



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

TESIS

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

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

**PRESENTADO POR:
ENDO SANDOVAL TELLO**

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

**IQUITOS, PERÚ
2024**



UNAP

**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 073-CGYT-FA-UNAP-2024.

En Iquitos, a los 04 días del mes de setiembre del 2024, a horas 04:00pm, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "COMPARACIÓN DEL IMPACTO DE AGUA Y PROBIÓTICO "EM.1" EN EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ EN ZÚNGARO COCHA 2023", aprobado con Resolución Decanal N°072-CGYT-FA-UNAP-2023, presentado por el Bachiller: ENDO SANDOVAL TELLO, 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.059-CGYT-FA-UNAP-2024, está integrado por:

Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, 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: *APROBADO* con la calificación *BUENO*

Estando el Bachiller *ENDO* para obtener el Título Profesional de *INGENIERO AGRÓNOMO*

Siendo las *6 pm*, se dio por terminado el acto **ACADÉMICO**.

Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr.
Presidente

Ing. RAFAEL CHAVEZ VASQUEZ, Dr.
Miembro

Ing. OMAR CUBAS ENCINAS, Dr.
Miembro

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

JURADO Y ASESOR

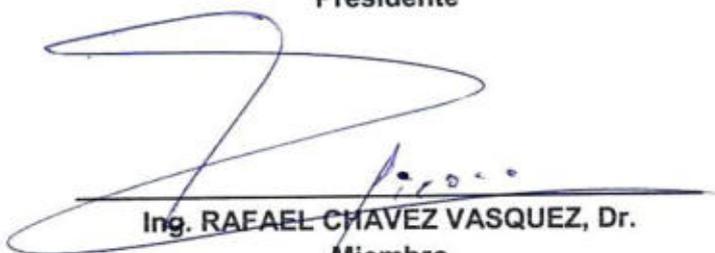
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

Tesis aprobada en sustentación pública el 04 de setiembre 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. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, 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_SANDOVAL TELLO.pdf

AUTOR

ENDO SANDOVAL TELLO

RECuento DE PALABRAS

12194 Words

RECuento DE CARACTERES

63725 Characters

RECuento DE PÁGINAS

65 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 22, 2024 1:10 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 22, 2024 1:11 PM GMT-5

● 17% de similitud general

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

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

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

Resumen

DEDICATORIA

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

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 SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR.....	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Bases teóricas	4
1.3. Definición de términos básicos.....	8
CAPÍTULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES	13
2.1. Formulación de hipótesis	13
2.1.1. Hipótesis general.....	13
2.1.2. Hipótesis específicas.....	13
2.2. Variable y su operacionalización.....	13
2.2.1. Identificación de las variables	13
2.2.2. Operacionalización de las variables.....	15
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño	17
3.1.1. Tipo de investigación.....	17
3.1.2. Diseño de la investigación	17
3.2. Diseño muestral.....	17
3.2.1. Población.....	17
3.2.2. Muestra	18
3.2.3. Muestreo	18
3.2.4. Criterios de selección	18
3.3. Procedimiento de recolección de datos.....	19
3.3.1. Instrumentos de recolección de datos	19

3.3.2. Ubicación del campo experimental	20
3.3.3. Características de la unidad experimental	21
3.3.4. Metodología experimental	21
3.3.5. Evaluación de las variables dependientes	25
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	25
3.5. Aspectos Éticos	26
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	27
4.1. Altura de plantas: datos y tendencias	27
4.2. Dimensiones de la planta: Diámetro en (mm)	30
4.3. Número de hojas: datos y tendencias	34
4.4. Rendimiento de materia fresca por unidad de superficie (kg m ² ⁻¹).....	37
4.5. Análisis del rendimiento materia seca: kg m ² ⁻¹	41
4.6. Evaluación de enfermedades o plagas	45
4.7. Composición química: forraje hidropónico de maíz	45
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	49
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	52
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	54
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	56
ANEXOS	58
1. Matriz de consistencia	59
2. Diseño del módulo de forraje hidropónico	60
3. Valores promedios de las variables estudiadas - sin probiótico	61
4. Valores promedios de las variables estudiadas - con probiótico	63
5. Resultados de la prueba de t Student para las variables en estudio con y sin la aplicación de probióticos	65
6. Prueba de Normalidad	65
7. Prueba de Homogeneidad de varianzas	65
8. Resultados del Laboratorio – Análisis Proximal	66
9. Ficha técnica – Probiótico EM1.....	67
10. Resolución administrativa ANA-ALA para el uso de agua.....	69
11. Galería de fotos	72

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Altura de planta (cm) sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	27
Tabla 2. Altura de planta (cm) con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	27
Tabla 3. Análisis de regresión de la altura de planta (cm) en condiciones con y sin Probiótico.....	28
Tabla 4. Diámetro de planta (mm) sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	31
Tabla 5. Diámetro de planta (mm) con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	31
Tabla 6. Análisis de Regresión del diámetro de planta (mm) en condiciones con y sin Probiótico.	32
Tabla 7. Número de hojas sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).	34
Tabla 8. Número de hojas con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).	34
Tabla 9. Análisis de Regresión del número de hojas en condiciones con y sin Probiótico	35
Tabla 10. Rendimiento de materia fresca por unidad de superficie kg m^{2-1} sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA)	38
Tabla 11. Rendimiento de materia fresca por unidad de superficie kg m^{2-1} con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	38
Tabla 12. Análisis de Regresión del rendimiento materia fresca kg m^{2-1} en condiciones con y sin Probiótico.	39
Tabla 13. Rendimiento de materia seca por unidad de superficie kg m^{2-1} sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	41
Tabla 14..Rendimiento de materia seca por unidad de superficie kg m^{2-1} con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).....	42
Tabla 15. Análisis de regresión del rendimiento materia seca kg m^{2-1} en Condiciones con y sin Probiótico.	43
Tabla 16. Informe de análisis: Composición química y nutricional del forraje hidropónico de maíz tratados con agua y probiótico.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Análisis de la Influencia del agua con y sin Probiótico en la altura de planta (cm) mediante Modelos de Regresión a 15 días.	29
Figura 2. Evaluación del efecto del Probiótico en la altura de planta (cm): Diagrama de Cajas y Prueba T-Student	30
Figura 3. Análisis de la influencia del agua con y sin Probiótico en el diámetro de planta (mm) mediante Modelos de Regresión a 15 días	33
Figura 4. Evaluación del efecto del Probiótico en el diámetro de planta (mm): Diagrama de Cajas y Prueba T-Student	33
Figura 5. Análisis de la influencia del agua con y sin Probiótico en el número de hojas mediante Modelos de Regresión a 15 Días.	36
Figura 6. Evaluación del efecto del Probiótico en el número de hojas: Diagrama de Cajas y Prueba T-Student	37
Figura 7. Análisis de la Influencia del agua con y sin Probiótico en el rendimiento materia fresca kg m^{-2} mediante Modelos de Regresión a 15 Días.	40
Figura 8. Evaluación del efecto del Probiótico en el rendimiento materia fresca kg m^{-2} : Diagrama de Cajas y Prueba T-Student	41
Figura 9. Análisis de la Influencia del agua con y sin Probiótico en el rendimiento materia seca kg m^{-2} mediante Modelos de Regresión a 15 Días.	43
Figura 10. Evaluación del efecto del Probiótico en el rendimiento materia seca kg m^{-2} : Diagrama de Cajas y Prueba T-Student.	44

RESUMEN

El presente estudio se centró en evaluar el impacto del uso de agua y la adición del probiótico EM.1 en el rendimiento y la composición química del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz en Zúngarococha durante el año 2023. La investigación se realizó utilizando un diseño experimental transversal y prospectivo que permitió comparar los resultados obtenidos con y sin la aplicación de probióticos. Para el análisis de datos, se emplearon técnicas estadísticas como la prueba t de Student y análisis de regresión, que permitieron evaluar la relación entre las variables independientes agua y probiótico y la variable dependiente rendimiento del forraje.

Los resultados mostraron que la adición del probiótico EM.1 mejora significativamente el rendimiento del FVH de maíz, evidenciando incrementos en la masa seca y otros parámetros de crecimiento como la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de hojas. Estos resultados indican que la implementación de probióticos es una táctica eficaz para mejorar la producción en sistemas hidropónicos, fomentando una agricultura más sostenible y eficiente. En resumen, la inclusión del probiótico EM.1 en el FVH de maíz no solo incrementa la productividad, sino que también enriquece la calidad nutricional del forraje, lo cual puede influir positivamente en la alimentación animal y en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Palabras clave: Forraje hidropónico, probiótico, composición química.

ABSTRACT

The present study focused on evaluating the impact of water use and the addition of the probiotic EM.1 on the yield and chemical composition of hydroponic green forage (FVH) of corn in Zúngarococha during the year 2023. The research was carried out using a cross-sectional and prospective experimental design that allowed comparing the results obtained with and without the application of probiotics. For data analysis, statistical techniques such as Student's t-test and regression analysis were used, which allowed evaluating the relationship between the independent variables water and probiotic and the dependent variable forage yield.

The results showed that the addition of the probiotic EM.1 significantly improves the yield of maize FVH, evidencing increases in dry mass and other growth parameters such as plant height, stem diameter and number of leaves. These results indicate that the implementation of probiotics is an effective tactic to improve production in hydroponic systems, promoting a more sustainable and efficient agriculture. In summary, the inclusion of the probiotic EM.1 in maize FVH not only increases productivity, but also enriches the nutritional quality of forage, which can positively influence animal feed and the sustainability of farming systems.

Keywords: Hydroponic forage, Probiotic, chemical composition

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, la búsqueda de métodos agrícolas sostenibles y eficientes ha cobrado una importancia crucial. La producción de forraje verde hidropónico (FVH) se presenta como una solución innovadora y prometedora, especialmente para la alimentación animal, debido a sus altos rendimientos en espacios reducidos y su bajo consumo de recursos hídricos. Sin embargo, para garantizar su viabilidad a largo plazo, es esencial optimizar este sistema. La presente investigación se centra en evaluar el impacto del uso de agua y el probiótico EM.1 en el rendimiento y composición química del FVH de maíz en Zúngarococha durante el año 2023.

Diversos estudios han demostrado los beneficios del uso de insumos adicionales en cultivos hidropónicos. Por ejemplo, investigaciones previas en Abancay-Apurímac (2019) y Tingo María (2023) han resaltado cómo la aplicación de abonos foliares y tratamientos específicos puede mejorar significativamente las características vegetativas y de rendimiento en cultivos hidropónicos. En este sentido, nuestro estudio pretende analizar de manera específica cómo la adición del probiótico EM.1 afecta el crecimiento y la composición química del FVH de maíz en la región de Zúngarococha, aportando datos valiosos para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola local. Siendo el objetivo general de esta investigación “Evaluar el impacto de la aplicación de agua y del probiótico EM.1 en el rendimiento y la composición química del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023.”

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

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. **(1)**.

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. **(2)**.

En el año 2018, se llevaron a cabo una investigación titulada "Impacto de la Nutrición Mineral en el Rendimiento y las Características Bromatológicas del Forraje Verde Hidropónico de Maíz". El propósito fundamental de este estudio fue determinar cómo la nutrición mineral, administrada a través de soluciones nutritivas, influye en el rendimiento fresco (PF) y en las características bromatológicas del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz. Para llevar a cabo el estudio, se aplicaron dos tipos de soluciones nutritivas: 1) una con una alta concentración de nutrientes minerales (Na), y 2) otra con una baja concentración de nutrientes minerales (Nb). Se incluyó también un grupo de control que utilizó únicamente agua (Te). Estos tratamientos se asignaron de manera aleatoria y sin restricciones. Los resultados obtenidos revelaron que existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Los valores promedio encontrados fueron los siguientes: 15.3 kg m⁻² para el rendimiento fresco (PF), 20.01% para la proteína bruta, 18.95% para la fibra bruta, 1.48% para la lignina, 44.27% para la fibra detergente neutra, 0.96% para el nitrógeno de la fibra detergente neutra, 22.09% para la fibra detergente ácida, 0.24% para el nitrógeno de la fibra detergente ácida, 4.5% para la ceniza, 7.44% para el extracto etéreo, 88.6% para la digestibilidad de la materia seca y 3.2 Mcal kg MS⁻¹ para la energía metabolizable. Como conclusión, se determinó que la aplicación de nutrientes minerales a través de soluciones nutritivas no tuvo un impacto negativo en el rendimiento fresco ni en las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. Esto subraya el potencial del forraje verde hidropónico de maíz como una fuente de alimentación viable en la producción animal. **(3)**.

1.2. Bases teóricas

El forraje verde hidropónico, se obtiene mediante la germinación de granos de cereales o leguminosas, como maíz, sorgo, cebada, trigo, alfalfa, entre otros, en charolas durante un período de 7 a 14 días. En este proceso, las plantas captan la energía solar y absorben los minerales de una solución nutritiva. Es importante destacar que para producir forraje verde hidropónico no se utiliza ningún sustrato; se emplean únicamente semillas forrajeras, charolas, una solución nutritiva adecuada y agua.

El grano germinado llega a una altura promedio de 25 centímetros y es consumido por los animales, incluyendo la parte aérea formada por el tallo y las hojas verdes, así como los restos de la semilla y la raíz. Este método permite la producción intensiva de forraje fresco para diversos animales, como vacas, caballos, cerdos, borregos, conejos, cuyes, gallinas, entre otros. Además, optimiza el uso del espacio y los recursos, ofreciendo resultados muy favorables.

El forraje verde hidropónico presenta varias ventajas, entre las que se encuentran:

- Suministro continuo durante todo el año.
- Reducción de alteraciones digestivas.
- Menor incidencia de enfermedades.
- Mejora en la fertilidad.
- Incremento en la producción de leche. **(4)**

El cultivo de forraje verde hidropónico (FVH) emerge como una estrategia de producción de alimento para el ganado que se presenta como especialmente adecuada para sortear los desafíos predominantes que caracterizan a las áreas áridas y semiáridas en el contexto de la producción convencional de forraje. Estas regiones áridas han sido históricamente consideradas como terrenos con

limitaciones significativas para el desarrollo de la agricultura y la ganadería convencionales debido a factores tales como la persistente escasez de lluvias, la alta tasa de evaporación, y la disponibilidad limitada de suelos y fuentes de riego de baja calidad.

