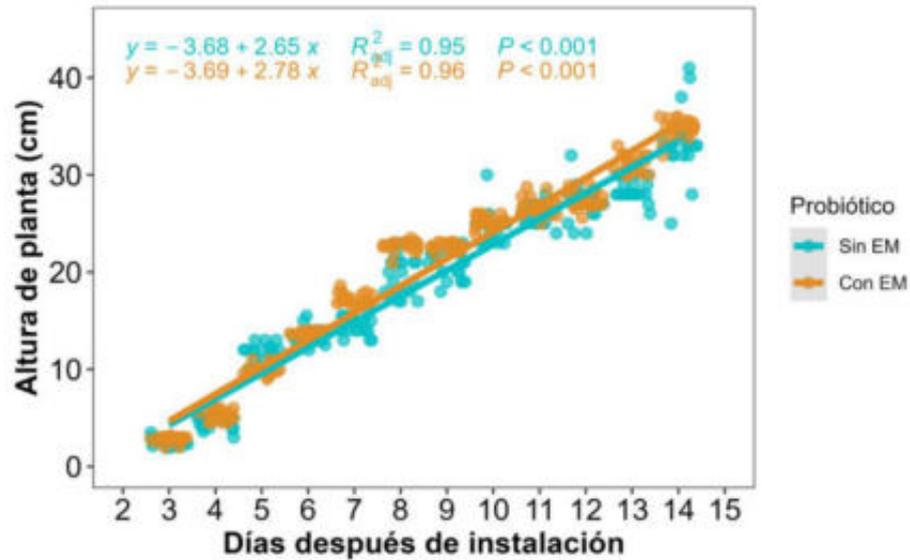
<b>Con Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	-3.617	0.336	-10.760	0.0000
x	2.774	0.037	75.691	0.0000

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

En la Figura 1 se muestra que el forraje hidropónico tratado con probiótico superó al no tratado en cuanto a la altura de las plantas (en cm) durante un periodo de 15 días de producción. Los análisis de regresión lineal indican que las plantas regadas con probiótico experimentaron un aumento de 2.78 cm por día de producción, mientras que las plantas sin probiótico tuvieron un incremento diario de 2.64 cm. Estos resultados sugieren que los probióticos pueden influir positivamente en el crecimiento de las plantas durante el periodo de producción. Además, los coeficientes de determinación  $R^2$  fueron del 96% y 95% respectivamente,

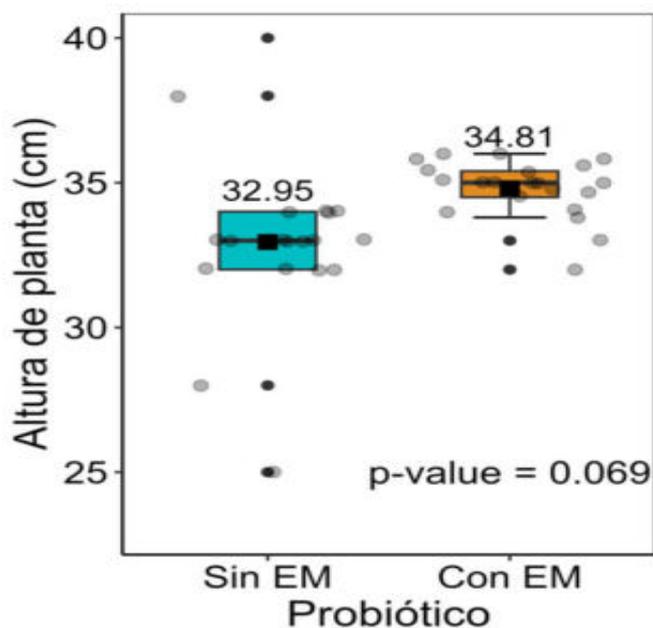
lo que indica una mayor capacidad del modelo para explicar la variabilidad en la altura de las plantas en el caso del uso de probiótico. Para ambos casos se observa una alta significancia estadística ( $p < 0,01$ ).

**Figura 1. Análisis de regresión por efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico en 15 días para la variable altura de planta en cm.**



En la Figura 2 se presenta la comparación de la altura de las plantas (medida en cm) entre los tratamientos con y sin el uso de probióticos (EM). Los datos muestran que la altura promedio de las plantas tratadas con probióticos fue de 34.81 cm, mientras que las plantas sin tratamiento con probióticos alcanzaron una altura promedio de 32.95 cm. Estos resultados provienen de una prueba t de Student para muestras independientes, que arrojó un valor p de 0.069. Estos resultados sugieren que, aunque el uso de probióticos podría tener un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, incrementando su altura promedio, la evidencia no es suficientemente fuerte para confirmarlo con un nivel de confianza del 95%. (no existe significancia estadística)

**Figura 2. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable altura de planta en cm**



#### 4.1.2. Diámetro de planta (mm)

La Tabla 4 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) del diámetro de planta (mm) sin la aplicación de probiótico. Este análisis muestra que tanto el efecto lineal como las desviaciones del modelo tienen una significancia estadística alta ( $p < 0.01$ ). Esto indica que hay diferencias significativas en el diámetro de las plantas bajo las condiciones estudiadas. Se puede concluir que las variables bajo estudio tienen un impacto significativo en el diámetro de la planta.

**Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de el diámetro de planta (mm) sin aplicación de probiótico**

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)	
Lineal	1	22.866328	22.86632768	1110.456564	0.0000	**
Desviación	10	1.08321	0.108321	5.260389	0.0000	**
Residual	480	9.884076	0.02059183			
Total	491					

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

La Tabla 5 muestra el análisis de varianza (ANOVA) del diámetro de planta (en mm) con la aplicación de probiótico. Este análisis divide la

variabilidad total en componentes explicados por el modelo (tanto lineales como desviaciones) y el error residual. Se destaca que tanto el componente lineal como las desviaciones de la linealidad son altamente significativos ( $p < 0.01$ ).

**Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) del diámetro de planta (mm) con aplicación de probiótico**

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)
Lineal	1	21.936182	21.93618235	1065.285953	0.0000 **
Desviación	10	1.932661	0.19326605	9.385572	0.0000 **
Residual	480	9.884076	0.02059183		
Total	491				

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

La tabla 6 presenta los resultados de dos modelos de regresión lineal que analizan la relación entre los días de siembra y el diámetro de la planta (en mm), diferenciando entre plantas con y sin aplicación de probiótico.

Sin la aplicación de probiótico, la estimación es de 0.087, lo que indica que por cada día de siembra, el diámetro de las plantas aumenta en 0.087 mm. Este resultado es estadísticamente significativo ( $p < 0.001$ ), evidenciando una fuerte relación positiva entre los días de siembra y el diámetro de la planta.

Para el grupo de plantas que recibieron probiótico, la estimación es de 0.085, indicando que por cada día de siembra, el diámetro de las plantas incrementa en 0.085 mm. Similar al grupo sin probiótico, este resultado es altamente significativo ( $p < 0.001$ ), confirmando una relación positiva y significativa entre los días de siembra y el diámetro de la planta.

**Tabla 6. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable diámetro de planta (mm) con y sin aplicación de probiótico**

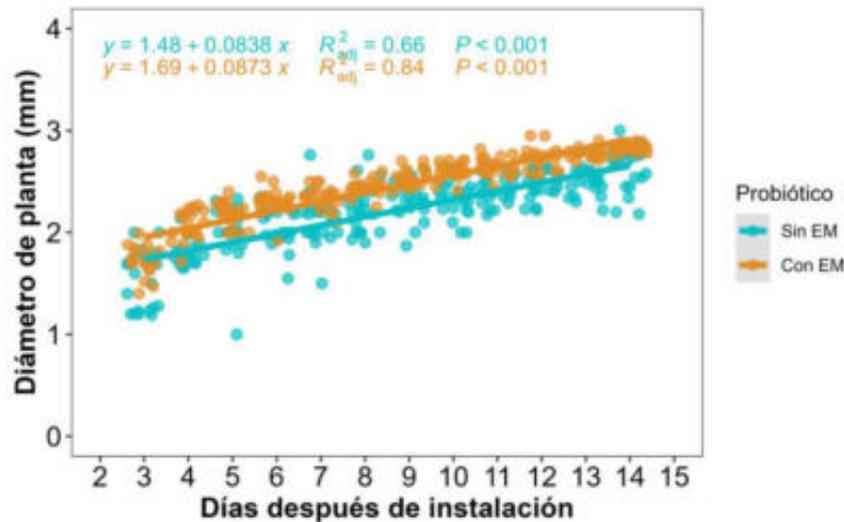
<b>Sin Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	1.465	0.031	47.795	0.0000
x	0.087	0.003	26.122	0.0000
<b>Con Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	1.709	0.023	75.877	0.0000
x	0.085	0.002	34.823	0.0000

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

La figura 3, muestra la relación entre los días después de la instalación y el diámetro de la planta (en mm), diferenciando entre plantas con y sin aplicación de probiótico (EM).

