

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



Efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional

y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en

Oxapampa – Pasco

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Zootecnista

Autores:

Bach. Gerardo Manuel JARA SCHRADER

Bach. Dhalcir Leoncio ANAYA VENCES

Asesor:

Mg. Aníbal Raúl RODRIGUEZ VARGAS

Oxapampa – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



**Efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional
y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en
Oxapampa – Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Alfredo Rubén BERNAL MARCELO
PRESIENDETE

M.Sc. Gilmar Hugo LOPEZ ALEGRE
MIEMBRO

Mg. Luis Esteban NAVARRO ESPINOZA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 022-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
JARA SCHRADER, Gerardo Manuel
ANAYA VENCES, Dhalcir Leoncio

Escuela de Formación Profesional
Zootecnia - Oxapampa

Tipo de trabajo

Tesis

**Efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional
y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en
Oxapampa – Pasco**

Asesor

Mg. RODRIGUEZ VARGAS, Aníbal Raúl

Índice de similitud

7 %

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 15 de febrero de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Luis A. Huanes Tovar
Director

c.c. Archivo

DEDICATORIA

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a Dios, quien me ha brindado las fuerzas y la perseverancia para completar mi carrera académica y enfrentar los desafíos diarios. Su guía constante ha sido un faro en mi camino, y es a Él a quien dedico este logro.

A mi querida madre, le dedico con profundo aprecio mi tesis. Su inquebrantable apoyo y amor incondicional han sido el motor que me impulsó a lo largo de esta travesía. Cada día de mi vida ha estado marcado por sus bendiciones y cuidados, y en gratitud, ofrezco mi trabajo como un tributo a su paciencia y cariño maternal.

Un agradecimiento a mi hermano Aldair, cuyo constante aliento y motivación han sido un bálsamo en los momentos de dificultad. Su apoyo me recordó la importancia de continuar avanzando y culminar mis estudios con éxito.

A mi amado padre, que, aunque ya no está entre nosotros, sigue siendo un faro en mi viaje. Su ejemplo de vida y valores siguen guiando mis pasos desde el cielo.

Dhalcir Leoncio ANAYA VENCES

Mi gratitud se extiende hacia Dios y la vida, por cada lección que me han brindado. Cada experiencia, sin importar cuán desafiante haya sido, ha contribuido a la formación de una vida marcada por el sacrificio y el crecimiento.

A mi madre, la señora Patricia Schrader Albengrin, dedico este trabajo con el más profundo cariño. Ella no solo encarna la imagen de la mejor madre que podría haber deseado, sino que ha sido mi compañía constante en todos los momentos de mi existencia, incluso durante mis momentos más difíciles. Mi agradecimiento hacia ella es eterno y lleno de gratitud.

Rindo homenaje a la memoria de Francisco Alejandro Jara Vásquez, mi amado padre, quien siempre reside en mi corazón y en mis pensamientos. Esta tesis no solo es un tributo a su recuerdo, sino también el cumplimiento de la promesa que le hice en vida. Cada paso en este camino es una parte de esa promesa, y su influencia perdura en cada palabra escrita.

Gerardo Manuel JARA SCHRADER

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Escuela Profesional de Zootecnia Oxapampa, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por las enseñanzas impartidas durante nuestra vida de estudiante y nuestra formación profesional.

Al Mg. Aníbal Raúl Rodríguez Vargas, a quien le estaremos eternamente agradecidos por la orientación oportuna en el proceso de formación universitaria, el asesoramiento de la tesis y su amistad; cualidades que nos inspiran a ser excelentes profesionales como su persona.

RESUMEN

El trabajo de investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco. El tipo de investigación fue experimental, empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA). Los bioinsumos considerados fueron: una solución comercial hidropónica (B₁), soluciones a base de gallinaza (B₂), cuyaza (B₃) y vacaza (B₄). El área de investigación abarcó 24 bandejas de cebada hidropónica dispuestas en un espacio de 8m² dentro de la escuela profesional Zootecnia de la UNDAC en Oxapampa. Los resultados obtenidos indican que las tasas de germinación no difieren significativamente entre los bioinsumos, oscilando entre 89.67 % y 97.00 %. Las medidas de tamaño de raíz no presentaron variaciones notables, con promedios alrededor de 7- 8.62 cm. La altura de las plantas reveló que el B₄, con 16.79 cm, obtuvo un crecimiento superior a B₁ y B₂, mientras que B₃ igualó a los dos últimos. En términos de rendimiento de forraje verde, B₂, B₃ y B₄ superaron a B₁, destacando B₄ con 8.31 kg/m². B₃ se destacó en contenido de materia seca, superando a B₁, B₂ y B₄. En cuanto a proteína, B₂ lideró con un 18.43 %, mientras que B₁, B₃ y B₄ presentaron valores cercanos. B₂ también se destacó en fibra, seguido por B₃, B₁ y B₄. En relación al contenido de grasa, humedad, ceniza y extracto libre de nitrógeno, no se encontraron diferencias sustanciales entre los bioinsumos, siendo mayormente similares en términos estadísticos. Se concluye que los bioinsumos a base de gallinaza, cuyaza y vacaza tuvieron efectos positivos en diversas características de la cebada germinada en un sistema hidropónico en Oxapampa. En términos de costos de producción, B₂, B₃ y B₄ superaron a B₁, destacando B₃ y B₄ como los de menor costo.

Palabras clave: hidroponía, cebada, características agronómicas, calidad nutritiva, costos.

ABSTRACT

The objective of the research work was to evaluate the effect of bio-inputs on the agronomic characteristics, nutritional quality and cost of production of hydroponically germinated barley in Oxapampa - Pasco. The type of research was experimental, using a Completely Random Design (DCA). The bioinputs considered were: a commercial hydroponic solution (B₁), solutions based on chicken manure (B₂), cuyaza (B₃) and cow (B₄). The research area covered 24 trays of hydroponic barley arranged in an 8m² space within the UNDAC Professional School of Zootechnics in Oxapampa. The results obtained indicate that germination rates do not differ significantly between bio-inputs, ranging between 89.67 % and 97.00 %. Root size measurements did not present notable variations, with averages around 7-8.62 cm. The height of the plants revealed that B₄ obtained a higher growth than B₁ and B₂, while B₃ equaled the last two. In terms of green forage yield, B₂, B₃ and B₄ surpassed B₁, highlighting B₄ with 8.31 kg/m². B₃ stood out in dry matter content, surpassing B₁, B₂ and B₄. Regarding protein, B₂ led with 18.43 %, while B₁, B₃ and B₄ presented close values. B₂ also stood out in fiber, followed by B₃, B₁ and B₄. In relation to the content of fat, moisture, ash and nitrogen-free extract, no substantial differences were found between the bio-inputs, being mostly similar in statistical terms. It is concluded that bio-inputs based on chicken manure, cuyaza and vacaza had positive effects on various characteristics of germinated barley in a hydroponic system in Oxapampa. In terms of production costs, B₂, B₃ and B₄ surpassed B₁, highlighting B₃ and B₄ as the lowest cost.