El cultivo hidropónico, por su parte, se plantea como una opción beneficiosa en el ámbito de la agricultura y la ganadería. Sin embargo, como es común en todas las técnicas de cultivo, también conlleva aspectos desafiantes que deben ser considerados.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Permite cultivar durante todo el año. • El consumo de agua es mínimo, así como de los nutrientes. • Los cultivos crecen en menos tiempo. • Las plantas crecen vigorosas, pues aprovechan todos los nutrientes, al ser las únicas plantadas. • Permite la utilización de diversidad de espacios y materiales; lo cual acarrea un bajo costo. • Permite la repetición de los mismos cultivos en forma subsecuente e indefinida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tener basto conocimiento en el manejo agronómico del cultivo. • Se debe conocer y dominar la técnica hidropónica, además de usar la ideal para cada cultivo. • Demanda un manejo con experiencia de las sustancias y soluciones que entran en contacto para el cultivo de las plantas. • Requiere de entrega, supervisión y acción constante.

Fuente: Sánchez citado por Menéndez (2017)

(5)

Paso para producir forraje verde

Selección de la semilla, Cuando se opta por una semilla, lo primordial es asegurarse de que posea una calidad óptima, conocer su procedencia y su capacidad para adaptarse a la variabilidad de climas en la zona. Es de suma

importancia que la semilla se encuentre libre de impurezas y, de ser posible, que no contenga aditivos, tratamientos o pesticidas. **(6)**

Lavado de la Semilla, se requiere realizar un proceso de lavado de la semilla utilizando una solución química comúnmente conocida como solución de lejía. El propósito de este proceso es garantizar que la semilla esté libre de bacterias, hongos y cualquier tipo de contaminante que pudiera comprometer su viabilidad y afectar el proceso de siembra. El lavado de la semilla también incluye su desinfección, la cual se lleva a cabo mediante la adición de hipoclorito de sodio al agua, en una proporción de 10 ml por cada litro de agua, durante un período que oscila entre 3 segundos como mínimo y 3 minutos como máximo. Es fundamental respetar el tiempo adecuado durante el proceso de desinfección para evitar posibles impactos negativos en la semilla y, por ende, en el Forraje Verde Hidropónico. **(7)**

Pre-germinación: Después de 12 horas de estar sumergidas, se escurren durante una hora y luego se vuelven a sumergir por otras 12 horas para inducir una rápida germinación.

Siembra y densidad: Las densidades óptimas por metro cuadrado varían entre 2.2 y 3.4 kg de semillas. Se debe distribuir una capa delgada de semillas pre-germinadas que no exceda 1.5 cm de altura o espesor.

Germinación: Tras la siembra, las semillas se cubren con papel periódico para favorecer la germinación y el crecimiento inicial. Una vez que se detecta la germinación, se retira el papel.

Riego: El riego de las bandejas de crecimiento del forraje verde hidropónico (FVH) puede realizarse con micro aspersores, nebulizadores o una bomba aspersora portátil. Se debe regar entre 6 y 9 veces al día, con una duración menor a 2 minutos cada vez.

Fertilización con solución nutritiva: Al aparecer las primeras hojas, generalmente al cuarto o quinto día después de la siembra, se aplican riegos con solución nutritiva. La cantidad de ácido a aplicar depende del contenido de carbonatos y bicarbonatos del agua, y los nutrientes pueden variar según la dureza del agua (aportes de calcio y magnesio). **(8)**

Factores ambientales que intervienen en la Producción del FVH

- Vargas explica que cualquier interferencia negativa en la salud de una planta afecta su crecimiento, desarrollo y por ende su producción; también puede reducir el consumo humano o animal. Por esto, se indican las variables para el éxito o fracaso de un negocio hidropónico en la mayoría de los casos por su importancia y condición. Izquierdo (2001) Los factores metodológicos son necesarios para una óptima producción de forrajes hidropónicos y en la mayoría de los casos de emprendimientos que aportan los investigadores con sus experiencias. **(9)**
- Contenido nutricional del forraje verde hidropónico, todo esto depende en gran medida de la especie de planta, así como de la etapa de crecimiento. Para las gramíneas la proporción de proteína cruda, la digestibilidad y el contenido de minerales disminuyen a medida que las plantas maduran, y se observan cambios en la proteína a medida que se desarrollan según la etapa de crecimiento y el suelo. En la parte basal de las plántulas que cambian debido a las relaciones dinámicas entre la respiración y la fotosíntesis. Cuando la respiración excede la fotosíntesis y las plántulas han desarrollado un área foliar significativa, los carbohidratos no estructurales (carbohidratos reparativos) se acumulan en las raíces y los tejidos basales. Entonces comienza a servir y utilizar como fuente inmediata de energía y proporciona nutrientes a las especies forrajeras. **(10)**

- El contenido nutricional para uso forrajero de los germinados de maíz en materia seca: fibra cruda 8,87%; proteína 12,26%; Grasa, 4,25% y nifex 72,78%. A los 10 días después de la germinación en base seca tiene: 5,01% de grasa; 13,47% de proteína; 2,71% de ceniza; 9,03% de fibra y a los 20 días después de la germinación en base seca se obtuvo: 3,84% ceniza; 13,23% fibra; proteína 14,75%; 6,39% grasa. **(11)**

1.3. Definición de términos básicos

MICROORGANISMOS EFICACES (EM)

Los Microorganismos Eficaces EM•1® son un inoculante biológico natural compuesto por microorganismos beneficiosos que optimizan las condiciones del entorno donde se aplican. En suelos, desplazan a los microorganismos patógenos, aceleran la descomposición de la materia orgánica y fomentan la producción de sustancias bioactivas, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Su acción sobre la materia orgánica también permite el tratamiento de aguas residuales y su uso en procesos de biorremediación ambiental. **(12)**

En la actividad pecuaria, el EM•1® 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. **(13)**

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. (14).

Análisis proximales en alimentos

Los análisis proximales determinan porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos y proteína en alimentos. Requieren cuidado en la muestra y métodos analíticos para resultados fiables, comparables con normas vigentes. Son esenciales para el etiquetado nutricional, control de calidad y cumplimiento de especificaciones de materias primas y productos terminados. (15)

Humedad. Para equilibrar adecuadamente la ración, es esencial conocer el contenido de agua de cada componente y monitorear la humedad en el alimento preparado. Niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos, y niveles superiores al 14% aumentan el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. (15).

Proteína cruda

La proteína cruda es el nutriente más costoso y crítico en una dieta comercial. Su correcta evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos adquiridos o del alimento suministrado. Se analiza mediante el método Kjeldahl, que mide el contenido total de nitrógeno en la muestra después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio. **(15)**

Lípidos crudos

Este método extrae las grasas de la muestra con éter de petróleo y evalúa el porcentaje de peso después de evaporar el solvente. **(15)**.

Fibra cruda

Para determinar el contenido de fibra, la muestra se digiere con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y se calcina el residuo. La diferencia de peso después de la calcinación indica la cantidad de fibra presente. **(15)**

Ceniza

Este método determina el contenido de ceniza en los alimentos o sus ingredientes mediante la calcinación, reflejando el contenido total de minerales o material inorgánico en la muestra. **(15)**

Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Este concepto agrupa los nutrientes no evaluados por los métodos anteriores, principalmente carbohidratos digeribles, vitaminas y otros compuestos orgánicos solubles no nitrogenados. Se obtiene restando a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente, por lo que los errores en sus evaluaciones repercutirán en el cómputo final. **(15)**

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. **(16)**

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. **(16)**

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. **(16)**

CAPÍTULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de hipótesis

2.1.1. Hipótesis general

Existen diferencias significativas en el rendimiento y composición química del forraje verde hidropónico de maíz cultivado con agua y con el probiótico "EM.1" en Zúngarococha en el año 2023.

2.1.2. Hipótesis específicas

1. El rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz cultivado con el probiótico "EM" será mayor que el rendimiento del forraje cultivado con agua.
2. La composición química del forraje verde hidropónico de maíz cultivado con el probiótico "EM" será diferente a la composición química del forraje cultivado con agua.

2.2. Variable y su operacionalización

2.2.1. Identificación de las variables

Variable Independiente:

X₁. Sin probiótico "EM1"

X₂. Probiótico "EM.1"

X_{2.1} Dosis activa 10 litros/200 litros de agua

Variable Dependiente:

Y1. Características agronómicas y rendimiento.

Características Agronómicas

Y₁. Altura de planta en cm.

Y₂. Número de hojas por planta.

Y₃. Diámetro del tallo en mm.

Rendimiento

Y₄. Peso fresco en Kg.

Y₅. Rendimiento por unidad de superficie kg

Y₆ Evaluación de enfermedades o plagas

Y2. Composición química.

Y_{2.1} Humedad %

Y_{2.2} Cenizas %

Y_{2.3} Grasa cruda %

Y_{2.4} Proteína cruda %

Y_{2.5} Fibra cruda %

Y_{2.6} Extracto libre de nitrógeno %

Y_{2.7} Materia seca %

2.2.2. Operacionalización de las variables

Variables	Definición	Tipo por naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categoría	Valores de las categorías	Medios de Verificación
<p>Variable Independiente Sin probiótico. (X1)</p> <p>Probiótico EM1. (X2)</p>	<p>El agua constituye el fundamento de cualquier sistema hidropónico. Los nutrientes y suplementos se incorporan al agua, siendo mezclados y absorbidos por las plantas.</p> <p>El EM•1 es un inoculante biológico para plantas, compuesto por microorganismos que actúan de manera simbiótica para fomentar el crecimiento vegetal y prevenir plagas y enfermedades. Estos microorganismos son naturales, no patógenos, no genéticamente modificados y no sintetizados químicamente.</p>	<p>Cuantitativa Continua</p> <p>Cualitativa nominal</p>	<p>Litros de agua</p> <p>Tipo de probiótico</p>	<p>Continua</p> <p>Nominal</p>	<p>Litros de agua utilizada</p> <p>Probiótico Tipo: EM.1</p>	<p>Litros de agua utilizada</p> <p>10 litros de EM activado/ 200 litros de agua</p>	<p>Registro de la cantidad de agua y probiótico utilizado.</p>
<p>Variable Dependiente Rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (Y1)</p>	<p>Altura, número de hojas, diámetro y masa del forraje verde producido</p>	<p>Cuantitativa Continua</p>	<p>Altura, diámetro, hojas y Peso del forraje (centímetros, números y Kilogramos)</p>	<p>Continua</p>	<p>Cantidad de forraje verde hidropónico de maíz por unidad de superficie</p>	<p>Características Agronómicas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Altura de planta en cm. 2. # de hojas por planta 3. Diámetro de tallo en mm <p>Rendimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Peso fresco en kg 5. Contenido materia seca 6. Rendimiento por Unidad de superficie 7. Evaluación de enfermedades o plagas 	<p>Registro de datos de campo. Informe de Análisis de laboratorio.</p>

Composición química (Y2)	La composición química del forraje verde hidropónico de maíz en términos de nutrientes y otros componentes	Cuantitativa	Nutrientes (proteínas, fibra, grasas, materia seca, energía bruta)	Continua	Porcentaje de Nutrientes	Y _{2.1} Humedad % Y _{2.2} Cenizas % Y _{2.3} Grasa cruda % Y _{2.4} Proteína cruda % Y _{2.5} Fibra cruda % Y _{2.6} Extracto libre de nitrógeno % Y _{2.7} Materia seca %	Informe de Análisis de laboratorio.
--------------------------	--	--------------	--	----------	--------------------------	--	-------------------------------------

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación se centró en un enfoque cuantitativo y se llevó a cabo mediante un diseño analítico, prospectivo y transversal, con un nivel explicativo. Se seleccionaron tratamientos con agua y con agua más probiótico, y se implementaron en un ambiente controlado para asegurar la validez de los resultados.

3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación que se utilizó fue de tipo experimental puro y transversal. Se estableció una relación causa-efecto entre una variable independiente y las variables dependientes. Durante el estudio, se controlaron y manipularon las condiciones para garantizar la validez de los resultados. El enfoque experimental permitió examinar cómo la modificación de la variable independiente impactó directamente en las variables dependientes.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por todas las plantas de maíz cultivadas en sistemas hidropónicos en el Proyecto de Enseñanza e Investigación de Porcinos en Zúngarococha durante el año 2023, lo que indica que la población fue finita. Este conjunto específico de plantas representó el objeto central del análisis, permitiendo evaluar de manera exhaustiva los efectos de las variables experimentales en un contexto controlado.

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio se conformó por 98 bandejas de forraje verde hidropónico, cada una con dimensiones de 25x50 cm, las cuales fueron distribuidas equitativamente en dos estantes, con 49 bandejas en cada uno. Estas bandejas fueron seleccionadas meticulosamente para garantizar una distribución uniforme y representativa de las condiciones experimentales. Cada estante fue diseñado para facilitar el manejo y monitoreo de las bandejas, permitiendo un control preciso de las variables ambientales y de crecimiento.

3.2.3. Muestreo

El método de muestreo empleado fue un muestreo aleatorio simple, seleccionando al azar entre todas las bandejas de producción de forraje verde hidropónico. Este enfoque permitió asegurar que cada bandeja tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada, garantizando así la representatividad y eliminando posibles sesgos en la selección de muestras.

3.2.4. Criterios de selección

Se eligieron semillas que presentaban un tamaño uniforme, eran saludables y tenían una tasa de germinación superior al 85%. Además, se verificó cuidadosamente que las semillas estuvieran libres de enfermedades y defectos, asegurando así la calidad del material de siembra para garantizar un buen inicio del cultivo.

Inclusión

- Se evaluaron exclusivamente las bandejas de forraje verde hidropónico que fueron cultivadas utilizando tanto agua como el probiótico EM.1. Además, se consideraron únicamente las bandejas

de forraje verde hidropónico cultivadas durante el mismo periodo, con el fin de asegurar una comparación justa e imparcial. Esto garantizó que todas las condiciones de crecimiento fueran similares y que las diferencias observadas en los resultados pudieran atribuirse directamente al uso del probiótico y el agua.