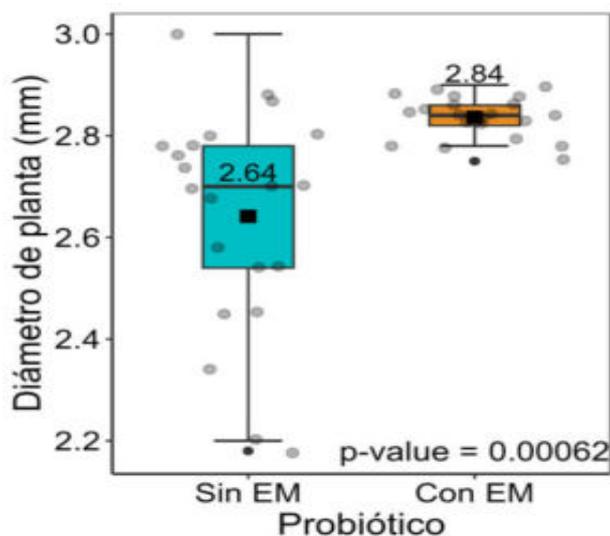
Estos resultados evidencian que la aplicación de probiótico (EM) tiene un impacto positivo en el diámetro de la planta. Las plantas con probiótico no solo tienen un diámetro inicial mayor (1.69 mm frente a 1.48 mm), sino que también presentan un mayor incremento diario en el diámetro (0.0873 mm frente a 0.0838 mm) en comparación con las plantas sin probiótico. Además, el modelo de regresión para las plantas con probiótico explica una mayor proporción de la variabilidad en el diámetro de la planta ( $R^2$  de 0.84) en comparación con las plantas sin probiótico ( $R^2$  de 0.66), lo que indica una relación más consistente y significativa en presencia del probiótico. Esto sugieren que la aplicación de probiótico es una estrategia eficaz para mejorar el crecimiento del diámetro de las plantas, proporcionando un beneficio tangible en el desarrollo de estas.

**Figura 3. Análisis de regresión por efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico en 15 días para la variable diámetro de planta en mm.**



La figura 4 presenta la gráfica de cajas y bigotes, compara el diámetro de la planta (en mm) entre dos grupos: plantas sin aplicación de probiótico (Sin EM) y plantas con aplicación de probiótico (Con EM). El análisis de la gráfica muestra que las plantas tratadas con probiótico (Con EM) tienen un diámetro promedio significativamente mayor (2.84 mm) en comparación con las plantas sin tratamiento de probiótico (2.64 mm). La menor variabilidad en el grupo con probiótico sugiere que el tratamiento no solo incrementa el diámetro promedio de las plantas, sino que también promueve un crecimiento más uniforme. La significancia estadística ( $p = 0.00062$ ) reafirma que la diferencia observada no es producto del azar y que el probiótico tiene un impacto positivo y consistente en el crecimiento del diámetro de las plantas. Estos resultados respaldan la efectividad del uso de probióticos como una estrategia para mejorar el crecimiento de las plantas.

**Figura 4. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable altura de planta en cm**



#### 4.1.3. Número de hojas

La tabla 7 presentada, muestra los resultados del análisis de regresión que evalúa el impacto del tratamiento "Sin Probiótico" en la variable número de hojas por planta. Se observa que tanto el efecto lineal como el efecto cuadrático son estadísticamente significativos, lo que sugiere una relación significativa en ausencia de probióticos. El análisis muestra que los coeficientes del efecto lineal y cuadrático tienen valores positivos y significativos, indicando una tendencia creciente y una curvatura en la relación entre el tratamiento y la variable de interés.

**Tabla 7 Análisis de varianza del número de hojas por planta sin aplicación de probiótico.**

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	66.921	66.921	551.112	0.0000	**
Cuadrática	1	4.130	4.130	34.014	0.0000	**
Desviación	7	5.373	0.768	6.321	0.0000	*
Residual	400	48.571	0.121			

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

La Tabla 8 muestra el análisis de varianza del número de hojas por planta tras la aplicación de probióticos. Los resultados indican una tendencia

ascendente y una curvatura en la relación entre el tratamiento y la variable de interés, tanto los efectos lineales como los cuadráticos de la aplicación de probióticos sobre el número de hojas por planta son estadísticamente significativos.

**Tabla 8 Análisis de varianza del número de hojas por planta con aplicación de probiótico**

FV	GI	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	72.33246	72.332467	595.6791	0.0000	**
Cuadrática	1	7.27417	7.2741703	59.90493	0.0000	**
Desviación	7	5.650505	0.807215	6.647653	0.0000	**
Residual	400	48.571429	0.1214286			

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

En la tabla 9 se presenta el análisis de regresión que evalúa dos modelos: uno sin probiótico y otro con probiótico. En ambos casos, la variable independiente (x) mostró una relación positiva y significativa con el número de hojas, siendo este efecto más pronunciado en las plantas tratadas con probióticos. Ambos modelos también revelaron una relación cuadrática significativa. El coeficiente de la variable x fue mayor en el modelo con probiótico (0.691) en comparación con el modelo sin probiótico (0.563), lo que indica un impacto más fuerte de los probióticos en el crecimiento de las hojas. Sin embargo, se observó que el término cuadrático negativo en ambos modelos implica una disminución del efecto a niveles más altos de la variable independiente, indicando una curva de crecimiento que eventualmente se reduce.

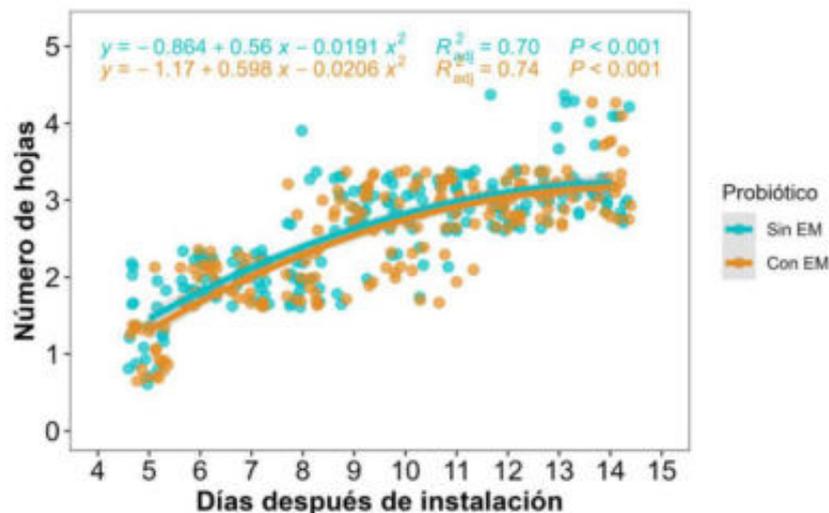
**Tabla 9 Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable número de hojas por planta con y sin aplicación de probiótico**

Sin Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.0639971	0.333476284	-3.190623	0.0016
X	0.56323954	0.074535112	7.556701	0.0000
I(x^2)	-0.0193001	0.003888583	-4.963285	0.0000
Con Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.5366522	0.2823983	-5.441436	0.0000
X	0.69098124	0.063118698	10.94733	0.0000
I(x^2)	-0.0256132	0.003292975	-7.778156	0.0000

En la figura 5 se observa el número de hojas por planta a lo largo de los días posteriores a la instalación, comparando dos grupos: uno sin probiótico (Sin EM) y otro con probiótico (Con EM). Los modelos de regresión ajustados para cada grupo indican que el número de hojas incrementa con el tiempo en ambos casos.

El modelo con probiótico mostró un mejor ajuste ( $R^2 = 0.74$ ) en comparación con el modelo sin probiótico ( $R^2 = 0.70$ ), lo que sugiere que los probióticos tienen un efecto positivo en el número de hojas por planta. Además, ambos modelos presentaron un término cuadrático negativo, indicando que el incremento en el número de hojas se ralentiza con el tiempo, eventualmente alcanzando una meseta.

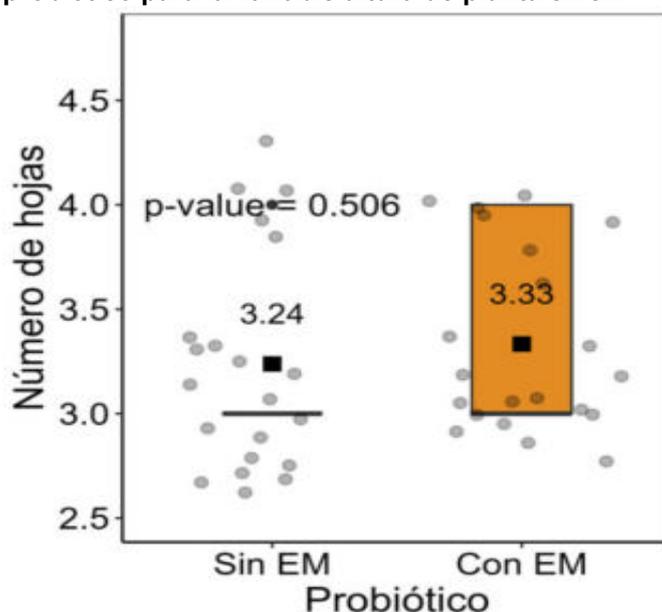
**Figura 5 Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable número de hojas por planta con y sin aplicación de probiótico**



En la figura 6 se presenta la comparación del número de hojas por planta entre dos grupos: uno sin probiótico (Sin EM) y otro con probiótico (Con EM). Los resultados muestran que el promedio del número de hojas en el grupo sin probiótico fue de 3.24, mientras que en el grupo con probiótico fue de 3.33. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa, ya que el valor  $p$  obtenido fue de ( $p > 0.506$ ). Estos

resultados indican que, la administración de probióticos no tuvo un efecto significativo en el número de hojas por planta.