Keywords: hydroponics, barley, agronomic characteristics, nutritional quality, costs.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda global por alimentos saludables y sostenibles ha impulsado una búsqueda constante de métodos de producción agrícola que maximicen la eficiencia, la calidad nutricional y minimicen el impacto ambiental. En este contexto, la germinación hidropónica se ha erigido como una alternativa innovadora y prometedora para la producción de cultivos, destacando por su capacidad para generar vegetales y cereales de alto valor nutricional en condiciones controladas y sin necesidad de suelo. Entre estos cultivos, la cebada germinada ha ganado atención debido a su riqueza en nutrientes esenciales y su versatilidad en aplicaciones alimentarias.

La eficacia de cualquier sistema de producción agrícola está intrínsecamente ligada a la utilización de insumos adecuados que favorezcan el crecimiento óptimo de las plantas. En este sentido, los bioinsumos, que comprenden una variedad de productos derivados de fuentes biológicas, han emergido como una alternativa atractiva a los fertilizantes químicos convencionales. Estos bioinsumos, que incluyen microorganismos benéficos, extractos de plantas y otros compuestos orgánicos, tienen el potencial de mejorar la salud del suelo, estimular el crecimiento vegetal y aumentar la resistencia a enfermedades, al tiempo que reducen la dependencia de insumos sintéticos y los efectos negativos en el medio ambiente.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco, con su clima y geografía únicos, ofrece un contexto propicio para evaluar la viabilidad de la germinación hidropónica en condiciones locales y su respuesta a los bioinsumos.

A través de este estudio, se pretende contribuir al conocimiento científico sobre la interacción entre los bioinsumos y la cebada germinada en un sistema hidropónico,

aportando información valiosa para agricultores, investigadores y tomadores de decisiones en el ámbito agrícola. Los resultados obtenidos pueden ofrecer pautas para optimizar la producción de cebada germinada de alta calidad nutricional, al mismo tiempo que se minimiza el costo de producción y se fomenta la sostenibilidad ambiental.

En las siguientes secciones, se detallarán los antecedentes relevantes, la problemática en cuestión, los objetivos del estudio, la metodología empleada y finalmente, se discutirán las posibles implicaciones y aplicaciones prácticas de los resultados obtenidos.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Delimitación espacial	2
1.2.2.	Delimitación temporal	2
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	3
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.5.1.	Justificación teórica	4
1.5.2.	Justificación practica	4
1.5.3.	Justificación metodológica	4
1.5.4.	Justificación social.....	4

1.6.	Limitaciones de la investigación	4
------	----------------------------------------	---

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del trabajo de investigación	6
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	11
2.2.1.	Definición e importancia de la hidroponía	11
2.2.2.	Ventajas de la producción de cebada germinada.....	12
2.2.3.	Ahorro de agua por el cultivo.....	13
2.2.4.	Características agronómicas de la cebada germinada	13
2.2.5.	Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico ...	15
2.2.6.	Calidad del forraje	19
2.2.7.	Eficiencia de la producción	20
2.2.8.	Costos de producción	21
2.2.9.	La fertilización.....	22
2.3.	Definición de términos	22
2.4.	Formulación de hipótesis.....	23
2.4.1.	Hipótesis general	23
2.4.2.	Hipótesis específicas	24
2.5.	Identificación de variables.....	25
2.5.1.	Características agronómicas:	25
2.5.2.	Calidad nutritiva.	25
2.5.3.	Costo de producción (S/.).....	26
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	26
2.6.1.	Sistema de variables e indicadores.....	26
2.6.2.	Esquema del sistema de variables e indicadores	26

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	28
3.2.	Nivel de investigación	30
3.3.	Métodos de investigación	30
3.4.	Diseño de investigación.....	35
3.5.	Población y muestra	36
	3.5.1. Población	36
	3.5.2. Muestra	36
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	36
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	37
3.9.	Tratamiento estadístico.....	37
3.10.	Orientación ética.....	38

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo.	39
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	41
4.3.	Prueba de hipótesis	55
4.4.	Discusión de resultados	72

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación de los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia.</i>	29
Figura 2. <i>Gráfica del clima en los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia.</i>	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Esquema de variables, indicadores y factores</i>	27
Cuadro 2. <i>Técnicas e instrumentos de investigación</i>	36
Cuadro 3. <i>Croquis del experimento</i>	38
Cuadro 4. <i>Costos de producción de FVH por bioinsumo</i>	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Porcentaje de germinación de los bioinsumos (%)</i>	41
Gráfico 2. <i>Curva de crecimiento de la planta por bioinsumo (cm)</i>	42
Gráfico 3. <i>Curva de crecimiento de la planta por bioinsumo (cm)</i>	43
Gráfico 4. <i>Rendimiento de materia verde por bioinsumo (kg/m²)</i>	45
Gráfico 5. <i>Rendimiento de materia seca por bioinsumo (kg/m²)</i>	46
Gráfico 6. <i>Porcentaje de proteína por bioinsumo (%)</i>	47
Gráfico 7. <i>Porcentaje de fibra por bioinsumo (%)</i>	48
Gráfico 8. <i>Porcentaje de grasa por bioinsumo (%)</i>	49
Gráfico 9. <i>Porcentaje de humedad por bioinsumo (%)</i>	50
Gráfico 10. <i>Porcentaje de ceniza por bioinsumo (%)</i>	52
Gráfico 11. <i>Porcentaje de ELN por bioinsumo (%)</i>	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de germinación (%)</i>	56
Tabla 2. <i>Prueba de Bonferroni para tamaño de raíz (cm)</i>	57
Tabla 3. <i>Prueba de Bonferroni para altura de planta (cm)</i>	59
Tabla 4. <i>Prueba de Bonferroni para rendimiento de materia verde (kg/m²)</i>	60
Tabla 5. <i>Prueba de Bonferroni para rendimiento de materia seca (kg/m²)</i>	62
Tabla 6. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de proteína (%)</i>	63
Tabla 7. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de fibra (%)</i>	65
Tabla 8. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de grasa (%)</i>	66
Tabla 9. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de humedad (%)</i>	68
Tabla 10. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de ceniza (%)</i>	69
Tabla 11. <i>Prueba de Bonferroni para porcentaje de ELN (%)</i>	71