- Se seleccionaron muestras que presentaron un estado de conservación adecuado para el análisis químico, asegurando que los datos obtenidos fueran precisos y reflejaran fielmente las propiedades del forraje verde hidropónico en estudio.

Exclusión

- Asimismo, se eliminaron las bandejas de forraje verde hidropónico que se cultivaron utilizando probióticos distintos o agua mezclada con otros nutrientes. Este criterio de exclusión se implementó para asegurar que los resultados fueran específicos y no estuvieran influenciados por variables externas.
- Se descartaron las muestras que no mantuvieron un estado de conservación adecuado para el análisis químico, ya que esto podría haber afectado la precisión de los resultados. Esta medida fue crucial para garantizar que los datos obtenidos fueran fiables y representativos de las condiciones experimentales establecidas.

3.3. Procedimiento 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
- Termómetro
- Plástico
- Colador
- Hipoclorito de sodio
- Bidones
- Malla raschel
- Mangueras
- Baldes
- Nebulizadores
- Cuaderno de registros

De gabinete:

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

3.3.2. Ubicación del campo experimental

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del "Proyecto de Enseñanza e Investigación de Porcinos" perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicado en la localidad de Zúngarococha, en el distrito de San Juan, provincia de Maynas, dentro del departamento de Loreto. Durante el desarrollo del

estudio, se utilizaron todos los recursos y equipos disponibles en dichas instalaciones para asegurar un entorno controlado y adecuado para la experimentación. Además, se contó con el apoyo del personal técnico y académico de la facultad, quienes brindaron asistencia y supervisión constante, las 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 de estantes:	2
Largo de estantes:	2.5 m
Ancho de estantes:	2 m
Área:	5 m ²
Unidades de observación:	98
Unidad de observación:	49/unidad experimental

3.3.4. Metodología experimental

1. Selección de semilla

Para la elección de las semillas en este estudio, se adoptaron varios criterios fundamentales. Se optó por semillas de maíz, caracterizadas por su tamaño uniforme y ausencia de daños visibles, lo cual es fundamental para garantizar una germinación uniforme y un crecimiento parejo del forraje. Las semillas seleccionadas presentaron un porcentaje de germinación de al menos el 85%, determinado mediante pruebas preliminares de germinación. Se eligieron semillas libres de enfermedades y plagas, inspeccionadas visualmente para descartar aquellas con signos de moho, manchas u otros indicios de

infección, verificando que no estuvieran contaminadas con agentes patógenos.

2. Lavado y Desinfección de Semillas

El proceso de lavado y desinfección de las semillas de maíz es fundamental para asegurar su salud y calidad en el cultivo hidropónico. Primero, las semillas se lavaron en agua limpia para eliminar impurezas superficiales. Luego, se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio (lejía 4%) durante 30 minutos, eliminando microorganismos patógenos. Posteriormente, se enjuagaron con agua limpia para eliminar residuos de químicos. Este procedimiento garantizó que las semillas estuvieran libres de contaminantes, promoviendo un crecimiento vigoroso y saludable del forraje verde hidropónico de maíz.

3. Pre-germinación (Remojo de las Semillas)

El proceso de pre-germinación, que incluye el remojo de las semillas, es esencial para acelerar y uniformar la germinación en la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Las semillas se sumergieron en agua limpia durante 24 horas. Este procedimiento garantizó una germinación rápida y uniforme, mejorando la calidad del forraje.

4. Siembra y Densidad

La siembra y la densidad de las semillas son fundamentales en la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Las semillas pre-germinadas se sembraron uniformemente, en bandejas hidropónicas con una densidad de 1 kg/bandeja (7 kg/m²) distribuyéndolas de manera uniforme a una altura de hasta 2 cm para evitar amontonamientos.

5. Germinación

La germinación es una etapa crucial en el cultivo de forraje verde hidropónico de maíz, ya que influye directamente en el rendimiento final. Para asegurar una germinación exitosa, es fundamental considerar factores como la calidad de las semillas, la disponibilidad y control de la humedad, la temperatura óptima (entre 20 y 30°C), la oxigenación y, en menor medida, la luz. Para estimular la germinación y el crecimiento, se cubrieron las bandejas con plástico durante 24 horas.

6. Riego

El riego es esencial en la producción de forraje verde hidropónico de maíz, y en este estudio se utilizó un sistema de nebulización automatizada para asegurar un suministro constante y eficiente de agua. Los riegos se programaron a las 6 am, 9 am, 12 pm, 3 pm, 6 pm y 10 pm, con una duración de un minuto cada uno, utilizando dos cilindros de 200 litros: uno con agua pura y el otro con una mezcla de agua y 10 litros de probiótico activado. Este sistema automatizado garantizó la hidratación adecuada y uniforme de las plantas, optimizando su crecimiento y desarrollo.

7. Toma de mediciones

A lo largo del cultivo, se realizaron diferentes evaluaciones, incluyendo la altura, el grosor de las plantas y la cantidad de hojas por planta. Estas evaluaciones se documentaron de manera constante para seguir el progreso y el estado de salud de las plantas durante todo el período de crecimiento.

8. Cosecha y rendimiento

Durante esta fase, se realizaron mediciones como el peso fresco de cada bandeja y el rendimiento por área. Posteriormente, en el laboratorio, se

analizó el contenido de materia seca. Estas mediciones y análisis son esenciales para evaluar el éxito del cultivo y ajustar las prácticas de manejo en ciclos futuros. La cosecha se llevó a cabo 14 días después de la siembra, y el rendimiento se evaluó en términos de biomasa fresca por metro cuadrado. Los resultados permiten optimizar las técnicas de manejo para aumentar la producción en los próximos ciclos.

9. Equipos

Para realizar el procedimiento, se utilizaron varios equipos, incluyendo cilindros de plástico con una capacidad de 200 litros, baldes de 20 litros, estantes de metal capaces de sostener 7 bandejas por fila y con una altura de 7 filas, temporizadores, electrobombas y bandejas para forraje, entre otros. Además, se emplearon dispositivos de medición y control para asegurar la precisión del proceso, así como herramientas adicionales para facilitar la manipulación y el mantenimiento de los equipos utilizados. Este conjunto de instrumentos y materiales permitió llevar a cabo la operación de manera eficiente y controlada.

10. Proceso de preparación del Probiótico activado.

Para la preparación, se mezcla 1 litro del Probiótico EM.1 no activado con 1 litro de melaza de caña. Esta combinación se vierte en un balde que contiene 18 litros de agua sin cloro, logrando un total de 20 litros de probiótico activado. La mezcla se agita cuidadosamente y se deja reposar durante 7 días para activar las bacterias. El balde se coloca en un lugar oscuro y se cubre con un costal negro para asegurar el proceso.

Además, es crucial mantener una temperatura constante durante el período de activación, ya que las variaciones térmicas pueden afectar la eficacia del probiótico. Se recomienda monitorear el entorno y, si es

necesario, utilizar un termómetro para asegurar que la temperatura se mantenga entre 20 y 30 grados Celsius.

3.3.5. Evaluación de las variables dependientes

A. Rendimiento

- Altura de planta en cm.
- Número de hojas por planta
- Diámetro de tallo en mm
- Peso fresco en kg
- Rendimiento por Unidad de superficie
- Evaluación de enfermedades o plagas

B. Composición Química

- Humedad %
- Cenizas %
- Grasa cruda %
- Proteína cruda %
- Fibra cruda %
- Extracto libre de nitrógeno %
- Materia seca %

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

El proceso de manejo y análisis de datos incluyó la recopilación sistemática de información, que se organizó en una base de datos estructurada. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre los distintos tratamientos y, en caso de encontrarlas, se realizaron pruebas de análisis de regresión. Además, se efectuó un análisis químico del forraje en el laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Los

resultados se interpretaron y presentaron de manera clara mediante tablas y gráficos, asegurando la validez y fiabilidad de los hallazgos. Los programas estadísticos SPSS v27 y R se utilizaron para realizar los análisis.

3.5. Aspectos Éticos

Resultó fundamental presentar los resultados de manera precisa y honesta, evitando cualquier distorsión de los datos para favorecer una conclusión particular. Además, se fomentó la transparencia en la documentación y los informes. Se mantuvo la integridad científica a lo largo del experimento, recopilando y analizando los datos de manera imparcial y objetiva.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Altura de plantas: datos y tendencias

La tabla 1 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta (cm) sin probióticos, considerando tres fuentes de variación: lineal, desviación y residual. El componente lineal y la desviación muestran probabilidades asociadas de 0.000, indicando diferencias significativas al nivel del 1% ($p < 0.01$). Estos resultados sugieren que tanto el efecto lineal como las desviaciones impactan significativamente la altura de las plantas sin el uso de probiótico, reflejando diferencias reales y no producto del azar.

Tabla 1. Altura de planta (cm) sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA)

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)
Lineal	1	27458.026	27458.026	25053.219	0.000 **
Desviación	10	505.877	50.588	46.157	0.000 **
Residual	648	710.200	1.096		
Total	659				

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

La tabla 2 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta (cm) con el uso de probióticos.

Estos resultados demuestran que tanto el efecto lineal como las desviaciones tienen un impacto estadísticamente significativo en la altura de las plantas con la aplicación de probióticos. La alta significancia ($p < 0.01$) indica que las variaciones observadas no son producto del azar, sino que reflejan diferencias reales en la altura de las plantas.

Tabla 2. Altura de planta (cm) con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA)

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)
Lineal	1	30525.467	30525.467	27852.010	0.000 **
Desviación	10	1236.740	123.674	112.842	0.000 **
Residual	648	710.200	1.096		
Total	659				

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

La tabla 3 presenta los resultados del análisis de regresión para la altura de planta (cm) con y sin probiótico. Sin probiótico, la estimación del intercepto es -3.527 y la de la variable X es 2.619, ambos con una probabilidad asociada de 0.0000, indicando significancia al 1% ($p < 0.01$). Con probiótico, la estimación del intercepto es -3.596 y la de la variable X es 2.761, también significativos al 1% ($p < 0.01$). Estos resultados muestran que tanto el intercepto como la pendiente son altamente significativos en ambos casos, sugiriendo una relación sólida entre la variable independiente y la altura de la planta.

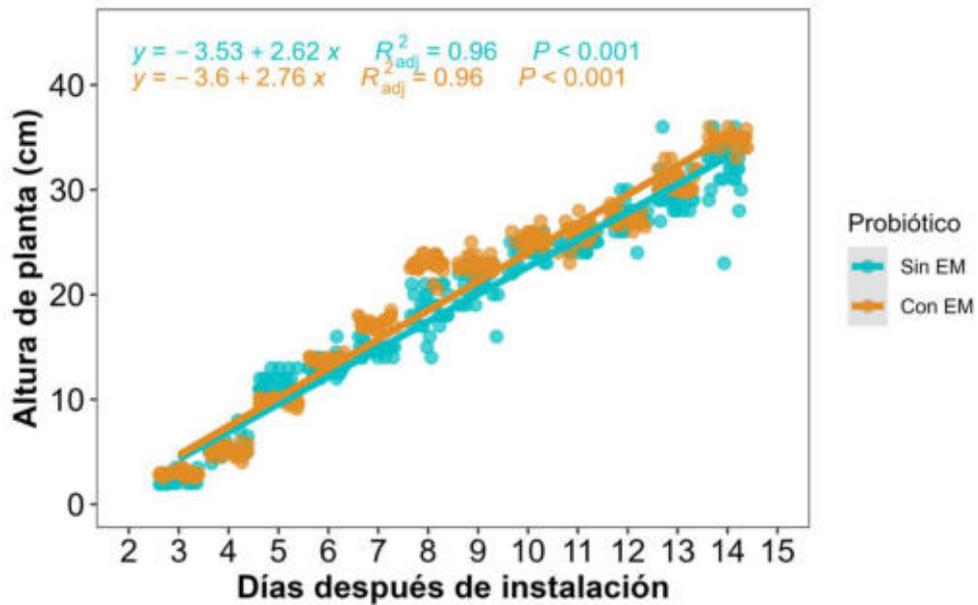
Tabla 3. Análisis de regresión de la altura de planta (cm) en condiciones con y sin Probiótico

Sin Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	-3.527	0.262	-13.470	0.0000
X	2.619	0.029	91.745	0.0000
Con Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	-3.596	0.293	-12.275	0.0000
x	2.761	0.032	86.480	0.0000

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

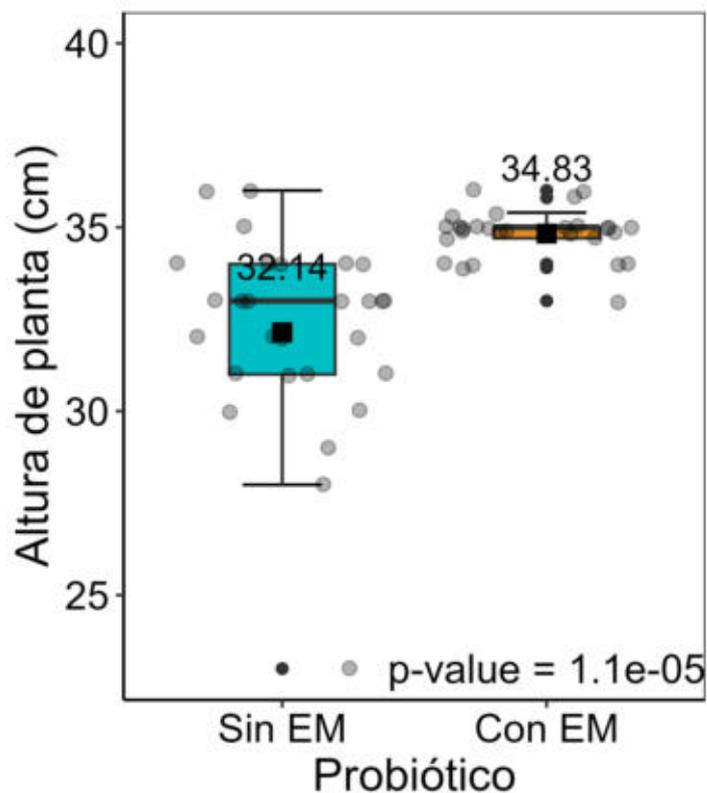
La figura 1 presenta el análisis de regresión de la altura de planta (cm) en función de los días desde la instalación, comparando condiciones con y sin probiótico (EM). Ambos modelos de regresión muestran un ajuste muy fuerte ($R^2 = 0.96$), indicando que el 96% de la variabilidad en la altura se explica por los días transcurridos. La pendiente es ligeramente mayor para las plantas con probiótico con un crecimiento de 2.76 cm por día de siembra frente a las plantas sin probiótico con un crecimiento de 2.62 cm, sugiriendo un efecto positivo del probiótico en el crecimiento. La alta significancia estadística ($P < 0.001$) en ambos casos respalda estos resultados.