**Figura 6. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable altura de planta en cm**



#### 4.1.4. Rendimiento materia fresca ( $\text{kg m}^{-2}$ )

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz ( $\text{kg m}^{-2}$ ) sin la aplicación de probióticos. Los resultados indican que tanto el componente lineal como el cuadrático del modelo tienen un impacto significativo en el rendimiento, con valores p inferiores a 0.0001.

Estos resultados destacan la importancia de considerar tanto las relaciones lineales como cuadráticas al modelar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz, proporcionando una comprensión más completa de los factores que influyen en la producción sin la aplicación de probióticos.

**Tabla 10 Análisis de varianza del rendimiento materia fresca kg m<sup>2</sup> -1 del forraje verde hidropónico de maíz sin aplicación de probiótico.**

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	2040.84	2040.84	1773.889	0.0000	**
Cuadrática	1	148.69	148.69	129.239	0.0000	**
Desviación	7	5.68	0.81	0.705	0.6679	ns
Residual	400	460.20	1.15			

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

En la tabla 11 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (kg m<sup>2</sup> -1) con la aplicación de probióticos. Los resultados revelan que tanto el componente lineal como el cuadrático del modelo tienen un impacto significativo en el rendimiento, con valores p menores a 0.0001. Estos resultados destacan la importancia de considerar las relaciones lineales y cuadráticas al modelar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz, proporcionando una comprensión más integral de los factores que influyen en la producción.

**Tabla 11 Análisis de varianza del rendimiento materia fresca kg m<sup>2</sup> -1 del forraje verde hidropónico de maíz con aplicación de probiótico.**

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	3610.38	3610.38	3138.13	0.0000	**
Cuadrática	1	57.43	57.43	49.92	0.0000	**
Desviación	7	30.66	4.38	3.81	0.0005	**
Residual	400	460.20	1.15			

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

En la tabla 12 se presentan los resultados de los modelos de regresión para evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (kg m<sup>2</sup> -1) con y sin la aplicación de probióticos. Los resultados indican que, en ambos casos, las variables independientes (x e l(x<sup>2</sup>)) tienen un impacto significativo en el rendimiento, con valores p inferiores a 0.0001.

El modelo sin probiótico muestra que el coeficiente de la variable x es 3.286, indicando un incremento significativo en el rendimiento con el

aumento de x. Sin embargo, el término uadrático negativo (-0.116) sugiere una disminución en este incremento a mayores niveles de x. Por otro lado, el modelo con probiótico presenta un coeficiente de 2.811 para la variable x, mostrando también un aumento significativo en el rendimiento con el incremento de x. El término cuadrático es menos negativo (-0.072), indicando una disminución más suave en el incremento del rendimiento a mayores niveles de x.

**Tabla 12. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable rendimiento materia fresca kg m<sup>2</sup>-<sup>1</sup> con y sin aplicación de probiótico**

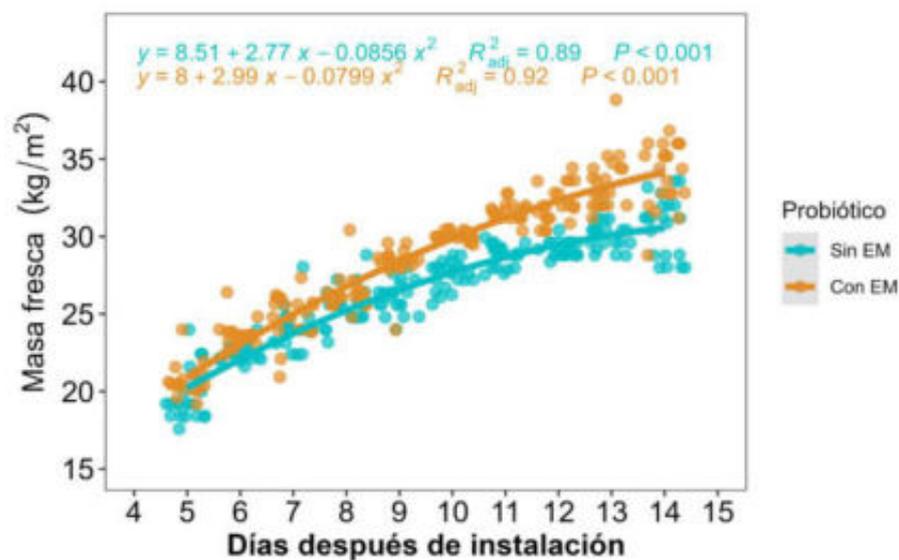
<b>Sin Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	6.5482193	0.93705387	6.988093	0.0000
X	3.2855613	0.20944043	15.687331	0.0000
I(x <sup>2</sup> )	-0.1158009	0.01092675	-10.597926	0.0000
<b>Con Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	8.65704704	0.844359355	10.252799	0.0000
X	2.81097316	0.188722322	14.894757	0.0000
I(x <sup>2</sup> )	-0.0719682	0.009845861	-7.309493	0.0000

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

En la figura 7 se observa la masa fresca del forraje verde hidropónico de maíz (kg/m<sup>2</sup>) a lo largo de los días posteriores a la instalación, comparando dos grupos: uno sin probiótico (Sin EM) y otro con probiótico (Con EM). Los modelos de regresión ajustados para cada grupo indican que la masa fresca incrementa con el tiempo en ambos casos.

El modelo con probiótico mostró un mejor ajuste ( $R^2 = 0.92$ ) en comparación con el modelo sin probiótico ( $R^2 = 0.89$ ), lo que sugiere que los probióticos tienen un efecto positivo en la masa fresca del forraje. Además, ambos modelos presentaron un término cuadrático negativo, indicando que el incremento en la masa fresca se ralentiza con el tiempo.

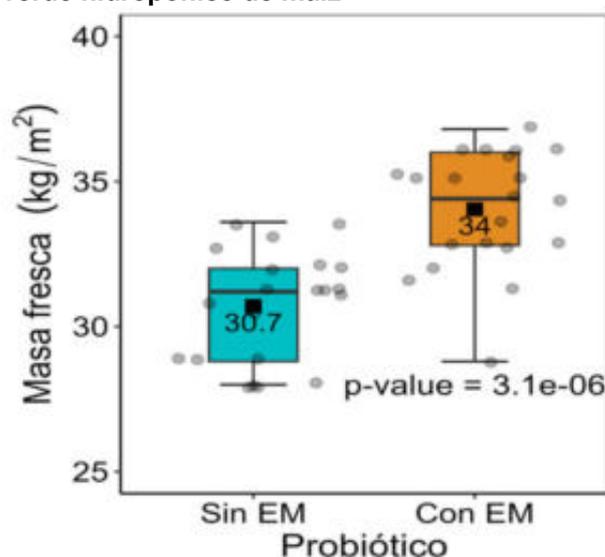
**Figura 7 Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable rendimiento materia fresca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz con y sin aplicación de probiótico**



En la figura 8 se presenta la comparación de la masa fresca ( $\text{kg m}^{-2}$ ) del forraje verde hidropónico de maíz entre dos grupos: uno sin probiótico (Sin EM) y otro con probiótico (Con EM). Los resultados muestran que el promedio de la masa fresca en el grupo sin probiótico fue de  $30.7 \text{ kg m}^{-2}$ , mientras que en el grupo con probiótico fue de  $34 \text{ kg m}^{-2}$ . Esta diferencia es estadísticamente significativa, como lo indica el valor p (0.000003.1).

Estos resultados indican que la administración de probióticos tiene un efecto positivo significativo en la masa fresca del forraje verde hidropónico de maíz. La variabilidad observada en ambos grupos también sugiere que los probióticos contribuyen a un incremento consistente en el rendimiento, lo cual es crucial para optimizar la producción en sistemas hidropónicos.

**Figura 8. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable rendimiento materia fresca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz**



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

La tabla 13 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el rendimiento de materia seca ( $\text{kg m}^{-2}$ ) del forraje verde hidropónico de maíz sin la aplicación de probióticos. Los resultados indican que tanto el componente lineal como el componente cuadrático del modelo tienen un impacto significativo en el rendimiento, con valores p inferiores a 0.001. Estos resultados subrayan la importancia de considerar tanto las relaciones lineales como cuadráticas al modelar el rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz sin la aplicación de probióticos, proporcionando una comprensión más completa de los factores que influyen en la producción.

**Tabla 13. Análisis de varianza del rendimiento materia seca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz sin aplicación de probiótico.**

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	90.18	90.18	1344.081	0.0000	**
Cuadrática	1	6.57	6.57	97.925	0.0000	**
Desviación	7	0.25	0.04	0.534	0.8091	ns
Residual	400	26.84	0.07			

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

La tabla 14 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el rendimiento de materia seca ( $\text{kg m}^{-2}$ ) del forraje verde hidropónico de maíz con la aplicación de probióticos. Los resultados indican que tanto el componente lineal como el cuadrático del modelo tienen un impacto significativo en el rendimiento, con valores p inferiores a 0.0001.