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Las actividades productivas de alimento se han vuelto un problema constante para los ganaderos, las grandes plantaciones agrícolas y los alimentos balanceados demandan un elevado costo tanto en producción como también su propia accesibilidad y movilización. Una respuesta para esta dificultad en animales omnívoros y herbívoros es el uso del grano germinado, pues cuenta con la ventaja de ser más accesible para el productor agropecuario obteniéndolo de cosechas propias, de esta manera aprovechar la semilla dándole valor añadido.

Fue en el año de 1987 que se empezó la investigación para realizar una germinación de semillas de una manera menos complicada, sin ambiente controlado y edificaciones caras. La germinación se ha desarrollado hasta tener rendimientos excepcionales aprovechando fertilizantes y un ambiente controlado. A base de esta producción se sustentan vacunos de leche e incluso se indica que en el país de Chile alimentan a un establo completo de equinos usando germinados. (Carballo, 2002).

La efectividad de estos bioinsumos en la productividad de germinados hidropónicos representaría una gran alternativa como remplazo al abono común usado en este tipo de cosechas al estar elaborados con elementos de fácil acceso y tener un costo de producción mínimo. No obstante, en la actualidad la información que se conoce sobre la influencia de estos bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costos de producción hidropónica de cebada es muy limitada, de ahí el interés en realizar el presente trabajo de investigación.

García (2016), resalta lo crucial que es producir fertilizantes orgánicos de origen natural debido a la gran necesidad de los productores agrícolas de todo el mundo en generar un resultado que cumpla con las características del producto y que al mismo tiempo no afecte el ambiente.

Así mismo Bautista (2000), menciona que no existe una solución teórica ideal para un cultivo específico, porque la concentración óptima de nutrientes para una especie de planta específica depende de la parte de la planta cosechada, la estación, el clima, la calidad del agua y el desarrollo de la planta.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El ámbito en el cual se desarrolló la investigación comprendió un ambiente de los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia ubicado en la ciudad universitaria de la UNDAC distrito de Oxapampa.

1.2.2. Delimitación temporal

El período que comprende el estudio abarcará desde mayo a septiembre del año 2023.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

PE1 ¿Cuál es el efecto de bioinsumos en las características agronómicas, de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco?

PE2 ¿Cuál es el efecto de bioinsumos en la calidad nutricional de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco?

PE3 ¿Cuál es el efecto de bioinsumos en el costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1. Determinar el efecto de bioinsumos en las características agronómicas, de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco.

OE2. Estimar el efecto de bioinsumos en la calidad nutricional de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco.

OE3. Determinar el efecto de bioinsumos en el costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

La presente investigación permitirá descubrir la influencia de determinados bioinsumos a partir de los resultados obtenidos de cada tratamiento y de las variables a considerar en el estudio. Asimismo, los datos se compararán según sus características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción.

1.5.2. Justificación practica

El estudio aspira a demostrar con metodología práctica la influencia de ciertos bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente mediante mediciones biométricas.

1.5.3. Justificación metodológica

Los resultados de la presente investigación servirán como una herramienta para mejorar la medición de las variables mencionadas, con el fin de perfeccionarlas en su uso particular de una manera más sencilla.

1.5.4. Justificación social

Los resultados de la presente investigación tendrán como principales beneficiarios a los productores agropecuarios del distrito de Oxapampa, con el objetivo de comprender efecto de determinados bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se presento una limitación en la realización del presente trabajo de investigación, la cual se detalla a continuación:

Se empleo un área específica para la ejecución de la investigación, por lo que se prestó especial atención a la iluminación del lugar con el fin de asegurar la correcta realización del estudio y así garantizar la confiabilidad de los resultados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Toaquiza (2021), Investigó en su tesis de “Evaluación de dos biofertilizantes con dos dosis para la producción de forraje verde hidropónico en cebada (*Hordeum vulgare*)”, se evaluó dos dosis de dos bioinsumos y un testigo, con el objetivo de determinar la productividad del forraje verde hidropónico en cebada (*Hordeum vulgare*). El diseño utilizado fue bloques completamente al azar con permutación factorial en 6 repeticiones ($2 \times 2 \times 1$) generando un total de 30 unidades experimentales, y comparando la hipótesis en el uso de la prueba de Tukey (5%). Teniendo como variables de medición gastos de producción según tratamiento, materia seca, materia verde, concentración radicular, longitud de la planta, conductividad eléctrica, pH y estudio bromatológico.

Así mismo, la información mencionada fue recopilada constantemente, para los datos de materia verde y materia seca se realizaron en dos periodos de corte el primero al octavo día y el segundo en el día 15 teniendo como resultado que el tratamiento (T₂) que contenía bioinsumo a base de estiércol con una

concentración del 4 % tiene valores de ganancia de materia verde más altos con 2231,77 gr y en lo que a materia seca respecta presento 302,06 gr. Mientras que el tratamiento (T₅) perteneciente al testigo fue el que menores valores de ganancia presento, teniendo 2110,1 gr de materia verde y 253,76 gr de materia seca.

Del mismo modo, para el parámetro de longitud de la planta, la recolección de datos de la investigación mencionada se realizó de manera semanal teniendo el mayor dato medido al tratamiento (T₂) en el que se usó bioinsumo a base de estiércol en 4 % de concentración con un promedio de 14,01 cm, mientras que el tratamiento (T₅) correspondiente al testigo obtuvo el promedio más bajo medido siendo de 13,94 cm.