Figura 1. Análisis de la Influencia del agua con y sin Probiótico en la altura de planta (cm) mediante Modelos de Regresión a 15 días.



La Figura 2 muestra la variable altura de planta con y sin uso de probióticos, expresada en cm. Los resultados indican que las plantas tratadas con probióticos tienen una altura media de 34.83 cm, mientras que las plantas sin probiótico alcanzan una altura media de 32.14 cm. Esto sugiere que el uso de probióticos tiene un efecto positivo en el crecimiento de las plantas. Además, la menor variabilidad en la altura de las plantas con probióticos sugiere un crecimiento más uniforme. El valor p de 0.01 indica que la diferencia en la altura media entre los grupos es altamente significativa.

Figura 2. Evaluación del efecto del Probiótico en la altura de planta (cm): Diagrama de Cajas y Prueba T-Student



4.2. Dimensiones de la planta: Diámetro en (mm)

En la Tabla 4, se presenta el análisis de varianza (ANOVA) del diámetro de la planta (mm) sin la aplicación de probióticos. Se observó una alta significancia en las fuentes de variación lineal y por desviación. Estos resultados indican que ambas fuentes de variación tienen un impacto significativo en el diámetro de las plantas evaluadas.

Este análisis sugiere que las diferencias observadas en el diámetro de la planta son atribuibles a las variaciones lineales y de desviación, lo que demuestra que estos factores son determinantes en la respuesta de crecimiento de las plantas bajo las condiciones experimentales mencionadas.

Tabla 4. Diámetro de planta (mm) sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA)

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)	
Lineal	1	32.162	32.162	1230.170	0.0000	**
Desviación	10	1.756	0.176	6.718	0.0000	**
Residual	648	16.942	0.026			
Total	659					

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

La Tabla 5 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de la planta (mm) con la aplicación de probióticos. Se observó una alta significancia ($p < 0.001$) en las fuentes de variación lineal y por desviación. Estos resultados demuestran que ambas fuentes de variación tienen un impacto significativo en el diámetro de las plantas evaluadas.

Tabla 5. Diámetro de planta (mm) con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA)

FV	GI	SC	QM	F value	Pr(F)	
Lineal	1	29.143	29.143	1114.713	0.0000	**
Desviación	10	3.046	0.305	11.653	0.0000	**
Residual	648	16.942	0.026			
Total	659					

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

La Tabla 6 presenta el análisis de regresión del diámetro de la planta (mm) bajo condiciones con y sin probiótico. Para las plantas sin probiótico, la estimación del intercepto fue de 1.476 y la de la variable X fue de 0.090, ambas con una significancia menor a 0.01. En el caso de las plantas con probiótico, la estimación del intercepto aumentó a 1.723, mientras que la de la variable X disminuyó ligeramente a 0.085, también con una significancia menor a 0.01. Estos resultados sugieren que la aplicación de probiótico tiene un efecto significativo en el diámetro de las plantas.

Tabla 6. Análisis de Regresión del diámetro de planta (mm) en condiciones con y sin Probiótico.

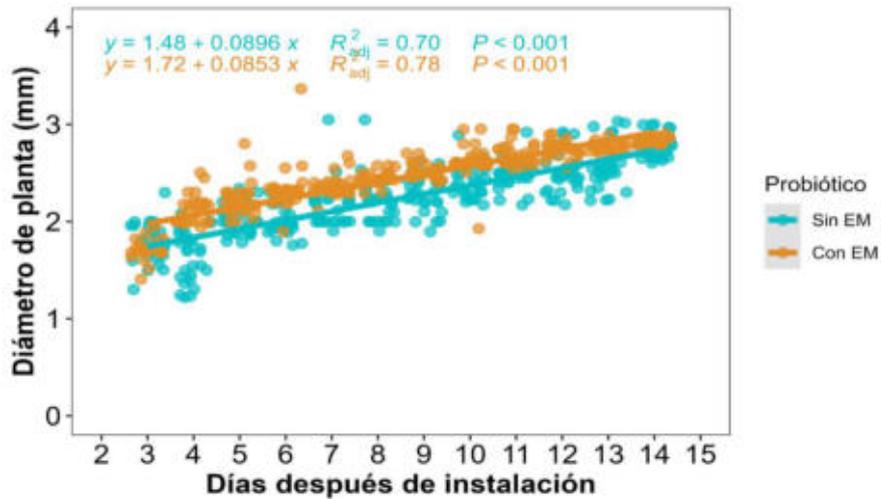
Sin Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	1.476	0.029	50.343	0.0000
X	0.090	0.003	28.041	0.0000
Con Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	1.723	0.023	76.397	0.0000
x	0.085	0.002	34.703	0.0000

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

En la figura 3 se presenta la relación entre el diámetro de la planta (mm) y los días después de la instalación para dos grupos: plantas tratadas con y sin probiótico. Se observa que ambos tratamientos muestran una tendencia ascendente en el diámetro de las plantas a lo largo del tiempo. Las plantas tratadas sin probiótico muestran un coeficiente de determinación ajustado R^2 de 0.70, lo que sugiere que el 70% de la variabilidad en el diámetro de la planta se explica por los días de instalación.

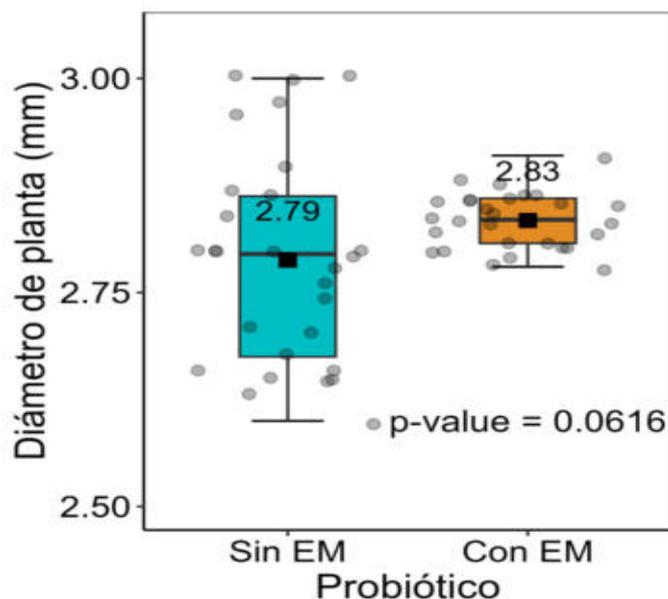
En contraste, las plantas tratadas con probiótico presentan un coeficiente de determinación R^2 de 0.78, lo que indica que el 78% de la variabilidad en el diámetro se debe al tiempo de instalación.

Figura 3. Análisis de la influencia del agua con y sin Probiótico en el diámetro de planta (mm) mediante Modelos de Regresión a 15 días



En la figura 4, el análisis del diagrama de caja y bigotes revela que el tratamiento con probiótico EM produce un diámetro de planta ligeramente mayor (2.83 mm) en comparación con el grupo sin EM (2.79 mm). No obstante, esta diferencia no alcanza significancia estadística ($p = 0.0616$). A pesar de esto, el tratamiento con EM muestra una menor dispersión en los datos, lo que indica una mayor consistencia en el crecimiento del diámetro de las plantas. Aunque la diferencia en el diámetro no es significativa, el uso del probiótico EM parece mejorar la uniformidad del crecimiento vegetal.

Figura 4. Evaluación del efecto del Probiótico en el diámetro de planta (mm): Diagrama de Cajas y Prueba T-Student



4.3. Número de hojas: datos y tendencias

La tabla 7, muestra los resultados del análisis ANOVA, indicando que tanto los efectos lineales como los cuadráticos del tratamiento tienen una influencia significativa en el número de hojas, con niveles de significancia alta < 0.01 . Además, las desviaciones no explicadas por estos efectos también son significativas, lo que sugiere la presencia de otros factores influyentes en el crecimiento de las hojas.

Tabla 7. Número de hojas sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	77.642	77.642	781.586	0.0000	**
Cuadrática	1	11.482	11.482	115.580	0.0000	**
Desviación	7	6.452	0.922	9.278	0.0000	**
Residual	540	53.643	0.099			
Total	549					

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

La Tabla 8 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas en plantas tratadas con probiótico. Este análisis considera cuatro fuentes de variación: lineal, cuadrática, desviación y residual. Los resultados indican que los efectos lineales y cuadráticos del tratamiento con probiótico son altamente significativos para el número de hojas, con niveles de significancia al < 0.01 . Además, las desviaciones no explicadas por estos efectos también son significativas, lo que sugiere la presencia de otros factores que influyen en el crecimiento de las hojas.

Tabla 8 Número de hojas con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	109.746	109.746	1104.762	0.0000	**
Cuadrática	1	5.004	5.004	50.376	0.0000	**
Desviación	7	7.968	1.138	11.459	0.0000	**
Residual	540	53.643	0.099			
Total	549					

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

La Tabla 9 muestra el análisis de regresión del número de hojas en condiciones con y sin probiótico, presentando los coeficientes para el intercepto, la variable X (día de siembra) y su término cuadrático ($I(X^2)$).

Estos resultados demuestran que, tanto en condiciones con como sin probiótico, existe una relación significativa entre la variable X (día de siembra) y el número de hojas, tanto de manera lineal como cuadrática. Sin embargo, el tratamiento con probiótico reduce el valor absoluto del intercepto y del coeficiente cuadrático en comparación con la condición sin probiótico, sugiriendo que el probiótico puede moderar las variaciones iniciales y no lineales en el crecimiento del número de hojas.

Tabla 9. Análisis de Regresión del número de hojas en condiciones con y sin Probiótico

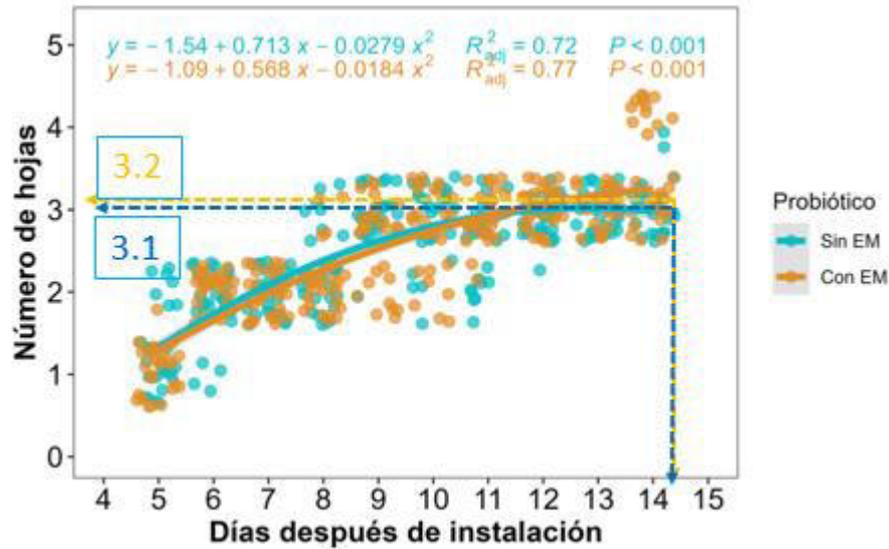
Sin Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	-1.538	0.250	-6.146	0.0000
X	0.713	0.056	12.749	0.0000
$I(x^2)$	-0.028	0.003	-9.554	0.0000
	13	3.0		
Con Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	-1.090	0.244	-4.463	0.0000
X	0.568	0.055	10.396	0.0000
$I(x^2)$	-0.018	0.003	-6.460	0.0000
	15	3.3		

La figura 5 muestra la relación entre el número de hojas y los días después de la instalación, comparando plantas tratadas con y sin probiótico, donde se presentan las ecuaciones de regresión para ambas condiciones, con niveles de significancia ($p < 0.001$).

Los valores de determinación R^2 de 0.77 y 0.72 para los modelos con y sin probiótico, respectivamente, explican la variabilidad en el número de hojas. La ligera mejora en R^2 para las plantas con probiótico sugiere que el probiótico contribuye a una mejor explicación de la variabilidad en el número de hojas, lo que indica un crecimiento más uniforme en comparación con las plantas sin el

uso de probiótico. Esto se refleja en la menor dispersión de datos y en una curva de ajuste más suave para las plantas con probiótico.

Figura 5. Análisis de la influencia del agua con y sin Probiótico en el número de hojas mediante Modelos de Regresión a 15 Días.

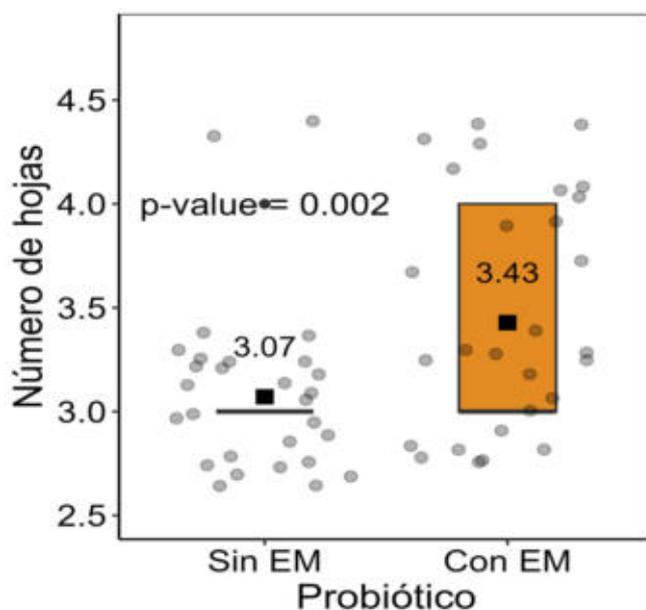


En la figura 6 se observa la comparación del número de hojas entre plantas tratadas con y sin probiótico.