**Tabla 14. Análisis de varianza del rendimiento materia seca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz con aplicación de probiótico.**

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	282.05	282.05	4203.67	0.0000	**
Cuadrática	1	4.49	4.49	66.85	0.0000	**
Deviación	7	2.40	0.34	5.10	0.0000	**
Residual	400	26.84	0.07			

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

La tabla 15 presenta los resultados de los modelos de regresión para evaluar el rendimiento de materia seca ( $\text{kg m}^{-2}$ ) del forraje verde hidropónico de maíz, con y sin la aplicación de probióticos. Los resultados muestran que los componentes lineal y cuadrático tienen un impacto significativo en el rendimiento ( $p < 0.0001$ ).

En el modelo sin probiótico, el coeficiente de la variable X es 0.691, indicando un aumento significativo en el rendimiento, aunque el término cuadrático negativo (-0.024) sugiere una disminución en este incremento a mayores niveles de X. En el modelo con probiótico, el coeficiente de la variable X es 0.786, también mostrando un aumento significativo en el rendimiento, con una disminución más suave en el incremento del rendimiento a mayores niveles de X (-0.020).

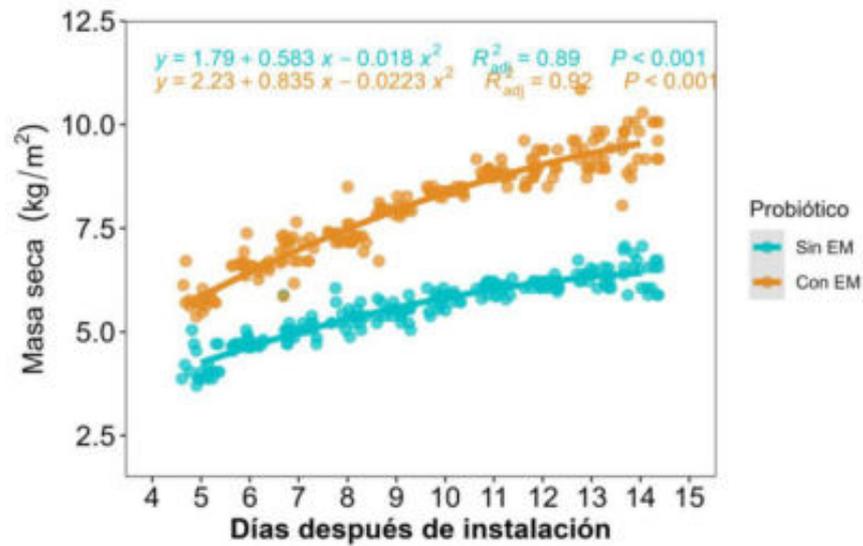
**Tabla 15. Análisis e Interpretación de los Modelos de Regresión para la variable rendimiento materia seca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz con y sin aplicación de probiótico**

<b>Sin Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	1.37626414	0.196937701	6.988322	0.0000
X	0.69065905	0.044017444	15.690576	0.0000
I(x^2)	-0.0243425	0.002296441	-10.600114	0.0000
<b>Con Probiótico</b>				
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
(Intercept)	2.41989141	0.235997525	10.25388	0.0000
X	0.78560992	0.052747685	14.89373	0.0000
I(x^2)	-0.0201120	0.002751907	-7.30839	0.0000

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

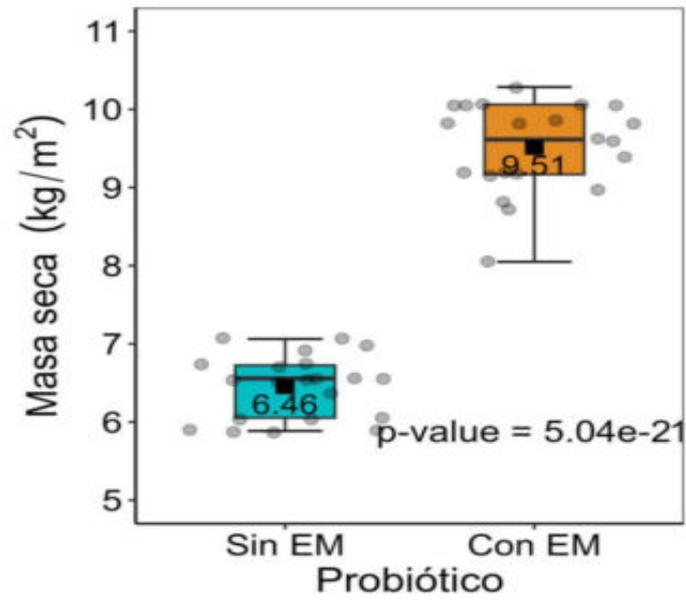
La Figura 9 muestra el análisis de regresión para evaluar los efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico durante 15 días en el rendimiento de materia seca ( $\text{kg m}^{-2}$ ) del forraje verde hidropónico de maíz. Los resultados revelan que ambos modelos (sin y con probiótico) presentan un aumento significativo en la masa seca a lo largo del tiempo, con valores p menores a 0.001. El modelo sin probiótico tiene un coeficiente para la variable x de 0.583, lo que indica un incremento significativo en la masa seca. No obstante, el término cuadrático negativo ( $-0.018 x^2$ ) sugiere una ralentización de este incremento con el paso del tiempo. En contraste, el modelo con probiótico presenta un coeficiente mayor para la variable x (0.835), indicando un incremento aún mayor en la masa seca con el tiempo. El término cuadrático negativo ( $-0.0223 x^2$ ) sugiere una disminución más gradual en el incremento del rendimiento.

**Figura 9. Análisis de regresión por efectos de la interacción del uso de agua con y sin probiótico en 15 días para la variable rendimiento materia seca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz.**



En la Figura 10 se presenta un diagrama de cajas que compara el rendimiento de materia seca ( $\text{kg m}^{-2}$ ) del forraje verde hidropónico de maíz entre dos grupos: sin probiótico (Sin EM) y con probiótico (Con EM). Los resultados muestran que el promedio del rendimiento de materia seca en el grupo sin probiótico fue de  $6.46 \text{ kg m}^{-2}$ , mientras que en el grupo con probiótico fue de  $9.51 \text{ kg m}^{-2}$ . Esta diferencia es estadísticamente significativa, como lo indica el valor p ( $5.04\text{e-}21$ ). Estos resultados indican que la administración de probióticos tiene un efecto positivo significativo en el rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico de maíz. La variabilidad observada en ambos grupos también sugiere que los probióticos contribuyen a un incremento consistente en el rendimiento, lo cual es crucial para optimizar la producción en sistemas hidropónicos.

Figura 10. Diagrama de Cajas de Prueba de T-Student con y sin uso de probiótico para la variable rendimiento materia seca  $\text{kg m}^{-2}$  del forraje verde hidropónico de maíz.



## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Este estudio discute en el contexto de la literatura existente así tenemos:

### 1. Impacto del Agua en el Rendimiento del Forraje.

El uso del agua en sistemas hidropónicos es un factor crítico para el crecimiento y rendimiento del forraje verde. En esta investigación, se observó que el volumen del agua influyó significativamente en la altura, el diámetro y el número de hojas de las plantas de maíz. Estos resultados son consistentes con estudios previos, como el realizado en Abancay-Apurímac sobre el forraje verde hidropónico de cebada, donde la optimización del riego demostró mejorar significativamente el rendimiento del forraje. El análisis de varianza (ANOVA) mostró que la relación lineal entre el volumen de agua y las variables de crecimiento fueron significativas.

### 2. Efecto de los Probióticos en el Rendimiento del Forraje

La adición de probióticos "EM.1" al sistema de cultivo hidropónico tuvo un impacto notable en el rendimiento del forraje verde de maíz. Los resultados mostraron incrementos significativos en la masa seca, altura de las plantas y diámetro de los tallos en los tratamientos con probióticos en comparación con los tratamientos sin probióticos. Estos hallazgos están alineados con investigaciones anteriores, como el estudio realizado en Tingo María, que demostró que el uso de aditivos como probióticos puede mejorar la producción de biomasa y la calidad nutricional del forraje. Además, los modelos de regresión indicaron una relación positiva y significativa entre el uso de probióticos y el rendimiento del forraje, con coeficientes de determinación elevados ( $R^2 > 0.9$ ), sugiriendo una fuerte capacidad explicativa del modelo.

## 2. Comparación entre Tratamientos con y sin Probióticos

Al comparar los tratamientos con y sin probióticos, se observó una diferencia significativa en todas las variables de rendimiento. Los tratamientos con probióticos no solo presentaron un mayor rendimiento promedio, sino que también mostraron una menor variabilidad, indicando un crecimiento más consistente y uniforme. Estos resultados son congruentes con la literatura que respalda el uso de probióticos en la agricultura hidropónica, destacando su potencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.