Por otro lado, en la investigación previamente citada, la medición de concentración radicular fue determinado a base de medición del volumen generado, teniendo al tratamiento (T₄) de uso de bokashi liquido con 4 % de concentración al de mayor volumen expresado en 1,24 gr/ml, y teniendo al tratamiento (T₅) del testigo como el de una ganancia menor de volumen con apenas 0,90 gr/ml. Mientras que, para conocer los valores del pH y la conductividad eléctrica, comenzaron con valores de 6,45 a 6,30 pH y 400 a 1610 en cuanto a la conductividad eléctrica y una vez terminado la experimentación se obtuvieron valores de 7 a 7,6 pH y en cuanto a la conductividad eléctrica pasó a ser de 1550 a 2000.

Para el estudio bromatológico el autor mencionado determinó que las 3 variables de insumos poseen rendimientos proteicos y de fibra con cualidades del tratamiento (T₂) donde se empleó bioinsumo a partir de estiércol al 4 % generando cualidades de proteína iguales a 14,7 y de fibra iguales a 27,18 %, el tratamiento (T₃) elaborado a partir de bokashi líquido con 5 % de concentración

presento valores de proteína al 15,7 además de fibra que tiene un alto índice de 26,65, y por último el testigo donde se obtuvo proteína en 16,37 y representando la fibra en 27,28.

El mismo autor encontró los siguientes datos en la variable gastos de productividad; para generar un kilo de forraje los tratamientos (T₄) y (T₆) donde se utilizó bokashi líquido en sus 2 mencionadas concentraciones se gastó \$ 1.61 y \$ 1.63; el bioinsumo elaborado a partir de estiércol genero gastos en sus 2 concentraciones de \$ 1.76 y \$ 1.79 respectivamente y los gastos del uso del tratamiento del testigo ocupó un gasto de \$ 2.78.

Gómez (2018) encontró en su tesis “Solución nutritiva de biol a base de estiércol de cuy (*Cavia porcellus l.*) ovino (*Ovis aries*) y vacuno (*Bos taurus*) en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*)” diferencias estadísticas en la altura de la planta, donde con el tratamiento biológico con estiércol bovino en dosis del 30 %, la altura de la planta fue superior en 27,13 cm, y con el tratamiento con estiércol de cuy en dosis del 30 %, en 26,33 cm verde. Mientras que en el forraje con estiércol de ovino a la dosis del 30% tuvo un mayor contenido proteico 15,44 %. Lo que respecta a el contenido de fibra detergente neutro, el tratamiento Biol del estiércol de ovino fue del 15 % (38,06 %). En cuanto al contenido de grasa, el tratamiento Biol contó con estiércol de ovino a una dosis de 0 % (3,80 %). En cuanto a la germinación de semillas, no hubo diferencias estadísticas entre 75 y 81,33 % para todos los tratamientos.

Respecto al rendimiento general hidropónico del trabajo previamente mencionado, fue estadísticamente diferente para los factores examinados, con el biol de estiércol de cuy mostrando un mayor rendimiento a 3,75 kg/0,10 m²; sobre las dosis, la dosis del 30 % tuvo un mejor rendimiento de 3,58 kg/0,10 m²; no

hubo diferencias estadísticas en la interacción, pero el tratamiento con 30 % de estiércol de cuy resultó en 4,42 kg/0,10 m². Hubo diferencias estadísticas en el rendimiento de materia verde radicular de la hidroponía, siendo la materia verde del estiércol de cuy de 2,84 kg/0,10 m² y la dosis del 30 % de 2,66 kg/0,10 m²; No hubo diferencias estadísticas en la interacción, pero el tratamiento con 30 % de estiércol de cuy resultó en un rendimiento de 3,36 kg/0,10 m². En términos de rentabilidad económica y relación ventajosa de costos, el tratamiento Biol a base de 30 % de estiércol de cuy tuvo una mayor rentabilidad de 106,31 % y una relación costo-beneficio de 2,06; Por otro lado, la rentabilidad en el tratamiento testigo fue baja con un 37,80 % y una relación costo-beneficio de 1,38.

Vladimir (2015), en su tesis “Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare l.*) En condiciones controladas” evaluó el desempeño de un bioinsumo elaborado a partir de estiércol de llama en cuatro dosificaciones diferentes empleados en granos de cebada de diferente origen y su influencia en las características agronómicas, rendimiento según dosificación y gastos productivos.

El mencionado autor ocupó componentes experimentales los cuales van desde la elección del grano hasta su cosecha. Contando con 4 tratamientos y 4 repeticiones utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 2 bloques; B₁ (T₀, T₁, T₂, T₃) y B₂ (T₀, T₁, T₂, T₃). En cuanto a la aplicación del bioinsumo de llama fue empleado en concentraciones de 0 %, 25 %, 50 % y 75 %. Las conclusiones demostraron que los 4 tratamientos generaron resultados productivos diferentes; para porcentaje de germinación obtuvo (90 %), en longitud de la raíz logro (12.12 cm); para altura de planta obtuvo (21.62 cm); en producción de materia verde logro (1.27 kg/bandeja); el mejor porcentaje de

proteína fue (12.71 %) perteneciente al B₂T₂, compuesto de 50 % de 75 % agua; este mismo obtuvo el mejor porcentaje de materia seca (21.97 %); y respecto al porcentaje de humedad el porcentaje más alto fue de B₂T₃ (80.42 %).

Jumbo (2014), determinó a partir de su tesis “Evaluación del efecto del Biol a diferentes concentraciones en la producción de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) hidropónico como una alternativa de aprovisionamiento de forraje para cuyes (*Cavia porcellus*) en las etapas de desarrollo y engorde.” Que, al evaluar la influencia del uso de cinco bioinsumos en diferentes densidades (0 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %) y la diferencia de porcentaje de la densidad sería agua potable. Fueron aplicadas en producciones hidropónicas de cebada y maíz ocupando el uso de 20 unidades experimentales para determinar los datos de las variables aplicadas en hidroponía de cebada y otras 20 unidades experimentales con el mismo fin, pero para la hidroponía generada a base de maíz.