El número promedio de hojas en las plantas tratadas con probiótico es de 3.43, mientras que en las plantas sin probiótico es de 3.07. La diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa, con un valor p de 0.002, lo que indica que el tratamiento con probiótico tiene un efecto notable en el aumento del número de hojas.

La dispersión de los datos es menor en el grupo con probiótico, lo que sugiere que el tratamiento no solo incrementa el número promedio de hojas, sino que también contribuye a una mayor uniformidad en el crecimiento de estas.

Figura 6. Evaluación del efecto del Probiótico en el número de hojas: Diagrama de Cajas y Prueba T-Student



4.4. Rendimiento de materia fresca por unidad de superficie (kg m^{-2})

Tabla 10 presenta el análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de materia fresca por unidad de superficie en kilogramos por metro cuadrado (kg m^{-2}) sin la aplicación de probióticos. Este análisis examina la significancia estadística de los efectos lineales y cuadráticos, así como la desviación en los datos recolectados.

Los resultados del análisis ANOVA revelan que tanto los efectos lineales como los cuadráticos tienen un impacto significativo en el rendimiento de materia fresca, mientras que la desviación no contribuye de manera significativa a la variabilidad observada. Estos hallazgos marcan la importancia de considerar tanto las relaciones lineales como cuadráticas al analizar los factores que influyen en el rendimiento de materia fresca en los tratamientos sin probióticos.

Tabla 10. Rendimiento de materia fresca por unidad de superficie kg m^{-2} sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA)

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	2793.16	2793.16	2043.903	0.0000	**
Cuadrática	1	110.93	110.93	81.176	0.0000	**
Desviación	7	7.11	1.02	0.743	0.6357	ns
Residual	540	737.96	1.37			
Total	549					

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

Tabla 11 muestra el análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de materia fresca por unidad de superficie en kilogramos por metro cuadrado (kg m^{-2}) con la aplicación de probióticos. Este análisis evalúa la significancia estadística de los efectos lineales y cuadráticos, así como la desviación en los datos obtenidos. Los resultados del ANOVA revelan que tanto los efectos lineales como los cuadráticos tienen un impacto significativo en el rendimiento de materia fresca con la aplicación de probióticos. Además, la desviación también contribuye de manera significativa a la variabilidad observada.

Tabla 11. Rendimiento de materia fresca por unidad de superficie kg m^{-2} con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	4799.58	4799.58	3512.103	0.0000	**
Cuadrática	1	110.99	110.99	81.216	0.0000	**
Desviación	7	28.01	4.00	2.928	0.0051	*
Residual	540	737.96	1.37			
Total	549					

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

Tabla 12 presenta el análisis de regresión del rendimiento de materia fresca por unidad de superficie (kg m^{-2}) bajo condiciones con y sin la aplicación de probióticos. Este análisis evalúa la significancia estadística de los coeficientes de regresión para los términos lineales y cuadráticos. En las plantas sin probiótico, los coeficientes de regresión tanto para el término lineal (X) como para el término cuadrático ($I(x^2)$) son altamente significativos ($p < 0.01$). El

intercepto también es significativo, lo que sugiere que hay una fuerte relación entre las variables independientes y el rendimiento de materia fresca. De manera similar las plantas con probiótico, los coeficientes de regresión para el término lineal y el término cuadrático son altamente significativos ($p < 0.01$). La presencia de probióticos parece aumentar la pendiente del término lineal (3.088 vs. 2.745), lo que sugiere un mayor incremento en el rendimiento con el aumento de X en comparación con el tratamiento sin probióticos.

El término cuadrático negativo sigue indicando una disminución en el rendimiento a mayores niveles de X, similar a la condición sin probióticos, pero con una mayor significancia estadística.

Tabla 12 Análisis de Regresión del rendimiento materia fresca $\text{kg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ en condiciones con y sin Probiótico.

Sin Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	8.785	0.867	10.128	0.0000
X	2.745	0.194	14.161	0.0000
$I(x^2)$	-0.087	0.010	-8.564	0.0000
	16	30.5		
Con Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	7.576	0.797	9.500	0.0000
X	3.088	0.178	17.32	0.0000
$I(x^2)$	-0.087	0.009	-9.318	0.0000
	18	35.1		

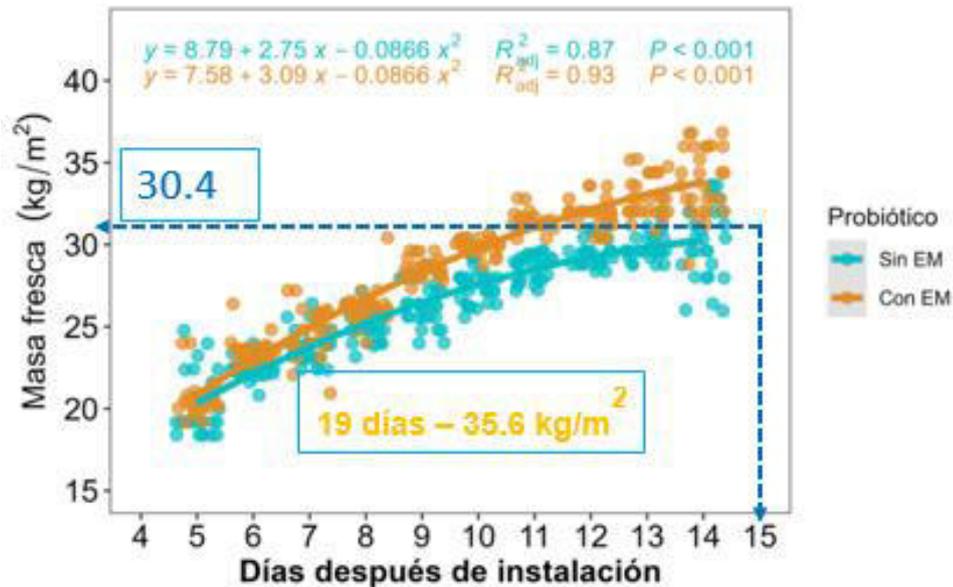
* , ** Significativo al 5 y 1% por la prueba de F. ns: No significativo.

Figura 7 muestra el análisis de la influencia del agua con y sin probiótico en el rendimiento de materia fresca ($\text{kg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) mediante modelos de regresión a los 15 días. Los modelos de regresión ajustados permiten evaluar cómo el uso de probióticos afecta el crecimiento de la materia fresca a lo largo del tiempo.

El modelo de regresión sin probiótico muestra que el rendimiento de la materia fresca aumenta significativamente con el tiempo, alcanzando un máximo antes de disminuir debido al término cuadrático negativo, con un R^2 ajustado de 0.87 que explica el 87% de la variabilidad, siendo estadísticamente significativo ($P < 0.001$). En contraste, al incorporar probióticos, el modelo presenta un mayor

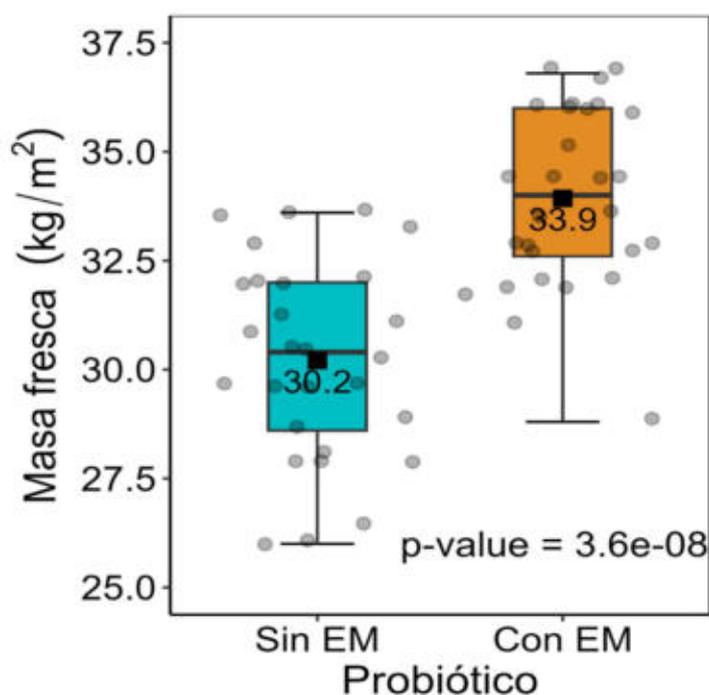
coeficiente lineal (3.09 frente a 2.75), indicando un incremento más pronunciado del rendimiento con el tiempo. El R^2 ajustado de 0.93 sugiere que el modelo con probióticos explica el 93% de la variabilidad, mejorando respecto al modelo sin probióticos, también siendo estadísticamente significativo ($P < 0.001$).

Figura 7. Análisis de la Influencia del agua con y sin Probiótico en el rendimiento materia fresca kg m^{-2} mediante Modelos de Regresión a 15 Días.



La Figura 8 presenta el análisis comparativo del rendimiento de materia fresca (kg m^{-2}), diferenciando entre tratamientos sin probiótico y con probiótico. Los resultados indican que la mediana de la masa fresca para el tratamiento sin probiótico es de 30.2 kg m^{-2} , mientras que para el tratamiento con probiótico es de 33.9 kg m^{-2} . Esta diferencia de 3.7 kg m^{-2} sugiere un impacto positivo significativo del probiótico en el rendimiento de materia fresca. El valor p obtenido de la prueba T-Student es de < 0.01 ($3.6e-08$), lo que indica una diferencia altamente significativa entre los dos tratamientos. Por lo tanto, se puede concluir con un alto grado de confianza que la aplicación del probiótico EM mejora significativamente el rendimiento de materia fresca en el maíz hidropónico.

Figura 8. Evaluación del efecto del Probiótico en el rendimiento materia fresca kg m^{-2} : Diagrama de Cajas y Prueba T-Student



4.5. Análisis del rendimiento materia seca: kg m^{-2}

La tabla 13 presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para el rendimiento de materia seca por unidad de superficie sin la adición de probiótico. Este análisis reveló efectos altamente significativos tanto lineales como cuadráticos, indicando una tendencia clara y una curvatura significativa en los datos. La desviación no mostró significancia estadística, sugiriendo que las variaciones restantes no contribuyen significativamente al rendimiento.

Tabla 13. Rendimiento de materia seca por unidad de superficie kg m^{-2} sin Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	123.42	123.42	1526.094	0.0000	**
Cuadrática	1	4.90	4.90	60.605	0.0000	**
Desviación	7	0.31	0.04	0.554	0.7935	ns
Residual	540	43.67	0.08			
Total	549					

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

La tabla 14 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de materia seca por unidad de superficie con la adición de probiótico, revelando efectos altamente significativos tanto lineales como cuadráticos y de desviación, indicando una tendencia clara, una curvatura significativa y la influencia de otros factores en el rendimiento. La variación residual es mínima, sugiriendo que el modelo empleado explica adecuadamente la mayoría de la variabilidad observada.

Tabla 14. Rendimiento de materia seca por unidad de superficie kg m^{-2} con Probiótico: Análisis de varianza (ANOVA).

FV	Gl	SC	QM	F value	Pr-(F)	
Lineal	1	374.95	374.95	4636.156	0.0000	**
Cuadrática	1	8.67	8.67	107.166	0.0000	**
Desviación	7	2.19	0.31	3.864	0.0004	**
Residual	540	43.67	0.08			
Total	549					

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

La tabla 15 presenta el análisis de regresión del rendimiento de materia seca, revelando que, sin probiótico, el rendimiento inicial es de 1.847 y tiene una relación positiva significativa con la variable X (coeficiente 0.577) y una relación cuadrática negativa significativa (coeficiente -0.018). Con la adición de probiótico, el intercepto aumenta a 2.118, indicando un efecto positivo desde el inicio, y la relación positiva con X es más fuerte (coeficiente 0.863). No obstante, también se observa una relación cuadrática negativa significativa (coeficiente -0.024), sugiriendo una mayor disminución del rendimiento a niveles altos de X. Estos resultados subrayan el impacto positivo del probiótico en el rendimiento de materia seca.

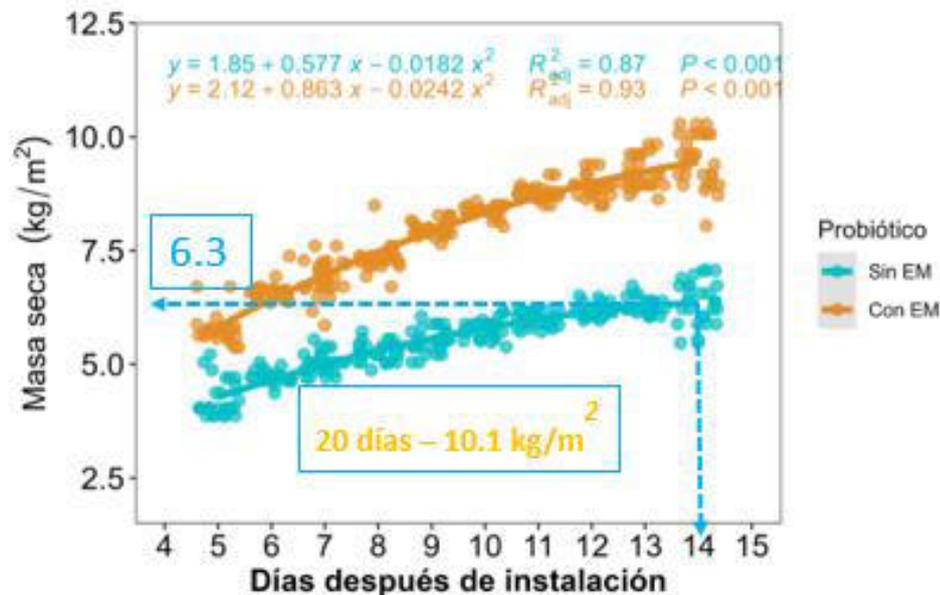
Tabla 15. Análisis de regresión del rendimiento materia seca kg m^{-2} en Condiciones con y sin Probiótico.