El análisis de la prueba t de Student y los diagramas de cajas confirmaron que las diferencias observadas eran estadísticamente significativas, reforzando la conclusión de que los probióticos “EM.1” tienen un efecto positivo y medible en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

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

1. El uso del agua en el sistema de cultivo hidropónico demostró ser un factor crítico en el rendimiento del forraje de maíz. La calidad y cantidad del agua utilizada afectaron significativamente el crecimiento de las plantas.
2. La adición de probióticos al sistema de cultivo hidropónico incrementó significativamente el rendimiento del forraje de maíz. Los cultivos tratados con probióticos presentaron mayores valores de masa seca y otros indicadores de crecimiento vegetal.
3. Los análisis comparativos entre los tratamientos con y sin probióticos mostraron diferencias estadísticamente significativas. Los probióticos no solo aumentaron el rendimiento promedio, sino que también redujeron la variabilidad, indicando una mejora en la consistencia del rendimiento.

## **CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere la incorporación de probióticos en los sistemas de cultivo hidropónico para mejorar el rendimiento del forraje verde de maíz.
2. Se sugiere optimización el uso de agua en cantidades y riegos adecuados para maximizar el rendimiento del cultivo. Se debe considerar el uso de tecnologías de tratamiento de agua para asegurar su calidad.
3. Se sugiere realizar investigaciones adicionales para explorar el efecto de diferentes dosis de probióticos, biofertilizantes, frecuencias y tiempos de riego, densidad de siembra por bandejas, etc. así como su impacto en la economía.
4. Se sugiere implementar prácticas de gestión agrícola que consideren el uso de probióticos y el manejo eficiente del agua para mejorar la productividad y sostenibilidad de los cultivos hidropónicos en diversas condiciones climáticas.

## CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Rios\_Aristizabal\_Luis\_Daniel.pdf** [Internet]. [citado 24 de octubre de 2023].  
Disponible en:  
[https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/6369/Rios\\_Aristizabal\\_Luis\\_Daniel.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/6369/Rios_Aristizabal_Luis_Daniel.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
2. **Abonos foliares (japaj húmico, 4n-20 y biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada.pdf** [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. **Lazo Pozo LC.** Producción de biomasa y calidad nutritiva del forraje verde hidropónico del Zea mays (maíz) a Diferentes edades de cosecha, en Tingo Maria. Universidad Nacional Agraria de la Selva [Internet]. 2023 [citado 19 de abril de 2024]; Disponible en:  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2394>
4. **Juárez López Porfirio H.** Producción de Forraje Verde Hidropónico. abril de 2013;13:11.
5. **EM Producción y Tecnología S.A. (EMPROTEC).** Guía de la Tecnología de EM. Costa Rica C.A;
6. **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=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d1011601X%26AN%3d96782395>
7. **Kabir SML.** The Role of Probiotics in the Poultry Industry. International Journal of Molecular Sciences. agosto de 2009;10(8):3531-46.
8. **Escobar R.** Trapero-Casas A, Domínguez J. Experimentación en Agricultura. 2010.

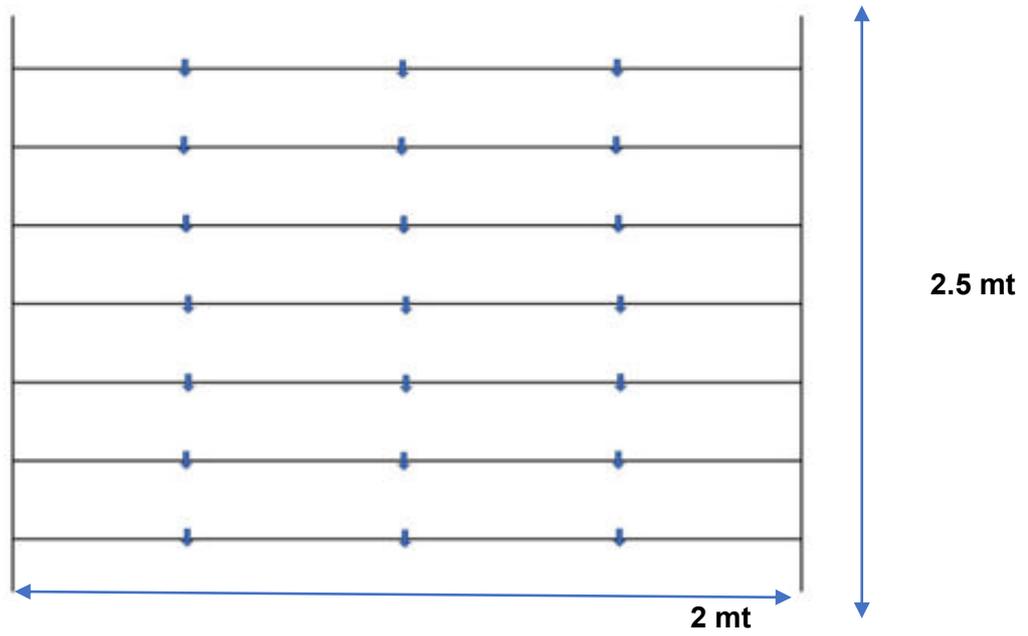
9. **toaz.info** [Internet]. [citado 11 de diciembre de 2023]. David a. Banzatto\_ Sérgio Do n. Kronka. Experimentação Agrícola. Ed.4. Funep. 2006 (o.c.r.). Disponible en: <https://toaz.info/doc-view-2>
10. **Ríos Avilés DF, Ríos García LM, Rojo Rubio R.** Efecto de la suplementación con microorganismo del bosque en pollos de engorde como probióticos naturales en Temascaltepec México. 15 de diciembre de 2020 [citado 7 de abril de 2023]; Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/110054>

# **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	Instrumento de recolección
<p>Comparación de agua y probiótico "EM.1" en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha 2023.</p>	<p><b>Problema General</b> ¿Cómo influyen el agua y los probiótico en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar el impacto del agua y la adición de probiótico en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluar el efecto del agua en el sistema de cultivo hidropónico en el rendimiento del forraje de maíz.</li> <li>2. Evaluar el efecto de la adición de probiótico al sistema de cultivo hidropónico en el rendimiento del forraje de maíz.</li> <li>3. Comparar los resultados obtenidos con y sin la aplicación de probióticos</li> </ol>	<p><b>Hipótesis General</b> La adición de probiótico tiene un impacto significativo en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023.</p> <p><b>Hipótesis Especifica</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El agua utilizada en el cultivo hidropónico de maíz en Zúngarococha afecta directamente el rendimiento de las plantas.</li> <li>2. La adición de probiótico al sistema de cultivo hidropónico mejora el rendimiento del forraje de maíz en comparación con el cultivo sin probióticos.</li> </ol>	<p><b>Tipo</b> Transversal, prospectivo, experimental,</p> <p><b>Diseño investigación.</b> Experimental. Transversal y explicativo causa efecto</p>	<p><b>Población</b> 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 SPSS STATISTIC y el Software InfoStat</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. Módulo de forraje hidropónico



### 3. Base de datos de la altura de planta en cm FVH de maíz sin probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
3	1.00	2.50	2.50	2.30	1.90	3.00	3.00	2.80
3	2.00	3.50	2.50	2.00	2.40	2.50	3.00	2.70
3	3.00	3.00	2.50	2.10	2.50	2.60	2.00	2.85
4	1.00	3.00	4.00	5.00	5.00	5.10	4.90	4.80
4	2.00	3.80	4.30	5.00	4.80	5.00	4.90	4.80
4	3.00	3.60	4.00	4.00	4.80	5.10	5.30	4.90
5	1.00	12.00	12.00	13.00	11.00	11.00	10.00	10.00
5	2.00	12.30	12.00	12.00	13.00	12.00	10.00	10.00
5	3.00	13.00	12.00	11.00	12.00	12.00	11.00	10.00
6	1.00	13.00	12.00	14.00	13.00	15.50	14.00	13.00
6	2.00	13.00	12.00	13.00	13.00	15.00	13.00	14.00
6	3.00	12.50	12.50	13.50	13.00	13.50	13.00	14.00
7	1.00	14.00	15.00	14.00	15.00	13.00	14.00	15.50
7	2.00	15.00	15.00	15.00	16.00	13.00	15.50	15.00
7	3.00	14.00	15.00	14.00	14.00	13.00	14.00	15.50
8	1.00	19.00	18.00	17.00	21.00	21.00	23.00	23.00
8	2.00	21.00	18.00	17.50	17.00	21.00	21.00	20.00
8	3.00	18.00	19.00	17.50	18.00	22.00	17.00	20.00
9	1.00	22.00	19.00	19.00	22.00	22.00	21.00	21.00
9	2.00	22.00	19.00	20.00	22.00	23.00	22.00	18.00
9	3.00	21.00	20.00	20.00	21.00	23.00	23.00	19.00
10	1.00	25.00	30.00	25.00	24.00	25.00	25.00	25.00
10	2.00	24.00	25.00	23.00	25.00	26.00	25.00	23.00
10	3.00	25.00	23.00	24.00	23.00	25.00	23.00	23.00
11	1.00	26.00	25.00	28.00	26.00	26.00	25.00	25.00
11	2.00	27.00	25.00	25.00	25.00	27.00	26.00	25.00
11	3.00	26.00	25.00	26.00	27.00	26.00	24.00	26.00
12	1.00	28.00	28.00	26.00	24.00	24.00	28.00	27.00
12	2.00	28.00	27.00	27.00	32.00	25.00	29.00	27.00
12	3.00	26.00	27.00	27.00	28.00	27.00	28.00	28.00
13	1.00	29.00	30.00	28.00	30.00	28.00	28.00	28.00
13	2.00	28.00	29.00	29.00	31.00	28.00	26.00	28.00
13	3.00	28.00	30.00	30.00	28.00	28.00	27.00	30.00
14	1.00	32.00	33.00	33.00	33.00	32.00	25.00	41.00
14	2.00	33.00	33.00	34.00	34.00	32.00	28.00	38.00
14	3.00	32.00	33.00	34.00	33.00	33.00	34.00	40.00