Del mismo modo el autor mencionado encontró que el porcentaje de germinación del grano a los 10 días encontrando su valor más alto en el T₃ (97.00 %). Para conocer el rendimiento de masa verde se representó en gramos y se ocupó el uso de una balanza, obteniendo los datos a los 21 días de haber iniciado el proceso de experimentación y teniendo en cuenta el pesaje total del producto como son desde las raíces hasta las hojas de la planta. En lo que a medición de masa seca el estudio se realizó a partir de una proporción maestra de 100 gr que se llevó a una estufa a 105 C° por 24 h, obteniendo un valor de 454.86 gr en su T₃. Y en cuanto a la composición química y los valores nutricionales se determinó que el mejor valor de proteína lo obtuvo el biol al 60 % (22.25 %); el porcentaje más alto para humedad fue el que no tuvo biol (91.53 %), en tanto encontró el porcentaje de fibra más elevado en el tratamiento con biol al 60 % (22.77 %),

para porcentaje de grasa encontró su mejor resultado en el tratamiento que no tuvo ningún biol (3.14 %), el mayor porcentaje para cenizas fue el del tratamiento que no tuvo biol (8.27 %); y un porcentaje de extracto libre de nitrógeno de (50.84 %) correspondiente a su tratamiento sin aplicación de biol.

Inga (2020) evaluó en su investigación “Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz, región Ancash”. Donde se utilizaron los siguientes tratamientos: quitosano (1,5 l/200 l), aminoácidos (0,5 l/200 l), ácidos húmicos (1,5 l/200 l), extracto de algas (0,5 l/200 l) y testigo.

El trabajo de investigación previamente mencionado tuvo las siguientes variables: altura de planta, siendo el mayor el del tratamiento de quitosano (21.57 cm); longitud de raíces, obteniendo el mayor dato del ácido húmico (5,23 cm); contenido de materia seca, siendo el mayor dato de algas marinas (10.64 %); cenizas, siendo mayor el resultado de aminoácidos (5.28 %); proteína total siendo las algas el que generó el mayor porcentaje (14.24 %); rendimiento de masa verde y rentabilidad. Los resultados mostraron que la aplicación foliar de varios bioestimulantes no afectó significativamente la altura de la planta, la longitud de la raíz, el contenido de materia seca, la ceniza y el rendimiento verde hidropónico.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Definición e importancia de la hidroponía

a) Definición

Resh (2001), señala que la hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. Las raíces reciben una solución nutritiva

equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta. Y pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.

b) Importancia

Valdivia (1997), menciona que, al producir alimentos verdes hidropónicos, puede satisfacer la demanda de productos verdes frescos durante todo el año. El forraje verde puede ser cultivado en un área muy pequeña en comparación con los campos utilizados para la alimentación animal. Los costos de pesticidas, técnicas de cultivo y mano de obra para cultivos al aire libre son mucho más altos que los de la producción de forraje hidropónico convencional.

El mismo autor menciona que las hojas de hierba hidropónica proporcionan todas las vitaminas libres y solubles, lo que las hace más fáciles de absorber, lo que no ocurre con los granos secos. Con el alimento verde hidropónico, no hay necesidad de vitaminas sintéticas y otros aditivos, ya que todas las vitaminas son libres y solubles. Por ejemplo, la vitamina E se absorbe por completo y circular libremente por toda la planta. La indigestión causada por cambios en la composición y la fuente del alimento para animales se puede evitar proporcionando vegetales hidropónicos en la dieta.

2.2.2. Ventajas de la producción de cebada germinada

La comida verde hidropónica tiene muchas ventajas, entre ellas el hecho de que es fácil y rápida de preparar (lista para comer en 14 días). Además, requiere muy poco espacio de producción y poca agua. 100 % de origen vegetal, ya que

tanto los grano como las raíces son comestibles y además contienen gran cantidad de nutrientes. Usado fresco, reduce el consumo de agua de la cabra y se puede convertir en gránulos cuando se seca; en ambas demostraciones, el PVD complementó la alimentación de las cabras, lo que podría mejorar la calidad de la producción de leche (Inia.cl, s/f).

2.2.3. Ahorro de agua por el cultivo

En los sistemas de producción de forraje verde hidropónico (FVH), las pérdidas de agua por evaporación, escorrentía e infiltración fueron mínimas en comparación con las condiciones de producción convencionales para especies forrajeras, con eficiencias que oscilaron entre 270 y 635 litros de agua por cabeza. kg de materia seca (Calvay, 2018). De manera alternativa, se requieren de 2 a 3 litros de agua para producir 1 kg de FVH, con un porcentaje de materia seca que oscila entre el 12 % y el 18 % según el tipo de alimento. Esto significa un gasto total de agua de 15 a 20 litros por kg de materia seca obtenido en 14 días (Calvay, 2018).

2.2.4. Características agronómicas de la cebada germinada

a) Porcentaje de germinación

Se establece a fin de saber la suficiencia del grano para generar una plántula normal, de igual forma se denomina emergencia y desarrollo de embrión, por el cual se genera el nacimiento de una plántula. El mencionado ensayo se puede realizar en placas Petri, cajas de pasta de zapatos o con el uso de papel periódico (FAO, 2001).

Las semillas deben tener una tasa de germinación de al menos el 75 % para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH. Usar semillas más baratas o de variedades desconocidas puede representar una

economía falsa y, como se mencionó anteriormente, descarrilar por completo el nuevo emprendimiento. Se deben utilizar semillas con una alta tasa de germinación. El productor de FVH debe tener presente que la tasa mínima de germinación de la semilla debe ser mayor o igual al 70 – 75 % en la medida de lo posible; y que las semillas a utilizar deben estar limpias y tratadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1 %. (Valdivia, 1997).

b) Tamaño de raíz

Tome una muestra representativa de cinco plantas FVH de cada tratamiento y recopile datos cada dos días desde el día cinco hasta la cosecha, teniendo cuidado de no alterar el tratamiento. Se mide la altura de las plantas tratadas desde la base del tallo hasta la parte superior de la raíz; el instrumento que se utiliza para leerlo es una regla milimétrica (Vladimir, 2015).

c) Altura de planta

En cuanto al método para establecer la altura, se evalúa el crecimiento de la planta entre los días 4, 8, 11 y 16 de la producción (Rebollar, 2010). A tal efecto se toma al azar una planta de la zona media de cada bandeja y se calcula a partir del inicio de la semilla hasta el extremo apical usando una cinta métrica, (Rivera *et al.*, 2010).

d) Rendimiento de materia verde

Para el pesaje de FVH se utilizaron básculas de lycra con una capacidad mínima de 5 g y una capacidad máxima de 1 kg. En bandejas con el método P, el pesaje se realiza directamente recogiendo el FVH, retirando primero el papel. Para M y MP, quitar

la cinta de la rejilla y proceder a pesar el FVH, restando el peso correspondiente, (Rivera *et al.*, 2010).

e) Rendimiento de materia seca

Para conocer el rendimiento de materia seca se empaco el material de plantación en bolsas separadas. Para los métodos de cultivo en bandeja, la malla MP y M se retira y se empaqueta herméticamente (Rivera *et al.*, 2010).