Sin Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	1.847	0.182	10.129	0.0000
X	0.577	0.041	14.163	0.0000
I(x^2)	-0.018	0.002	-8.8565	0.0000
	16	6.4		
Con Probiótico				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	2.118	0.223	9.502	0.0000
X	0.863	0.050	17.321	0.0000
I(x^2)	-0.024	0.003	-9.315	0.0000
	18	9.8		

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

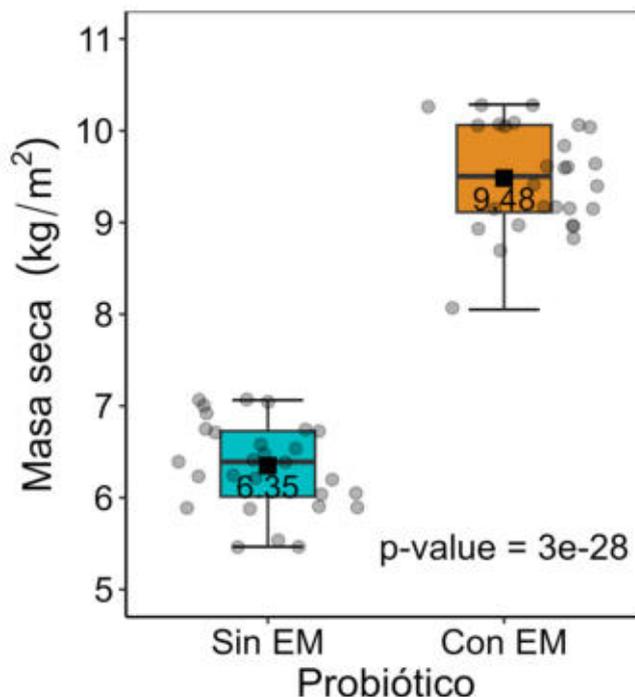
La Figura 9 muestra que el uso de probiótico aumenta significativamente el rendimiento de materia seca en comparación con el tratamiento sin probiótico. El modelo de regresión para el tratamiento con probiótico explica un 93% de la variabilidad y presenta una relación inicial positiva más fuerte con la variable X (días después de la instalación), seguida de una disminución más pronunciada a mayores niveles de X, en comparación con el modelo sin probiótico 87%. Estos resultados subrayan el impacto positivo del probiótico en el rendimiento de materia seca a lo largo del tiempo.

Figura 9. Análisis de la Influencia del agua con y sin Probiótico en el rendimiento materia seca kg m^{-2} mediante Modelos de Regresión a 15 Días.



La figura 10 muestra la comparación del rendimiento de materia seca entre tratamientos con y sin probiótico, apoyada por la prueba T-Student que proporciona evidencia estadística sobre la significancia de las diferencias observadas. La media del rendimiento de materia seca en el tratamiento sin probiótico es de 6.35 kg m^{-2} . El diagrama de cajas refleja una menor dispersión de datos en comparación con el tratamiento con probiótico. En contraste, la media del rendimiento de materia seca en el tratamiento con probiótico es significativamente mayor, alcanzando los 9.48 kg m^{-2} . Aunque el diagrama de cajas muestra una mayor variabilidad en los datos, la tendencia es clara hacia un mayor rendimiento. El valor p obtenido de la prueba T-Student es $3e-28$ ($p < 0.01$), indicando una diferencia altamente significativa entre los tratamientos con y sin probiótico. Estos resultados sugieren que la adición de probiótico tiene un efecto positivo notable en el aumento del rendimiento de materia seca.

Figura 10. Evaluación del efecto del Probiótico en el rendimiento materia seca kg m^{-2} : Diagrama de Cajas y Prueba T-Student.



4.6. Evaluación de enfermedades o plagas

Durante el experimento, no se presentaron problemas de enfermedades o plagas en el cultivo de forraje hidropónico de maíz. Esto se debió a varios factores, como el entorno controlado del sistema hidropónico, el manejo adecuado de la humedad y temperatura, la selección de semillas de alta calidad, el uso del probiótico EM.1, que inhibe patógenos y mejora la salud de las plantas, y el monitoreo constante que permitió detectar y corregir cualquier anomalía a tiempo.

4.7. Composición química: forraje hidropónico de maíz

La Figura 11 presenta los resultados del análisis de la composición química y nutricional del forraje hidropónico de maíz, tratado con agua y probióticos, con el objetivo de evaluar su potencial uso en la alimentación animal.

Para este análisis, se empleó el método de la AOAC (Asociación de Oficiales Analíticos Químicos) en las muestras de forraje. Los parámetros evaluados incluyen humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (ELN).

a. Humedad.

El contenido de humedad es fundamental para la conservación y estabilidad de los forrajes. En este análisis, se observó que la humedad en el pasto tratado con probiótico fue menor (3.24%) en comparación con el pasto tratado con agua (4.18%). Esta disminución indica una mayor concentración de nutrientes en el pasto con probiótico, lo que es beneficioso, ya que permite que los animales consuman más materia seca por unidad de peso del alimento, mejorando así la eficiencia alimentaria. Además, un menor contenido de humedad en el pasto tratado con probiótico sugiere una mejor

conservación y un menor riesgo de proliferación de microorganismos indeseables, lo cual es ventajoso para su almacenamiento a largo plazo.

b. Cenizas

El contenido de cenizas, que indica el contenido mineral del forraje, fue ligeramente mayor en el tratamiento con probiótico (2.33%) comparado con el tratamiento con agua (2.22%). Este aumento en minerales puede ser beneficioso para suplir los requerimientos minerales esenciales en la dieta de los animales. Los minerales son componentes fundamentales para el desarrollo y la salud animal, involucrados en procesos metabólicos, formación de estructuras óseas, y mantenimiento de la función inmunológica. Además, la inclusión de probióticos en la dieta del pasto podría potenciar la absorción de estos minerales en el tracto digestivo de los animales, optimizando así la eficiencia alimenticia y reduciendo la necesidad de suplementos minerales adicionales.

c. Grasa cruda

El forraje tratado con probióticos mostró un contenido de grasa cruda ligeramente superior (5.36%) en comparación con el pasto tratado con agua (4.99%). Esta diferencia puede proporcionar una fuente adicional de energía, fundamental para dietas de aves como los pollos, que tienen altos requerimientos energéticos para su crecimiento y producción. La inclusión de probióticos no solo mejora la calidad nutricional del forraje, sino que también puede influir positivamente en la salud digestiva de los animales, promoviendo una mejor absorción de nutrientes y un crecimiento más eficiente.

d. Proteína cruda

La proteína cruda es un parámetro fundamental en la formulación de dietas para animales. Los valores obtenidos fueron de 14.48% para la muestra

tratada con agua y 13.71% para la muestra tratada con probiótico. Aunque hay una ligera reducción en el contenido de proteína con el uso de probióticos, el nivel sigue siendo adecuado para satisfacer las necesidades nutricionales de cerdos, pollos y ganado vacuno.

Es importante destacar que, pese a la disminución en el porcentaje de proteína cruda, la mejora en la digestibilidad y la absorción de nutrientes proporcionada por los probióticos puede resultar en un mejor aprovechamiento de la proteína disponible.

e. Fibra cruda

La fibra cruda es fundamental para la digestión y la salud intestinal, especialmente en rumiantes como el ganado vacuno. En el estudio, el contenido de fibra cruda fue ligeramente mayor en el forraje tratado con probiótico (10.76%) en comparación con el forraje tratado con agua (10.09%). Este aumento en la fibra cruda podría favorecer la salud ruminal y mejorar la eficiencia digestiva, promoviendo un mejor aprovechamiento de los nutrientes y una mayor productividad en los animales. Además, una dieta rica en fibra cruda puede contribuir a la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen, que son una fuente importante de energía para los rumiantes.

f. Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

El ELN, que representa los carbohidratos disponibles en el forraje, mostró un ligero incremento en el tratamiento con probiótico (64.59%) en comparación con el tratamiento con agua (64.04%). Este aumento puede ofrecer una fuente de energía fácilmente disponible, crucial para todas las especies de animales domésticos.

Estos valores indican que el forraje sigue siendo una excelente fuente de energía rápida para los animales, con una ligera mejora en la muestra tratada con probiótico. La disponibilidad de carbohidratos es esencial para el

metabolismo energético, apoyando diversas funciones fisiológicas y promoviendo un crecimiento saludable.

Esto es especialmente importante en situaciones de producción intensiva, donde el suministro constante y adecuado de energía es vital para mantener altos niveles de productividad y salud animal.

g. Materia seca

El análisis comparativo del forraje hidropónico de maíz tratado con probióticos frente al tratado con agua muestra un incremento significativo en el contenido nutricional (27.95% frente a 21.03%). Este aumento de nutrientes, atribuible a la acción de los probióticos, mejora la eficiencia digestiva y la salud intestinal de cerdos, pollos y ganado vacuno. En cerdos, favorece una mejor conversión alimenticia y ganancia de peso diaria; en pollos, proporciona una fuente concentrada de energía y proteínas, mejorando la conversión del alimento y la producción; y en ganado vacuno, optimiza la fermentación ruminal y la producción de leche y carne, reduciendo la necesidad de suplementos y mejorando la rentabilidad de la producción ganadera.

Tabla 16. Informe de análisis: Composición química y nutricional del forraje hidropónico de maíz tratados con agua y probiótico.

Parámetro	Método	Unidad de medida	ID Muestra - Agua	ID Muestra - Probiótico
Humedad	Método Oficial AOAC 930.15 2005 (Equipo estufa)	%	4.18	3.24
Cenizas	Método Oficial AOAC 942.05(2019) (Equipo Mufla)	%	2.22	2.33
Grasa cruda	Official Crude Fat Extraction (AOCS Am 5-04)	%	4.99	5.36
Proteína cruda	Método Oficial AOAC 928.08 2015	%	14.48	13.71
Fibra cruda	Método 7 Ankom (Ankom A200)	%	10.09	10.76
Extracto libre de Nitrógeno	Método Oficial AOAC 923.03 - 2005	%	64.04	64.59

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos – Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

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

1. Impacto del Probiótico EM.1 en la Altura de las Plantas

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la aplicación del probiótico EM.1 tuvo un efecto positivo significativo en la altura de las plantas de maíz hidropónico. En comparación con los estudios previos, como el de Abancay-Apurímac (2019), donde se usaron abonos foliares en cebada hidropónica, nuestros resultados son consistentes al evidenciar que la altura de las plantas puede ser mejorada significativamente mediante la aplicación de insumos adicionales. En nuestro caso, el efecto positivo del probiótico se tradujo en un aumento de la altura de las plantas, similar a los incrementos observados con el uso de abonos orgánicos en cebada.

2. Influencia en el Diámetro del Tallo

El diámetro del tallo de las plantas tratadas con probiótico EM.1 también mostró un incremento significativo en comparación con las plantas no tratadas. Este resultado es coherente con la investigación realizada en Tingo María (2023), donde se observó que la aplicación de diferentes tratamientos en maíz hidropónico influía en las características agronómicas. En nuestro estudio, la mayor consistencia en el diámetro del tallo en plantas tratadas con probiótico sugiere una mejora en la estructura de la planta, lo cual puede contribuir a su estabilidad y resistencia, aspectos críticos para la producción eficiente de forraje.

3. Número de Hojas por Planta

El incremento en el número de hojas por planta con la aplicación del probiótico EM.1 destaca la eficacia de este tratamiento en mejorar las características vegetativas del maíz hidropónico. Comparado con el estudio de nutrición mineral en maíz hidropónico (2018), donde la aplicación de soluciones nutritivas afectó

positivamente las características del forraje, nuestro estudio evidencia que los probióticos no solo no perjudican, sino que mejoran la cantidad de hojas, optimizando la capacidad fotosintética y, por ende, la producción de biomasa.

4. Rendimiento de Materia Fresca

El rendimiento de materia fresca por unidad de superficie fue significativamente mayor en las plantas tratadas con probiótico EM.1. Estos resultados se alinean con el estudio en Tingo María (2023), donde se observó que los tratamientos influían en la producción de biomasa. La adición de probióticos en nuestro estudio aumentó la eficiencia del sistema hidropónico, lo cual sugiere que los probióticos mejoran la absorción de nutrientes y el metabolismo de las plantas, incrementando el rendimiento de materia fresca de manera similar a los efectos observados con otros tratamientos nutritivos.

5. Rendimiento de Materia Seca

De manera similar a la materia fresca, el rendimiento de materia seca mostró mejoras significativas con la aplicación del probiótico EM.1. Este resultado es consistente con los hallazgos del estudio de nutrición mineral en maíz hidropónico (2018), donde la aplicación de nutrientes mejoró las características bromatológicas del forraje. En nuestro caso, la mayor producción de materia seca implica un forraje de mejor calidad nutricional, lo cual es crucial para la sostenibilidad y eficiencia en la producción animal.

6. Composición Química del Forraje

La composición química del forraje hidropónico de maíz también fue influenciada positivamente por el uso del probiótico EM.1. Las plantas tratadas presentaron un mayor contenido de nutrientes esenciales como fibra cruda, mejorando el valor nutricional del forraje. Este hallazgo es similar a los resultados del estudio en Tingo María (2023), donde la calidad nutricional del forraje se vio afectada por

el momento de cosecha. En nuestro estudio, el probiótico no solo mejoró el rendimiento sino también la calidad del forraje, ofreciendo una solución integral para la producción de forraje hidropónico de alta calidad.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

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

1. Objetivo General. El presente estudio evaluó el impacto del agua y el probiótico "EM.1" en el rendimiento y composición química del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha durante el año 2023. Se demostró que la adición de probióticos tiene un efecto positivo significativo en diversos parámetros del forraje, lo que se traduce en beneficios importantes para la alimentación de cerdos, pollos y ganado vacuno.
2. Objetivo específico 1. El tratamiento con agua mostró un rendimiento promedio adecuado, pero inferior al tratamiento con probióticos en términos de producción de materia seca y otros parámetros de crecimiento.
3. Objetivo específico 2. La adición de probiótico "EM.1" incrementó significativamente el rendimiento de materia seca (27.95% con probiótico frente a 21.03% con agua), lo cual es crucial para mejorar la eficiencia alimenticia en animales.
4. Objetivo específico 3. La composición química del forraje tratado con probiótico mostró mejoras en varios aspectos, incluyendo un mayor contenido de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, que son esenciales para la digestión y salud intestinal en rumiantes y otras especies animales.
5. Se ha evidenciado una correlación positiva y significativa entre las concentraciones del probiótico "EM.1" y el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz. A través del análisis de regresión, se demostró que un aumento en la concentración de "EM.1" está asociado con un incremento notable en el rendimiento de materia fresca y materia seca del forraje. Este resultado confirma la hipótesis planteada, sugiriendo que la inclusión de probióticos en los

sistemas hidropónicos no solo mejora la productividad, sino que también optimiza el uso de los recursos, lo que lo convierte en una estrategia viable para la mejora de la eficiencia agrícola en la región de Zúngarococha.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos y en alineación con el objetivo general, los objetivos específicos y las hipótesis formuladas en esta investigación, se presentan las siguientes recomendaciones para optimizar la producción de forraje verde hidropónico de maíz utilizando probióticos:

1. Optimización del Uso de Probióticos:

- Implementar el uso del probiótico EM.1 en la producción de forraje verde hidropónico de maíz, ya que los resultados muestran un incremento significativo en el rendimiento de materia seca y mejoras en la composición química del forraje.
- Ajustar la dosificación y el método de aplicación del probiótico EM.1 según las necesidades específicas del sistema de producción, considerando que una dosis activa de 10 litros de EM activado por 200 litros de agua resultó efectiva en esta investigación.