#### 4. Base de datos del diámetro de tallo en mm FVH de maíz sin probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
3	1.00	1.80	1.60	2.00	1.20	1.23	1.69	1.23
3	2.00	1.69	1.50	1.70	1.20	1.19	1.77	1.28
3	3.00	1.83	1.40	1.78	1.20	1.26	2.00	1.75
4	1.00	1.66	1.84	1.65	1.70	1.80	1.70	1.78
4	2.00	1.76	1.80	1.86	1.70	1.80	1.77	1.80
4	3.00	2.00	1.78	2.14	1.98	1.70	1.81	1.89
5	1.00	2.00	2.22	2.24	2.17	2.00	2.00	2.24
5	2.00	2.21	2.00	2.00	2.33	2.00	1.83	1.80
5	3.00	2.31	2.00	1.00	2.10	2.00	1.88	1.88
6	1.00	2.00	1.78	1.95	2.20	1.98	2.00	1.95
6	2.00	2.23	2.00	1.97	2.35	1.55	1.94	1.97
6	3.00	2.21	2.20	2.18	2.18	2.14	1.89	2.00
7	1.00	2.20	1.90	1.95	2.20	2.00	1.50	2.10
7	2.00	2.40	2.00	1.97	2.35	2.76	2.00	2.21
7	3.00	2.24	2.20	2.18	2.18	2.28	2.00	2.00
8	1.00	2.23	1.90	2.00	2.20	2.00	2.61	2.10
8	2.00	2.40	2.00	2.00	2.35	2.76	2.56	2.00
8	3.00	2.30	2.20	2.18	2.18	2.28	1.93	2.30
9	1.00	2.20	2.61	2.24	2.22	2.10	2.23	2.34
9	2.00	2.35	2.56	2.50	2.36	2.00	2.40	1.87
9	3.00	2.30	2.39	2.45	2.29	2.30	2.30	2.51
10	1.00	2.30	2.23	2.34	2.50	2.21	2.50	2.00
10	2.00	2.00	2.40	2.41	2.45	2.45	2.40	2.10
10	3.00	2.20	2.30	2.62	2.60	2.34	2.35	2.24
11	1.00	2.40	2.22	2.52	2.48	2.50	2.63	2.57
11	2.00	2.40	2.36	2.17	2.51	2.40	2.41	2.61
11	3.00	2.34	2.29	2.29	2.22	2.45	2.42	2.35
12	1.00	2.63	2.57	2.63	2.52	2.62	2.51	2.34
12	2.00	2.41	2.23	2.41	2.56	2.40	2.50	2.24
12	3.00	2.42	2.22	2.42	2.62	2.50	2.45	2.48
13	1.00	2.61	2.51	2.45	2.60	2.57	2.60	2.51
13	2.00	2.35	2.50	2.44	2.53	2.34	2.61	2.64
13	3.00	2.30	2.45	2.22	2.49	2.58	2.35	2.48
14	1.00	3.00	2.70	2.78	2.68	2.54	2.58	2.76
14	2.00	2.20	2.70	2.45	2.80	2.78	2.54	2.45
14	3.00	2.87	2.80	2.18	2.74	2.88	2.34	2.70

## 5. Base de datos del número de hojas por planta FVH de maíz sin probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
5	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
5	3.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00
6	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00
8	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	4.00
9	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
9	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00
9	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00
10	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
10	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
10	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00
11	1.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00
11	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
11	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
12	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
12	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00
12	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
13	1.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00
13	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00
13	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00
14	1.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00
14	2.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00
14	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00

## 6. Base de datos del peso fresco kg<sup>-1</sup> bandeja FVH de maíz sin probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1.00	2.40	2.40	2.80	3.00	2.30	2.30	2.30
5	2.00	2.40	2.50	2.50	2.80	2.30	2.30	2.20
5	3.00	2.30	2.40	2.70	2.80	2.40	2.40	2.40
6	1.00	2.81	2.78	3.00	2.70	2.80	2.81	2.76
6	2.00	2.75	2.77	2.75	2.80	2.85	2.88	2.77
6	3.00	2.92	2.82	2.75	2.78	2.86	2.78	2.80
7	1.00	3.00	3.10	3.00	3.00	2.80	3.00	3.00
7	2.00	3.10	2.80	3.00	3.00	3.20	3.50	3.00
7	3.00	2.89	2.89	2.90	2.99	3.10	3.10	2.80
8	1.00	3.10	2.90	3.10	3.20	3.10	3.00	3.40
8	2.00	3.00	3.10	3.20	3.10	3.20	3.40	3.60
8	3.00	3.30	3.20	3.20	3.23	3.20	3.30	3.20
9	1.00	3.26	3.10	3.40	3.20	3.30	3.30	3.20
9	2.00	3.30	3.20	3.36	3.40	3.30	3.20	3.10
9	3.00	3.28	3.30	3.45	3.50	3.10	3.20	3.00
10	1.00	3.60	3.20	3.50	3.40	3.55	3.26	3.30
10	2.00	3.34	3.40	3.60	3.55	3.50	3.50	3.45
10	3.00	3.50	3.40	3.40	3.45	3.50	3.28	3.50
11	1.00	3.66	3.44	3.65	3.70	3.45	3.60	3.70
11	2.00	3.70	3.65	3.50	3.65	3.59	3.63	3.74
11	3.00	3.50	3.48	3.60	3.62	3.63	3.50	3.68
12	1.00	3.70	3.60	3.60	3.63	3.60	3.55	3.70
12	2.00	3.70	3.60	3.65	3.70	3.60	3.65	3.60
12	3.00	3.60	3.60	3.70	3.70	3.70	3.70	3.80
13	1.00	3.60	3.70	3.70	4.00	3.89	3.86	3.80
13	2.00	3.60	3.80	3.80	3.80	3.90	3.89	3.60
13	3.00	3.70	3.65	3.70	3.80	3.70	3.80	3.80
14	1.00	3.86	3.50	4.15	3.60	4.10	3.50	3.60
14	2.00	3.90	3.50	4.00	3.90	3.80	3.60	3.90
14	3.00	4.00	3.90	3.50	4.20	4.00	3.90	4.20

**7. Base de datos del rendimiento peso fresco kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup> FVH de maíz sin  
probiótico**

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1.00	19.20	19.20	22.40	24.00	18.40	18.40	18.40
5	2.00	19.20	20.00	20.00	22.40	18.40	18.40	17.60
5	3.00	18.40	19.20	21.60	22.40	19.20	19.20	19.20
6	1.00	22.48	22.24	24.00	21.60	22.40	22.48	22.08
6	2.00	22.00	22.16	22.00	22.40	22.80	23.04	22.16
6	3.00	23.36	22.56	22.00	22.24	22.88	22.24	22.40
7	1.00	24.00	24.80	24.00	24.00	22.40	24.00	24.00
7	2.00	24.80	22.40	24.00	24.00	25.60	28.00	24.00
7	3.00	23.12	23.12	23.20	23.92	24.80	24.80	22.40
8	1.00	24.80	23.20	24.80	25.60	24.80	24.00	27.20
8	2.00	24.00	24.80	25.60	24.80	25.60	27.20	28.80
8	3.00	26.40	25.60	25.60	25.84	25.60	26.40	25.60
9	1.00	26.08	24.80	27.20	25.60	26.40	26.40	25.60
9	2.00	26.40	25.60	26.88	27.20	26.40	25.60	24.80
9	3.00	26.24	26.40	27.60	28.00	24.80	25.60	24.00
10	1.00	28.80	25.60	28.00	27.20	28.40	26.08	26.40
10	2.00	26.72	27.20	28.80	28.40	28.00	28.00	27.60
10	3.00	28.00	27.20	27.20	27.60	28.00	26.24	28.00
11	1.00	29.28	27.52	29.20	29.60	27.60	28.80	29.60
11	2.00	29.60	29.20	28.00	29.20	28.72	29.04	29.92
11	3.00	28.00	27.84	28.80	28.96	29.04	28.00	29.44
12	1.00	29.60	28.80	28.80	29.04	28.80	28.40	29.60
12	2.00	29.60	28.80	29.20	29.60	28.80	29.20	28.80
12	3.00	28.80	28.80	29.60	29.60	29.60	29.60	30.40
13	1.00	28.80	29.60	29.60	32.00	31.12	30.88	30.40
13	2.00	28.80	30.40	30.40	30.40	31.20	31.12	28.80
13	3.00	29.60	29.20	29.60	30.40	29.60	30.40	30.40
14	1.00	30.88	28.00	33.20	28.80	32.80	28.00	28.80
14	2.00	31.20	28.00	32.00	31.20	30.40	28.80	31.20
14	3.00	32.00	31.20	28.00	33.60	32.00	31.20	33.60