Las muestras fueron separadas por tratamiento y número, colocadas en bolsas selladas y debidamente identificadas antes de ser transportadas al laboratorio de análisis de muestras de CONCAVA (Concentrados Valera, C.A.) en Valera, Trujillo, Venezuela. Las pruebas de DM se realizaron a 60 °C durante 72 h en una estufa de aire forzado, (Rivera *et al.* 2010).

2.2.5. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico

a) La luz

La calidad de la luz se refiere a la longitud de onda del haz. Las plantas crecen mejor cuando la luz entrante contiene todo el espectro del sol, no solo una parte de él; la duración del día o el fotoperiodo afecta el desarrollo vegetativo. No debe haber demasiada luz solar, ya que esto puede causar quemaduras a las plantas, especialmente en las bandejas principales (FAO, 2001).

En ausencia de luz en la vaina de FVH, las células verdes de la hoja no pueden realizar la fotosíntesis y, por lo tanto, no producen materia verde. Por tanto, la radiación solar es la base del crecimiento de las

plantas y favorece la síntesis de compuestos (caso de las vitaminas), esto es importante para la alimentación de los animales (FAO, 2001). La presencia de luz durante la germinación de la semilla no es deseable al inicio del ciclo de producción de FVH, por lo que hasta el tercer o cuarto día después de la siembra por lo que las bandejas deben colocarse en un ambiente muy poco iluminado, pero deben regarse a tiempo para favorecer la aparición de nuevos brotes y el posterior desarrollo del sistema radicular (FAO, 2001). Así mismo es importante destacar que la radiación solar es fundamental para el crecimiento de las plantas y además estimula una variedad de actividades fisiológicas, (Moncayo 2022).

b) Temperatura

En cuanto a la temperatura, se reconoce que la mayoría de las plantas son más resistentes al calor. Las plantas expuestas a temperaturas extremas pueden ver afectado su rango de adaptación, así como la distribución de las especies, que deben caracterizarse por ser lo más constantes posible. De este modo, el exceso de temperatura puede propiciar la proliferación de hongos, mientras que las bajas temperaturas tienden a retardar dicho proceso, (Paredes et al. 2023). El rango de temperatura perfecto para la producción de FVH se encuentra continuamente entre 18 y 26 °C. El rango de temperatura óptimo para la germinación y subsiguiente desarrollo de la semilla en FVH es voluble (Valdivia, 1997). Por lo tanto, semillas de avena, cebada y el trigo precisan temperaturas frías para brotar. Estas se encuentran entre los 18 °C hasta los 21 °C, cada especie requiere una

temperatura óptima para la germinación, que es el problema de la humedad (Valdivia, 1997).

Respecto a caracteres productivos de FVH, la humedad relativa ambiental acostumbra estar próxima al 100 %; junto con un aumento en la temperatura mínima de germinación, la comprobación del drenaje es fundamental con el fin de evitar el exceso de humedad y enfermedades fúngicas. Las temperaturas adversas alteran los rangos de adaptación y la disposición de especies (Valdivia, 1997).

Los intervalos óptimos varían entre especies. La temperatura optima es igual a 20 °C, esta debe ser lo más constante posible; una temperatura demasiado alta iniciará el hongo, y una temperatura alta inhibirá el crecimiento, (Valdivia, 1997).

c) **Humedad**

El concepto de humedad ambiental es muy importante para garantizar unas condiciones de asimilación suficientes, ya que afecta directamente al rendimiento de la hoja. La humedad debe estar cerca del 100 % con el fin de garantizar el correcto desarrollo de las raíces (Martinez, 2005).

En un ambiente seco, la radícula de la plántula no puede crecer, dado que el cultivo de forrajes hidropónicos es un cultivo a raíz desnuda, es decir, no hay sustrato, se debe realizar en un ambiente con una humedad relativa alta superior al 85 %, y esta humedad se logra mediante la frecuencia de riego y la evaporación. Planta (Martinez, 2005).

Es importante prestar atención a las condiciones de humedad en la sala de producción, la humedad relativa del aire en la sala de producción no debe ser inferior al 0 %, valores de humedad superiores al 90 % y una mala ventilación pueden causar serios problemas fitosanitarios, principalmente por enfermedades fúngicas de difícil control y prevención, así como por el aumento de los costos de operación (Martinez, 2005).

La situación contraria (ventilación excesiva) conduce a un ambiente seco, deshidrata los cultivos y provoca una reducción significativa del rendimiento. Por lo tanto, la relación entre el porcentaje de humedad relativa y la temperatura óptima es una de las claves para la producción exitosa de FVH (Martinez, 2005).

d) Ventilación

La aireación de los cultivos hidropónicos es crucial, sobre todo si se plantan en lugares cerrados, debe haber una buena circulación de aire fresco (Bautista, 2000). Pero las corrientes de aire, los humos, los gases y el polvo son muy dañinos; cuando el entorno es muy seco, se humedecerá vertiendo agua en un recipiente o rociando las hojas. Demasiada humedad puede hacer que se desarrolle la enfermedad. Un viento moderado tiende a promover la circulación de la savia, promover la fertilización mediante el transporte del polen y restaurar el aire en el entorno de la planta, (Bautista, 2000).

e) Calidad de semilla

El éxito de FVH comienza con una buena selección de semillas, tanto en términos de calidad genética como fisiológica. Si bien todo se

reduce al precio y la disponibilidad, no se debe pasar por alto la calidad (Bautista, 2000).

La germinación de la semilla debe ser al menos del 75 % para evitar la pérdida de rendimiento de FVH; usar semillas más baratas o variedades desconocidas puede crear una economía falsa y, como se mencionó anteriormente, sacar del mercado a nuevos negocios. (Bautista, 2000).

Las semillas deben de ser sometidas a un proceso de remojo en una solución de hipoclorito sódico al 1 % durante 30 minutos, seguido de varios enjuagues con agua fría. Posteriormente, se recomienda dejar las semillas en remojo durante 24 horas, con dos cambios de agua durante este período, (Ramos *et al.* 2021).