2. Mejoras en la Composición Química del Forraje:

- Continuar utilizando el probiótico EM.1 para mantener y mejorar la calidad nutricional del forraje, especialmente en términos de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, que son fundamentales para la salud digestiva y el rendimiento de rumiantes y otras especies animales.
- Realizar estudios adicionales para evaluar el impacto de diferentes concentraciones y métodos de aplicación de probióticos en otros parámetros nutricionales del forraje, como el contenido de proteína cruda y grasa.

3. Extensión del Estudio a Otras Especies Vegetales:

- Ampliar la investigación para incluir otros tipos de cultivos forrajeros hidropónicos y evaluar el efecto del probiótico EM.1 en su rendimiento y

composición química, lo que podría ofrecer alternativas adicionales para la alimentación animal sostenible.

4. Manejo Integrado de Cultivos:

- Incorporar el uso de probióticos en un sistema de manejo agronómico integral que incluya prácticas de riego eficiente, control de plagas y enfermedades, y manejo adecuado de nutrientes, para maximizar el rendimiento y la calidad del forraje hidropónico.
- Capacitar a los agricultores en el uso y manejo de probióticos, así como en la implementación de sistemas hidropónicos, para fomentar prácticas agrícolas sostenibles y aumentar la productividad.

5. Investigación y Desarrollo Continuos:

- Realizar estudios a largo plazo para evaluar los efectos continuos del uso de probióticos en la producción de forraje hidropónico y su impacto en la rentabilidad económica de la explotación agrícola.
- Promover la colaboración entre instituciones de investigación, universidades y productores agrícolas para desarrollar y difundir tecnologías innovadoras en la producción de forraje verde hidropónico.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **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%20%204n-20%20y%20biol%29%20en%20el%20rendimiento%20del%20forraje%20verde%20hidrop%C3%B3nico%20de%20cebada.PDF>
2. **Lazo Pozo LC.** Producción de biomasa y calidad nutritiva del forraje verde hidroponico 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>
3. **Soto-Bravo F.** Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz Effect of mineral nutrition on the yield and bromatological characteristics of corn hydroponic green forage. 2018;41(2).
4. **Guía: ¿Qué es el Forraje Verde Hidropónico?** : [Internet]. [citado 20 de junio de 2024]. Disponible en:
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=125
5. **Sánchez P.** Ventajas y desventajas de FVH. 2013. 40-57 p.
6. **Perez Roblero A.** Digestibilidad in vitro de maíz y sorgo cultivados en condiciones de hidroponia [Internet]. [citado 10 de mayo de 2024]. Disponible en:
<https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN%3A62740/Description>
7. **Tarrillo H.** Manual de producción de forraje verde hidropónico. 2005.
8. **Producción de forraje verde hidropónico** | Intagri S.C. [Internet]. [citado 20 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-forraje-verde-hidroponico>
9. **Vargas.** Evaluación productivo-ambiental de dos genotipos de maíz (Zea mayz L.) en forraje verde hidropónico bajo invernadero. Victoria de Durango, Durango: Tesis de Maestría. [Tesis]. 2008.
10. **Bernal EJ.** Pastos y forrajes, producción y manejo. Banco Ganadero. 2da ed. Santa Fé de Bogota. Colombia: Fadega SA; 1994. 512 p.

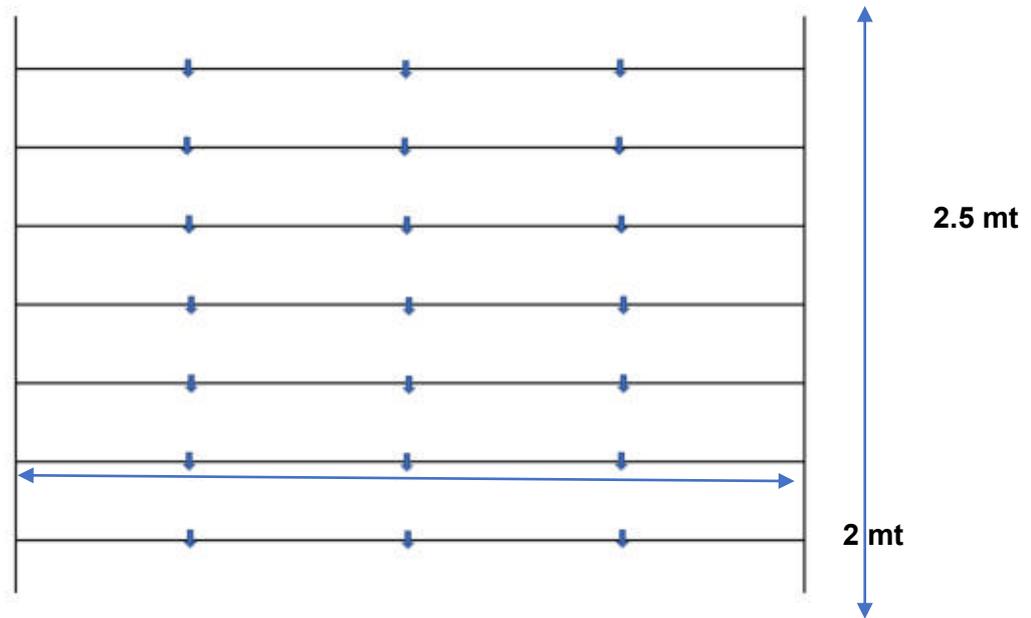
11. **El maíz en la nutrición humana** - Composición química y valor nutritivo del maíz [Internet]. [citado 11 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/t0395s/T0395S03.htm>
12. **EM•1® Microorganismos Eficaces ® 1 Litro** [Internet]. El Ganadero. [citado 11 de julio de 2024]. Disponible en: <https://elganadero.pe/product/em/>
13. **EM Producción y Tecnología S,A(EMPROTEC)**. Guía de la Tecnología de EM. Costa Rica C.A;
14. **Li YB**. anfitrión de EBSCO | 96782395 | Efectos de los probióticos sobre el rendimiento del crecimiento y la microflora intestinal de pollos de engorde. [Internet]. [citado 7 de abril de 2023]. Disponible en: <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=1011601X&AN=96782395&h=BIDRx4DSuKbBnYwq7H3sH0jSNaXGI33jk9H3J3XN8RtjdkVVx9K%2fUvX1up%2f5C0j03yj3jerqz%2f%2b68hslps7mkw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCriNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d1011601X%26AN%3d96782395>
15. **Echeverria K. TSI Group - Tecnosoluciones Integrales**. 2021 [citado 11 de julio de 2024]. Análisis Proximales en Alimentos. Disponible en: <https://tecnosolucionescr.net/blog/278-analisis-proximales-en-alimentos>
16. **Escobar R, Trapero-Casas A, Domínguez J**. Experimentación en Agricultura. 2010.

ANEXOS

1. Matriz de consistencia

Título de la Investigación	Pregunta de Investigación	Objetivos de la Investigación	Hipótesis (cuando corresponda)	Tipo y diseño de estudio	Población de estudio y procesamiento de datos	Instrumento de recolección
<p>Comparación del Impacto de Agua y Probiótico "EM.1" en el Rendimiento y Composición Química del Forraje Verde Hidropónico de Maíz en Zúngarococha 2023</p>	<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es el efecto comparativo del agua y el probiótico "EM.1" en el rendimiento y composición química del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha en el año 2023?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar y comparar el efecto del agua y el probiótico "EM.1" en el rendimiento y composición química del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha en el año 2023.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha al utilizar agua como nutriente. 2. Evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en Zúngarococha al utilizar el probiótico "EM.1" como nutriente. 3. Comparar la composición química del forraje verde hidropónico de maíz producido con agua y con el probiótico "EM" como nutriente 4. Determinar la relación entre las variables del rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz y las concentraciones del probiótico "EM.1" aplicadas como nutrientes. 	<p>Hipótesis General</p> <p>Existen diferencias significativas en el rendimiento y composición química del forraje verde hidropónico de maíz cultivado con agua y con el probiótico "EM.1" en Zúngarococha en el año 2023.</p> <p>Hipótesis Especifica</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz cultivado con el probiótico "EM.1" será mayor que el rendimiento del forraje cultivado con agua. 2. La composición química del forraje verde hidropónico de maíz cultivado con el probiótico "EM" será diferente a la composición química del forraje cultivado con agua. 3. Existe una correlación significativa entre las concentraciones del probiótico "EM.1" y el rendimiento del forraje verde hidropónico de 	<p>Tipo</p> <p>Transversal, prospectivo, experimental,</p> <p>Diseño investigación.</p> <p>Experimental. Transversal y explicativo causa efecto</p>	<p>La población de estudio está constituida por todas las plantas de maíz cultivadas en sistemas hidropónico en el Proyecto de Enseñanza e Investigación de Porcinos en Zúngarococha durante el año 2023.</p> <p>Análisis estadístico:</p> <p>Los datos serán procesados utilizando técnicas estadísticas (ANOVA) para comparar los rendimientos y las composiciones químicas entre los dos grupos. Paquete SPSS.</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. Diseño del módulo de forraje hidropónico



3. Valores promedios de las variables estudiadas - sin probiótico

TTTO	Dia de siembra	VARIABLES					
		Altura de planta en cm	Diámetro del tallo en mm	Número de Hojas	Peso fresco kg	Rendimiento por unidad kg/m ²	Rendimiento Peso Seco Kg/m ²
AGUA	3	2.33	1.81				
AGUA	3	2.46	1.85				
AGUA	3	2.20	1.69				
AGUA	3	2.29	1.79				
AGUA	4	5.00	1.63				
AGUA	4	5.16	1.61				
AGUA	4	5.32	1.72				
AGUA	4	5.44	1.64				
AGUA	5	11.57	2.00	1.14	2.59	20.69	4.35
AGUA	5	11.43	2.07	1.57			
AGUA	5	11.29	1.99	1.14			
AGUA	5	11.57	2.03	1.14			
AGUA	6	13.21	1.98	1.86	2.85	22.78	4.79
AGUA	6	13.07	2.03	2.00			
AGUA	6	12.64	2.02	2.00			
AGUA	6	13.29	2.05	1.57			
AGUA	7	14.64	2.07	2.00	3.00	23.98	5.04
AGUA	7	14.86	2.12	2.00			
AGUA	7	14.71	2.16	2.00			
AGUA	7	15.14	2.28	2.00			
AGUA	8	18.36	2.19	2.14	3.08	24.66	5.18
AGUA	8	18.29	2.15	2.29			
AGUA	8	18.43	2.19	2.43			
AGUA	8	19.00	2.31	2.29			
AGUA	9	21.00	2.28	2.86	3.30	26.40	5.55
AGUA	9	21.14	2.28	3.00			
AGUA	9	21.43	2.24	3.00			
AGUA	9	20.43	2.31	3.00			
AGUA	10	24.00	2.30	2.71	3.42	27.39	5.76
AGUA	10	24.43	2.48	2.86			
AGUA	10	23.86	2.45	2.71			
AGUA	10	24.43	2.42	3.00			
AGUA	11	24.86	2.46	2.86	3.55	28.38	5.96
AGUA	11	25.29	2.55	2.57			
AGUA	11	25.29	2.44	2.86			
AGUA	11	25.14	2.46	2.43			
AGUA	12	28.00	2.47	3.00	3.72	29.75	6.25
AGUA	12	27.43	2.40	3.00			
AGUA	12	27.29	2.49	3.00			
AGUA	12	26.86	2.62	2.86			
AGUA	13	30.43	2.46	3.00	3.74	29.89	6.28

VARIABLES							
TTTO	Día de siembra	Altura de planta en cm	Diámetro del tallo en mm	Número de Hojas	Peso fresco kg	Rendimiento por unidad kg/m ²	Rendimiento Peso Seco Kg/m ²
AGUA	13	29.43	2.57	3.00			
AGUA	13	29.14	2.53	3.00			
AGUA	13	29.00	2.69	3.00			
AGUA	14	31.86	2.73	3.00	3.76	30.06	6.32
AGUA	14	32.86	2.78	3.14			
AGUA	14	31.57	2.79	3.14			
AGUA	14	32.29	2.86	3.00			