**8. Base de datos del rendimiento peso seco kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup> FVH de maíz sin  
probiótico**

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1.00	4.04	4.04	4.71	5.04	3.87	3.87	3.87
5	2.00	4.04	4.20	4.20	4.71	3.87	3.87	3.70
5	3.00	3.87	4.04	4.54	4.71	4.04	4.04	4.04
6	1.00	4.73	4.67	5.04	4.54	4.71	4.73	4.64
6	2.00	4.62	4.66	4.62	4.71	4.79	4.84	4.66
6	3.00	4.91	4.74	4.62	4.67	4.81	4.67	4.71
7	1.00	5.04	5.21	5.04	5.04	4.71	5.04	5.04
7	2.00	5.21	4.71	5.04	5.04	5.38	5.89	5.04
7	3.00	4.86	4.86	4.88	5.03	5.21	5.21	4.71
8	1.00	5.21	4.88	5.21	5.38	5.21	5.04	5.72
8	2.00	5.04	5.21	5.38	5.21	5.38	5.72	6.05
8	3.00	5.55	5.38	5.38	5.43	5.38	5.55	5.38
9	1.00	5.48	5.21	5.72	5.38	5.55	5.55	5.38
9	2.00	5.55	5.38	5.65	5.72	5.55	5.38	5.21
9	3.00	5.52	5.55	5.80	5.89	5.21	5.38	5.04
10	1.00	6.05	5.38	5.89	5.72	5.97	5.48	5.55
10	2.00	5.62	5.72	6.05	5.97	5.89	5.89	5.80
10	3.00	5.89	5.72	5.72	5.80	5.89	5.52	5.89
11	1.00	6.15	5.78	6.14	6.22	5.80	6.05	6.22
11	2.00	6.22	6.14	5.89	6.14	6.04	6.10	6.29
11	3.00	5.89	5.85	6.05	6.09	6.10	5.89	6.19
12	1.00	6.22	6.05	6.05	6.10	6.05	5.97	6.22
12	2.00	6.22	6.05	6.14	6.22	6.05	6.14	6.05
12	3.00	6.05	6.05	6.22	6.22	6.22	6.22	6.39
13	1.00	6.05	6.22	6.22	6.73	6.54	6.49	6.39
13	2.00	6.05	6.39	6.39	6.39	6.56	6.54	6.05
13	3.00	6.22	6.14	6.22	6.39	6.22	6.39	6.39
14	1.00	6.49	5.89	6.98	6.05	6.89	5.89	6.05
14	2.00	6.56	5.89	6.73	6.56	6.39	6.05	6.56
14	3.00	6.73	6.56	5.89	7.06	6.73	6.56	7.06

## 9. Base de datos de la altura de planta en cm FVH de maíz con probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
3	1.00	2.00	3.00	2.80	3.00	3.00	2.00	3.00
3	2.00	2.50	3.00	2.85	3.00	3.20	2.50	2.96
3	3.00	3.00	3.00	2.79	2.95	2.50	3.00	2.98
4	1.00	4.50	5.00	6.00	5.60	5.20	5.30	6.00
4	2.00	4.50	4.50	4.50	6.00	5.00	5.00	5.70
4	3.00	5.50	5.50	6.00	5.00	5.00	6.00	5.60
5	1.00	10.00	10.00	9.50	10.00	11.00	9.80	10.00
5	2.00	10.00	9.20	9.00	10.00	10.00	9.70	10.00
5	3.00	9.80	10.00	9.80	9.50	11.00	9.70	9.50
6	1.00	14.00	13.50	13.80	13.90	13.90	13.80	13.20
6	2.00	14.00	13.50	13.50	13.20	13.60	13.90	13.20
6	3.00	13.70	13.80	13.80	13.20	13.50	14.00	13.60
7	1.00	17.20	16.70	17.00	18.60	16.50	17.90	17.70
7	2.00	16.80	17.00	16.50	18.00	17.00	17.00	18.00
7	3.00	17.70	16.80	17.20	16.90	17.50	17.30	17.40
8	1.00	20.90	23.00	23.00	22.60	22.80	23.00	23.50
8	2.00	22.00	23.10	23.10	22.70	22.50	22.80	23.00
8	3.00	22.30	22.00	22.80	22.90	22.90	23.00	23.10
9	1.00	23.10	22.80	22.10	22.50	23.00	22.80	23.00
9	2.00	22.30	22.40	22.10	21.80	22.80	23.10	22.70
9	3.00	22.50	23.00	23.00	22.60	22.90	22.40	22.70
10	1.00	26.00	26.00	25.00	25.00	26.00	25.00	25.00
10	2.00	25.80	24.00	24.50	24.90	25.00	25.20	25.30
10	3.00	25.00	25.00	26.00	25.30	25.80	25.40	25.40
11	1.00	26.00	27.00	28.76	28.60	26.30	27.00	27.80
11	2.00	27.00	26.50	27.80	27.00	25.80	25.90	26.89
11	3.00	26.20	26.10	26.80	25.00	25.90	26.30	26.56
12	1.00	27.00	27.00	28.00	28.60	28.50	29.40	27.00
12	2.00	26.50	27.10	26.80	27.80	27.00	25.60	27.00
12	3.00	28.40	26.80	27.00	28.00	28.90	26.80	26.90
13	1.00	29.90	30.20	30.20	31.00	30.00	32.00	31.50
13	2.00	30.40	30.10	30.50	31.20	32.00	32.00	31.40
13	3.00	33.00	32.00	31.40	32.10	30.50	30.00	30.70
14	1.00	35.00	36.00	33.80	35.40	35.00	34.00	35.00
14	2.00	35.80	35.00	34.70	35.80	35.60	33.00	35.00
14	3.00	34.80	35.10	34.50	34.10	35.40	36.00	32.00

## 10. Base de datos del diámetro de tallo en mm FVH de maíz con probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
3	1.00	1.80	1.63	1.82	1.72	1.88	1.72	1.71
3	2.00	1.99	1.47	1.88	1.74	1.82	1.73	1.70
3	3.00	1.52	1.40	1.64	1.69	1.85	1.70	1.71
4	1.00	2.00	2.08	2.00	2.22	2.00	2.24	2.00
4	2.00	1.95	1.91	2.00	2.25	2.00	2.23	1.89
4	3.00	2.10	2.27	1.71	2.17	2.16	2.18	2.20
5	1.00	2.19	2.18	2.21	2.40	2.28	2.30	2.00
5	2.00	2.00	2.25	2.30	2.24	2.11	2.17	2.00
5	3.00	2.00	2.26	2.30	2.21	2.22	2.15	2.18
6	1.00	2.28	2.33	2.36	2.19	2.35	2.39	2.31
6	2.00	2.29	2.28	2.50	2.55	2.27	2.28	2.30
6	3.00	2.28	2.32	2.23	2.35	1.92	2.33	2.31
7	1.00	2.22	2.36	2.33	2.36	2.10	2.50	2.41
7	2.00	2.38	2.30	2.40	2.33	2.35	2.41	2.50
7	3.00	2.29	2.33	2.32	2.38	2.22	2.50	2.17
8	1.00	2.45	2.43	2.44	2.39	2.44	2.58	2.32
8	2.00	2.60	2.41	2.25	2.48	2.45	2.43	2.55
8	3.00	2.50	2.45	2.42	2.47	2.44	2.44	2.39
9	1.00	2.51	2.43	2.53	2.48	2.53	2.70	2.61
9	2.00	2.63	2.61	2.47	2.46	2.55	2.62	2.70
9	3.00	2.48	2.40	2.48	2.58	2.51	2.55	2.45
10	1.00	2.61	2.52	2.62	2.62	2.70	2.71	2.65
10	2.00	2.70	2.41	2.45	2.62	2.71	2.58	2.54
10	3.00	2.59	2.58	2.57	2.63	2.65	2.63	2.65
11	1.00	2.82	2.68	2.62	2.72	2.63	2.74	2.77
11	2.00	2.75	2.60	2.45	2.55	2.66	2.71	2.60
11	3.00	2.66	2.58	2.57	2.60	2.65	2.63	2.55
12	1.00	2.95	2.80	2.72	2.60	2.73	2.95	2.80
12	2.00	2.77	2.75	2.55	2.58	2.78	2.77	2.74
12	3.00	2.60	2.75	2.60	2.71	2.68	2.72	2.71
13	1.00	2.78	2.80	2.80	2.78	2.78	2.80	2.74
13	2.00	2.69	2.84	2.90	2.80	2.78	2.78	2.75
13	3.00	2.73	2.80	2.74	2.78	2.82	2.74	2.71
14	1.00	2.86	2.83	2.83	2.86	2.88	2.83	2.90
14	2.00	2.75	2.84	2.88	2.88	2.84	2.84	2.85
14	3.00	2.89	2.78	2.85	2.79	2.82	2.78	2.78