2.2.6. Calidad del forraje

Según Chávez (1999), la hierba verde hidropónica se considera de muy alta calidad porque tiene niveles óptimos de energía, vitaminas y minerales.

Debido a su contenido en vitaminas E, C y A, afecta significativamente la fertilidad, producción y estado general de las vacas lecheras; también es una alternativa a las dificultades de alimentación que enfrentan los rumiantes en regiones áridas y semiáridas, promoviendo la conversión de sistemas ganaderos tradicionales a sistemas orgánicos y mejorando el valor nutricional del ganado, promoviendo así prácticas agrícolas sostenibles (Chávez, 1999).

2.2.7. Eficiencia de la producción

a) Eficiencia del espacio a utilizar

Según FAO (2001), los sistemas de producción FVH se pueden instalar de forma modular en una dimensión vertical, lo que facilita el uso del espacio útil.

La producción de materia verde hidropónico se debe realizar de forma escalonada a lo largo de 15 días. Se recomienda que el área de producción de FVH esté cubierta con malla rashell verde, que permite un 65 % de pase de luz. Además, en la entrada del invernadero o área de producción, se debe de instalar un pediluvio con cal para la desinfección del calzado, (Cardenas & Huanca 2023).

b) Eficiencia del tiempo productivo

El ciclo productivo de FVH óptimo para alimentación animal es de 10-12 días; en algunos casos, por política de gestión interna de las entidades, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, que es el tiempo óptimo determinado por varios estudios científicos, y no puede exceder los 12 días (FAO, 2001). Desde aproximadamente este día, el valor nutricional comienza a disminuir significativamente, (FAO, 2001).

Por otro lado, Ramírez (2021) indica que el tiempo estimado para la producción del cultivo hidropónico de cebada realizado en su experimento oscilará entre 10 y 15 días. Esta estimación se alinea con la literatura citada, la cual propone que el tiempo de producción típico es de 15 días.

c) **Eficiencia respecto al higiene y salubridad**

FVH es un alimento limpio e inocuo sin hongos e insectos. Garantiza el consumo de alimentos reconocidos por su valor nutritivo y calidad higiénica (Sánchez del Castillo, 1988).

Con FVH, los animales no están expuestos a plantas o pastos no deseados que bloquean o deterioran los procesos metabólicos y de absorción (Sánchez del Castillo, 1988). Como por ejemplo el hongo comúnmente conocido como “grano negro”, que se encuentra comúnmente en el centeno y que, al ser consumido por una hembra embarazada, puede provocar un aborto inmediato con trágicas consecuencias para el feto e incluso para la propia madre (Sánchez del Castillo, 1988).

De igual forma, en las vacas lecheras, estos animales suelen utilizar malezas que le dan a la leche un sabor indeseable para el consumidor final o no son aceptadas para su uso en la producción de queso, principalmente artesanal, (Sánchez del Castillo, 1988).

2.2.8. Costos de producción

La inversión requerida para producir FVH dependerá del nivel y la escala de producción; un análisis de los costos de producción de FVH que tenga en cuenta los riesgos de sequía, otros eventos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios de los insumos básicos (granos) convierte a FVH en una alternativa económicamente viable que vale la pena considerar para las pequeñas y medianas empresas (Sánchez del Castillo, 1988).

La principal ventaja de este sistema de producción es que tiene costos fijos muy bajos en comparación con los métodos tradicionales de producción de alimentos (Sánchez del Castillo, 1988).

Estudios recientes muestran que la rentabilidad de la producción de FVH es ampliamente aceptable como para aumentar la calidad de vida de los productores y sus familias, promoviendo así su desarrollo e integración social, logrando paulatinamente una recuperación patrimonial económicamente productiva, (Sánchez del Castillo, 1988).

2.2.9. La fertilización

Su aporte en total consta de 13 elementos minerales esenciales, macroelementos y microelementos. Según esta fórmula, para obtener la solución nutritiva o solución de riego final, ocupamos elaborar 2 soluciones concentradas llamadas solución A (compuesta por elementos minerales principales y macronutrientes) y solución B (compuesta por elementos minerales importantes y micronutrientes), (Hidalgo, 1985).

2.3. Definición de términos

- **Forraje verde hidropónico:** forraje vivo, materia verde vegetal producido en ausencia del suelo de alta digestibilidad, sanidad, calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello y muy apto para la alimentación animal, no solo de rumiantes, sino aún de monogástricos.
- **Materia verde foliar:** peso seco del follaje de un individuo, muestra o área de estudio determinado.

- **Bioinsumo:** son productos que se obtienen de materia orgánica cuyo contenido de microorganismos & micronutrientes se utiliza como fertilizante y solución nutritiva.
- **Germinación:** conjunto de fenómenos que se dan en una semilla, mediante los cuales ésta pasa a la vida activa para producir una planta semejante a aquella de la que proviene.
- **Hidroponía:** arte de cultivar plantas sin usar el suelo agrícola, donde los elementos nutritivos son entregados en una solución nutritiva.
- **Inocuidad del FVH:** producido de acuerdo a las indicaciones que serán presentadas en estado manual, representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos.
- **Rendimiento de forraje:** evaluación del peso final que el forraje alcanza menos el peso inicial de la semilla cultivada.
- **Selección de semilla:** los granos de cebada y vicia deben de estar en buen estado (ni rotos, ni maltratados) y particularmente no hayan sido tratados con pesticidas o productos tóxicos.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H₁: El comportamiento agronómico, calidad nutricional y costo de producción de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico, calidad nutricional y costo de producción de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico, calidad nutricional y costo de producción de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1 (HE1):

H_i: El comportamiento agronómico de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

Hipótesis específica 2 (HE2):

H_i: La calidad nutricional de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas en la calidad nutricional de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas en la calidad nutricional de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

Hipótesis específica 3 (HE3):

H_i: El costo de producción de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas en el costo de producción de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas en el costo de producción de la cebada germinada hidropónicamente, varía de acuerdo al tipo de bioinsumos usado en Oxapampa – Pasco.