4. Valores promedios de las variables estudiadas - con probiótico

TTTO	Dia de siembra	VARIABLE					
		Altura de planta en cm	Diámetro del tallo en mm	Número de hojas	Peso fresco kg	Rendimiento por unidad kg/m2	Rendimiento Peso Seco Kg/m2
EM	3	2.90	1.68				
EM	3	2.96	1.71				
EM	3	2.92	1.73				
EM	3	2.99	1.73				
EM	4	4.97	2.08				
EM	4	4.93	2.14				
EM	4	5.07	2.18				
EM	4	5.26	2.07				
EM	5	9.79	2.23	1.14	2.53	20.27	5.67
EM	5	9.71	2.23	1.00			
EM	5	9.77	2.18	1.00			
EM	5	9.76	2.24	1.00			
EM	6	13.69	2.27	2.00	2.93	23.43	6.55
EM	6	13.49	2.47	2.00			
EM	6	13.71	2.33	2.00			
EM	6	13.93	2.29	2.00			
EM	7	17.43	2.34	2.00	3.17	25.38	7.09
EM	7	17.24	2.31	2.00			
EM	7	17.13	2.38	2.00			
EM	7	17.14	2.43	2.00			
EM	8	22.81	2.45	2.00	3.24	25.93	7.25
EM	8	23.03	2.43	2.14			
EM	8	22.79	2.44	2.29			
EM	8	22.81	2.47	2.14			
EM	9	23.09	2.53	3.00	3.56	28.50	7.97
EM	9	22.94	2.49	2.57			
EM	9	22.99	2.58	2.57			
EM	9	22.80	2.48	2.43			
EM	10	25.40	2.71	2.71	3.75	30.03	8.39
EM	10	25.57	2.68	2.57			
EM	10	25.16	2.53	2.86			
EM	10	25.17	2.58	2.71			
EM	11	26.54	2.69	3.00	3.90	31.19	8.72
EM	11	25.83	2.75	3.00			
EM	11	25.57	2.65	3.00			
EM	11	25.30	2.66	2.71			
EM	12	26.93	2.69	3.00	3.99	31.95	8.93
EM	12	27.42	2.72	3.00			
EM	12	27.19	2.80	3.00			
EM	12	27.12	2.76	3.00			
EM	13	30.23	2.78	3.00	3.99	31.90	8.92

TTTO	Dia de siembra	VARIABLE					
		Altura de planta en cm	Diámetro del tallo en mm	Número de hojas	Peso fresco kg	Rendimiento por unidad kg/m2	Rendimiento Peso Seco Kg/m2
EM	13	30.66	2.77	3.00			
EM	13	31.29	2.76	3.00			
EM	13	31.23	2.75	3.00			
EM	14	34.71	2.84	3.14	4.27	34.17	9.55
EM	14	34.76	2.85	3.43			
EM	14	34.84	2.81	3.57			
EM	14	35.00	2.84	3.57			

5. 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	28	28	32.140	34.830	-5.260	0.00001 **
Diámetro mm	Agua	EM	28	28	2.790	2.830	-1.940	0.06157 ns
Número de hojas/planta	Agua	EM	28	28	3.070	3.430	-3.330	0.00186 *
Rendimiento materia fresca kg/m2	Agua	EM	28	28	30.200	33.930	-6.430	0.00000 **
Rendimiento materia seca kg/m2	Agua	EM	28	28	6.350	9.480	-22.190	0.00000 **

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

6. Prueba de Normalidad

	Pruebas de normalidad						
	Con y sin	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	EM 1	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Altura de planta en cm	Sin EM 1	,195	4	.	,971	4	,850
	Con EM1	,214	4	.	,929	4	,590
Diámetro de tallo en mm	Sin EM 1	,243	4	.	,967	4	,825
	Con EM1	,297	4	.	,928	4	,581
Número de hojas	Sin EM 1	,307	4	.	,729	4	,024
	Con EM1	,260	4	.	,827	4	,160
Rendimiento materia fresca kg/m2	Sin EM 1	,186	4	.	,965	4	,810
	Con EM1	,151	4	.	,993	4	,972
Rendimiento materia seca kg/m2	Sin EM 1	,186	4	.	,965	4	,808
	Con EM1	,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de significación de Lilliefors

7. Prueba de Homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianza				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura de planta en cm	6.229	1	6	0.047
Diámetro de tallo en mm	2.098	1	6	0.198
Número de hojas	1.500	1	6	0.267
Rendimiento materia fresca kg/m2	1.432	1	6	0.277
Rendimiento materia seca kg/m2	0.469	1	6	0.519

8. Resultados del Laboratorio – Análisis Proximal

 LABNUT <small>Laboratorio de Nutrición Animal y Biotecnología de Alimentos</small>	INFORME DE ANÁLISIS	 <small>UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS</small>
		Página 1 de 1

INFORME DE ANÁLISIS N°: **LABNUT-2024-16**

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA.
RUC / DNI : 20180260316
TIPO DE MUESTRA : PASTO
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRAS SIN MOLER
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 14/06/2024
FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA : 18/06/2024 - 21/06/2024
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 25/06/2024

Parámetro	Método	Unidad de medida	ID Muestra	Valor promedio
Humedad	Método Oficial AOAC 930.15 2005 (Equipo estufa)	%	Agua	4,18
			Probiótico	3,24
Cenizas	Método Oficial AOAC 942.05(2019) (Equipo Mufla)	%	Agua	2,22
			Probiótico	2,33
Grasa cruda	Official Crude Fat Extraction (AOCS Am 5-04)	%	Agua	4,99
			Probiótico	5,36
Proteína cruda	Método Oficial AOAC 928.08 2015	%	Agua	14,48
			Probiótico	13,71
Fibra cruda	Método 7 Ankom (Ankom A200)	%	Agua	10,09
			Probiótico	10,76
Extracto libre de Nitrógeno	Método Oficial AOAC 923.03 - 2005	%	Agua	64,04
			Probiótico	64,59

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

Ph.D. Ives Julían Yoplac Torur
Responsable del LABNUT

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
www.untrm.edu.pe

9. Ficha técnica – Probiótico EM1



FICHA TÉCNICA

EM•1®
MICROORGANISMOS EFICACES™

ORIGEN

El EM•1® es un inoculante biológico que fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 143 países a nivel mundial.

DESCRIPCIÓN

El EM•1® es un inoculante biológico para las plantas, elaborado a base de microorganismos con acción simbiótica, para promover el crecimiento de las plantas y prevenir la presencia de plagas y enfermedades. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. El contacto con este producto no afecta al ambiente ni a la salud de las personas o animales.

CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- * Bacterias Fotosintéticas: $\geq 1.6 \times 10^4$
- * Bacterias ácido lácticas: $\geq 4.3 \times 10^3$
- * Levaduras: $\geq 3.3 \times 10^4$
- * Enzimas

DATOS FÍSICOS

Apariencia: líquido color marrón-amarillo
Olor: Fermento-agradable
pH: 3.5

COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).



Jr. Nicolás Alcázar N°764,
Pueblo Libre, Lima
☎ 951446120 /943603740 /952086694
☎ 01-4630329
✉ administracion@bioem.com.pe
🌐 www.bioem.com.pe | www.emrojapan.com
📌 EM-Microorganismos Eficaces Perú
📌 PROEM1 Probiótico



ACTIVACIÓN

El EM•1® está en estado latente (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto antes de usarlo, hay que activarlo.

El activado consiste en 5% de EM•1® y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja reposar la mezcla durante 3 a 6 días. Un olor agríndice y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo.

DOSIS DE APLICACIÓN

- 1 litro de EM•1® Activado por bomba de mochila de 20 litros de capacidad.
- 10 Litros de EM. ® Activado por cilindro de 200 litros de capacidad.

FRECUENCIA

- Se recomienda hacer aplicaciones semanales o quincenales según las necesidades del cultivo.

Para mayor información, contactar con nuestro equipo técnico.

Atentamente,

www.bioem.com.pe www.em-la.com www.emrojapan.com



◉ Jr. Nicolás Alcázar N°764,
Pueblo Libre, Lima
☎ 951446120 /943603740 /952086694
☎ 01-4630329
✉ administracion@bioem.com.pe
🌐 www.bioem.com.pe | www.emrojapan.com
📌 EM-Microorganismos Eficaces Perú
📌 PROEM1 Probiótico

10. Resolución administrativa ANA-ALA para el uso de agua



RESOLUCION ADMINISTRATIVA N° 318 - 2019-ANA-ALA-IQUITOS

Iquitos, 29 de noviembre de 2019

VISTO:

El Expediente Administrativo de CUT N° 226850-2019 de fecha 2019-11-11, sobre licencia de uso de agua subterránea en vías de regularización, y;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 29338 "Ley de Recursos Hídricos", y su reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, modificado mediante Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI y Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, se regula la administración y gestión de los recursos hídricos en el país;

Que, el artículo 64° inciso 64.1 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, aprobado mediante Decreto supremo N° 001-2010 -AG, dispone que Toda persona natural o jurídica, pública o privada, para usar el agua requiere contar con un derecho de uso de agua otorgado por la Autoridad Administrativa del Agua, salvo que se trate de uso primario;

Que, conforme establece el mismo artículo 64° numeral 64.2 del precitado Reglamento los derechos de uso de agua reconocidos por la Ley son: Permiso, Autorización y Licencia. Facultan a su titular para el uso sostenible del agua en las condiciones establecidas en la Ley, el Reglamento y en la respectiva resolución de otorgamiento.

Que, con el documento del visto, la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, con RUC 2010260316, se ubica en la Facultad de Agronomía – Zungarococha – Margen derecha del río Nanay, parte del Fundo Almendra, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto; solicita licencia de uso de agua subterránea con fines de otros usos al agua en vía de regularización;

Que, mediante informe Técnico N°033-2019-ANA-ALA-IQUITOS/CPCH, de fecha 2019-11-15, se realiza la evaluación de expediente sobre Licencia de uso de agua en vías de regularización, de la Facultad de Agronomía – UNAP, determinando que contiene los requisitos mínimos para la atención de su trámite, por lo tanto se recomienda proseguir con la programación de la Inspección Ocular.

Que, mediante Informe Técnico N°034-2019-ANA-ALA-IQUITOS/CPCH, de fecha 2019-11-28, se concluye que técnicamente es factible el otorgamiento de la



licencia de uso de agua a la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, procedente de un Acuífero S/N; recomendando que se debe otorgar la licencia de uso de agua subterránea en vías de regularización con fines de otros usos;

De conformidad con el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2010-AG, y en uso de la facultad conferida por la Primera Disposición Complementaria Transitoria de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y por la quinta disposición complementaria transitoria del Reglamento de la precitada Ley;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- ACREDITAR con eficacia anticipada la Disponibilidad Hídrica Subterránea en vía de regularización proveniente de tres (03) pozos artesanales (cuadro 01), ubicado en un acuífero S/N, en la Facultad de Agronomía – Zungarococha – Margen derecha del río Nanay, parte del Fundo Almendra, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto; a favor de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP, RUC 2010260316, por un volumen máximo de 12,002.409 m3, con fines de **Otros Usos**; que serán distribuidos en periodos mensuales.

Cuadro 01: Detalles de los puntos de captación.



POZO	Coordenadas UTM – WGS 84 ZONA 18 SUR.		Caudal (l/s)	Volumen (m³/año)
	ESTE (m)	NORTE (m)		
Pozo Agronomía 01	681055	9576062	2.99	5,618.808
Pozo Agronomía 02	681263	9576285	1.35	2,897.937
Pozo Agronomía 03	681323	9575830	1.33	3,485.664

ARTÍCULO 2°.- AUTORIZAR a la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP, RUC 2010260316, con eficacia anticipada la ejecución de obra de aprovechamiento hídrico de agua subterránea en vía de regularización; y además, **APROBAR** el plan de aprovechamiento hídrico así como el sistema hidráulico.

ARTÍCULO 3°.- OTORGAR Licencia de uso de agua subterránea en vía de regularización para "Otros Usos" al agua (limpieza de ambientes académicos, equipos, laboratorios, uso en programas académicos, entre otros), a favor de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP, RUC 2010260316, como se indica en el cuadro 02:

Cuadro 02: Cuadro de demanda de agua Global mensualizado

POZOS	VOLUMEN DE EXPLOTACIÓN MENSUAL (m3) POZOS – FACULTAD DE AGRONOMIA - UNAP												Total anual (m3)
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
Agronomía 01	495.144	430.560	452.088	473.616	495.144	430.560	495.144	473.616	452.088	495.144	452.088	473.616	5,618.808
Agronomía 02	247.779	215.460	247.779	237.006	247.779	237.006	247.779	247.779	237.006	247.779	237.006	247.779	2,897.937
Agronomía 03	296.856	298.128	296.856	287.280	296.856	287.280	296.856	287.280	287.280	296.856	287.280	296.856	3,485.664
Total	1,039.779	914.148	996.723	997.902	1,039.779	954.846	1,039.779	1,008.675	976.374	1,039.779	976.374	1,018.251	12,002.409

Continua... anexo 11

ARTÍCULO 4°.- DISPONER a la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP**, RUC 2010260316, para que en un plazo no mayor de seis (6) meses, rigiendo al día siguiente de su notificación, el titular del derecho cumpla con instalar su sistema de medición y control de agua; además el Titular de la Licencia de Uso de Agua Subterránea, se sujeta a las obligaciones establecidas en la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, y demás normas aplicables.

ARTÍCULO 5°.- Inscribir la presente Licencia de uso de agua en el Registro Administrativo de Derechos de usos de agua (RADA), de acuerdo lo establecido en el artículo 7° del reglamento de Procedimientos Administrativos para el otorgamiento de derechos de usos de agua.

ARTÍCULO 6°.- Precisar que la Licencia otorgada queda afecta al pago de la retribución económica, que establezca la Autoridad Nacional del Agua por el uso del recurso, asimismo la falta de pago de dos (2) cuotas consecutivas de la retribución económica declara la extinción del derecho otorgado, según lo establecido en el artículo 102° numeral 102.4 del Reglamento de la ley de Recursos Hídricos, Ley 29338.

ARTÍCULO 4°.- NOTIFICAR la presente Resolución Administrativa a la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP**, en el modo y forma de ley, y hacer de conocimiento a la Dirección de Administración de Recursos Hídricos, a través del aplicativo informativo MIDARH; y disponer su publicación en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

Regístrese, comuníquese y publíquese;



ING. JOSÉ DÍAZ VÁSQUEZ
Administrador Local de Agua
Administración Local de Agua Iquitos
Autoridad Nacional del Agua

11. Galería de fotos



Foto 1. Probiótico EM.1

Foto 2. Preparación para el probiótico activo



Foto 3. Lavado y limpieza de las semillas de maíz



Foto 4. Limpieza, selección y siembra de maíz



Foto 5. Medición del peso por bandeja



Foto 6. Toma de dato



Foto 7. Cosecha



Foto 8. Alimentación de cerdos



Foto 9. Colección de muestras



Foto 10. Muestras para laboratorio