## 11. Base de datos del número de hojas por planta FVH de maíz con probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	3.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00
8	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00
9	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
9	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00
9	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
10	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00
10	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00
10	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
11	1.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00
11	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00
11	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
12	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
12	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
12	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
13	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
13	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
13	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
14	1.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00
14	2.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00
14	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00

## 12. Base de datos del peso fresco kg<sup>-1</sup> bandeja FVH de maíz con probiótico

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1	2.55	2.60	2.51	2.58	2.56	2.70	2.60
5	2	2.56	2.55	2.55	2.74	2.58	2.45	2.63
5	3	2.55	2.63	2.40	3.00	2.51	2.56	2.52
6	1	2.90	3.00	2.88	2.95	2.98	2.95	2.95
6	2	2.80	2.95	2.95	2.95	2.96	2.98	2.94
6	3	3.30	3.10	2.96	2.84	2.95	2.93	2.98
7	1	3.21	3.22	3.26	2.98	2.76	3.10	3.00
7	2	3.00	3.26	3.28	3.20	3.42	3.20	3.20
7	3	3.14	3.00	3.00	3.25	2.62	3.00	3.10
8	1	3.40	3.30	3.24	3.28	3.24	3.20	3.20
8	2	3.21	3.40	3.26	3.27	3.26	3.10	3.20
8	3	3.30	3.20	3.20	3.24	3.80	3.32	3.30
9	1	3.70	3.54	3.60	3.55	3.58	3.63	3.54
9	2	3.50	3.56	3.00	3.58	3.51	3.52	3.56
9	3	3.48	3.58	3.50	3.56	3.54	3.57	3.70
10	1	3.70	3.70	3.80	3.80	3.75	3.80	3.75
10	2	3.74	3.75	3.75	3.81	3.76	3.75	3.76
10	3	3.68	3.80	3.76	3.74	3.74	3.74	3.75
11	1	3.93	3.98	3.90	4.10	3.94	3.93	3.96
11	2	3.91	3.95	3.98	4.00	3.90	3.90	4.00
11	3	3.96	3.80	4.00	3.90	3.90	3.90	4.10
12	1	4.00	3.98	4.10	4.20	4.00	4.00	4.20
12	2	4.10	3.95	4.20	4.30	3.80	3.90	4.00
12	3	3.80	3.86	3.90	4.00	3.90	4.20	3.80
13	1	4.40	4.00	4.10	4.00	4.00	4.30	4.30
13	2	4.00	4.85	4.20	4.00	4.00	4.30	4.22
13	3	3.90	4.10	4.10	4.21	4.10	4.40	4.34
14	1	4.50	4.10	4.20	4.30	4.60	3.90	4.40
14	2	4.40	4.30	4.50	4.50	4.40	4.10	4.40
14	3	4.50	4.10	4.10	3.95	3.60	4.50	4.00

**13. Base de datos del rendimiento peso fresco kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup> FVH de maíz con  
probiótico**

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1	20.40	20.80	20.08	20.64	20.48	21.60	20.80
5	2	20.48	20.40	20.40	21.92	20.64	19.60	21.04
5	3	20.40	21.04	19.20	24.00	20.08	20.48	20.16
6	1	23.20	24.00	23.04	23.60	23.84	23.60	23.60
6	2	22.40	23.60	23.60	23.60	23.68	23.84	23.52
6	3	26.40	24.80	23.68	22.72	23.60	23.44	23.84
7	1	25.68	25.76	26.08	23.84	22.08	24.80	24.00
7	2	24.00	26.08	26.24	25.60	27.36	25.60	25.60
7	3	25.12	24.00	24.00	26.00	20.96	24.00	24.80
8	1	27.20	26.40	25.92	26.24	25.92	25.60	25.60
8	2	25.68	27.20	26.08	26.16	26.08	24.80	25.60
8	3	26.40	25.60	25.60	25.92	30.40	26.56	26.40
9	1	29.60	28.32	28.80	28.40	28.64	29.04	28.32
9	2	28.00	28.48	24.00	28.64	28.08	28.16	28.48
9	3	27.84	28.64	28.00	28.48	28.32	28.56	29.60
10	1	29.60	29.60	30.40	30.40	30.00	30.40	30.00
10	2	29.92	30.00	30.00	30.48	30.08	30.00	30.08
10	3	29.44	30.40	30.08	29.92	29.92	29.92	30.00
11	1	31.44	31.84	31.20	32.80	31.52	31.44	31.68
11	2	31.28	31.60	31.84	32.00	31.20	31.20	32.00
11	3	31.68	30.40	32.00	31.20	31.20	31.20	32.80
12	1	32.00	31.84	32.80	33.60	32.00	32.00	33.60
12	2	32.80	31.60	33.60	34.40	30.40	31.20	32.00
12	3	30.40	30.88	31.20	32.00	31.20	33.60	30.40
13	1	35.20	32.00	32.80	32.00	32.00	34.40	34.40
13	2	32.00	38.80	33.60	32.00	32.00	34.40	33.76
13	3	31.20	32.80	32.80	33.68	32.80	35.20	34.72
14	1	36.00	32.80	33.60	34.40	36.80	31.20	35.20
14	2	35.20	34.40	36.00	36.00	35.20	32.80	35.20
14	3	36.00	32.80	32.80	31.60	28.80	36.00	32.00

**14. Base de datos del rendimiento peso seco kg m<sup>2</sup> <sup>-1</sup> FVH de maíz con  
probiótico**

Días de siembra	Medición	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6	Fila 7
5	1	5.70	5.81	5.61	5.77	5.72	6.04	5.81
5	2	5.72	5.70	5.70	6.13	5.77	5.48	5.88
5	3	5.70	5.88	5.37	6.71	5.61	5.72	5.63
6	1	6.48	6.71	6.44	6.60	6.66	6.60	6.60
6	2	6.26	6.60	6.60	6.60	6.62	6.66	6.57
6	3	7.38	6.93	6.62	6.35	6.60	6.55	6.66
7	1	7.18	7.20	7.29	6.66	6.17	6.93	6.71
7	2	6.71	7.29	7.33	7.16	7.65	7.16	7.16
7	3	7.02	6.71	6.71	7.27	5.86	6.71	6.93
8	1	7.60	7.38	7.24	7.33	7.24	7.16	7.16
8	2	7.18	7.60	7.29	7.31	7.29	6.93	7.16
8	3	7.38	7.16	7.16	7.24	8.50	7.42	7.38
9	1	8.27	7.92	8.05	7.94	8.00	8.12	7.92
9	2	7.83	7.96	6.71	8.00	7.85	7.87	7.96
9	3	7.78	8.00	7.83	7.96	7.92	7.98	8.27
10	1	8.27	8.27	8.50	8.50	8.39	8.50	8.39
10	2	8.36	8.39	8.39	8.52	8.41	8.39	8.41
10	3	8.23	8.50	8.41	8.36	8.36	8.36	8.39
11	1	8.79	8.90	8.72	9.17	8.81	8.79	8.85
11	2	8.74	8.83	8.90	8.94	8.72	8.72	8.94
11	3	8.85	8.50	8.94	8.72	8.72	8.72	9.17
12	1	8.94	8.90	9.17	9.39	8.94	8.94	9.39
12	2	9.17	8.83	9.39	9.61	8.50	8.72	8.94
12	3	8.50	8.63	8.72	8.94	8.72	9.39	8.50
13	1	9.84	8.94	9.17	8.94	8.94	9.61	9.61
13	2	8.94	10.84	9.39	8.94	8.94	9.61	9.44
13	3	8.72	9.17	9.17	9.41	9.17	9.84	9.70
14	1	10.06	9.17	9.39	9.61	10.29	8.72	9.84
14	2	9.84	9.61	10.06	10.06	9.84	9.17	9.84
14	3	10.06	9.17	9.17	8.83	8.05	10.06	8.94

### 15. Resultados de la prueba de t Student para las variables en estudio con y sin la aplicación de probióticos

Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media (1)	Media (2)	T	p-valor	
Altura de planta cm	Agua	EM	21	21	33.330	34.810	-1.900	0.06952	ns
Diámetro mm	Agua	EM	21	21	2.640	2.840	-4.010	0.00064	**
Número de hojas/planta	Agua	EM	21	21	3.240	3.330	-0.670	0.50645	ns
Rendimiento materia fresca kg/m <sup>2</sup>	Agua	EM	21	21	30.710	34.040	-5.420	0.00000	**
Rendimiento materia seca kg/m <sup>2</sup>	Agua	EM	21	21	6.460	9.510	-19.960	0.00000	**

\*, \*\* Significativo al 5 y 1% por la prueba de muestras independientes de t - Student. ns: no significativo

## 16. Galería de fotos



Foto 1. Probiótico inactivo y melaza de caña



Foto 2. Preparación para el probiótico activo



Foto 3. Lavado y limpieza de las semillas de maíz



Foto 4. Limpieza y selección de granos



**Foto 5. Siembra**



**Foto 6. Mezcla de probiótico activo en cilindro de agua**



**Foto 7. Medición del peso por bandeja**





**Foto 8. Medición de diámetro de planta**



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