2.5. Identificación de variables

La presente investigación tiene las siguientes variables de estudio:

2.5.1. Características agronómicas:

- a) Porcentaje de germinación (%)
- b) Altura de planta (cm)
- c) Tamaño de raíz (cm)
- d) Rendimiento de materia verde (kg/m²)
- e) Rendimiento de materia seca (kg/m²)

2.5.2. Calidad nutritiva.

- a) Porcentaje de proteína cruda (%):
- b) Porcentaje de fibra cruda (%):
- c) Porcentaje de grasa (%)
- d) Porcentaje de humedad (%).
- e) Porcentaje de ceniza (%).

f) Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (%).

2.5.3. Costo de producción (S/.)

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Sistema de variables e indicadores

En la tesis, la variable independiente “**tipo de bioinsumos**”.

De igual manera, la variable dependiente “**característica agronómica, calidad nutricional y costo de producción**”, a través de las siguientes medidas:

Porcentaje de germinación, tamaño de la raíz, altura de planta, rendimiento de materia verde, rendimiento en materia seca, porcentaje de proteína cruda, porcentaje de fibra cruda, costo de producción de materia verde.

2.6.2. Esquema del sistema de variables e indicadores

A continuación, se presentan las variables que intervienen en el problema general de investigación, así como los indicadores y factores que se usan para la medición de dichas variables:

Cuadro 1. Esquema de variables, indicadores y factores

Variables	Tipo de bioinsumos (X1)				Características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción (Y1)											
Sub variables	Tipo de fertilizantes (X11)				Características agronómicas (Y11)			Calidad nutricional (Y12)				Costo de producción (Y13)				
Indicadores o factores	Fertilizante con solución hidropónica comercial	Fertilizada con solución a base de gallinaza.	Fertilizada con solución a base de cuyaza.	Fertilizada con solución a base de vacaza.	Porcentaje de germinación	Tamaño de la raíz	Altura de la planta	Rendimiento de materia verde.	Rendimiento en materia seca	Porcentaje de proteína cruda	Porcentaje de fibra cruda	Porcentaje de grasa	Porcentaje de humedad	Porcentaje de ceniza	Porcentaje de extracto libre de nitrógeno	Costo de producción de materia verde.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, porque se realizó la evaluación del efecto de bioinsumos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de cebada germinada hidropónicamente en Oxapampa – Pasco.

3.1.1. Ubicación

El trabajo de tesis se realizó en los talleres académicos de animales menores de la escuela profesional de Zootecnia ubicado en la ciudad universitaria de la UNDAC distrito de Oxapampa concretamente en las coordenadas - 10.593831, -75.384756 (Google, s.f.).

Figura 1. Mapa de ubicación de los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia.

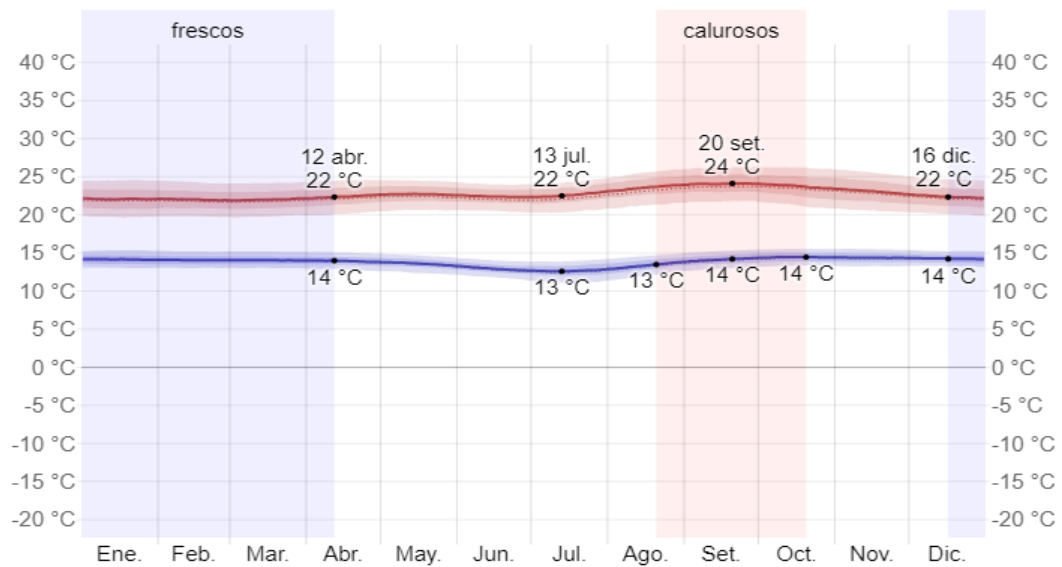


Nota: Recuperado de <https://earth.google.es> el 08 de enero de 2024.

3.1.2. Clima

Oxapampa cuenta con un clima variado, la temporada templada dura 2 meses, del 20 de agosto al 20 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 24 °C. El mes más cálido del año en Oxapampa es octubre, con una temperatura máxima promedio de 24 °C y mínima de 14 °C (Weatherspark, s.f.).

Figura 2. Gráfica del clima en los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia.



Nota: Recuperado de <https://www.weatherspark.com> el 08 de enero de 2024.

3.2. Nivel de investigación

La investigación es nivel explicativo, porque se evaluaron de manera puntual las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción comparativamente con diferentes tipos de bioinsumos con la intención de proporcionar datos detallados sobre estos.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Labores previas al experimento:

a) Acondicionamiento del área de trabajo.

Se realizó la adquisición de materiales de campo, atomizador de dos litros, manguera, plástico, desinfectante (hipoclorito de sodio al 1 %), colador, implementos de limpieza, balanza electrónica, malla semisombra, cámara fotográfica y termómetro.

Se realizaron 2 días antes al inicio del trabajo de investigación con la intención de disminuir los problemas sanitarios que perjudicarían al cultivo.

Las actividades para el acondicionamiento de carpa solar consistieron en un lavado y desinfección de bandejas y los estantes con hipoclorito de sodio al 2 %, se adquirieron bandejas.

Se acondicionaron las 24 bandejas con sunchos de plásticos dándole más resistencia a la base de la misma, la medida de cada bandeja es de 52 cm de largo y 29 cm de ancho, y una altura de 1.5 cm de alto.

Asimismo, se colocó la malla semisombra a una altura de 2,5 m y se instaló un termómetro a una altura de 1.3 m.

b) Compra y selección de semillas.

La semilla de cebada, se adquirió de la ciudad de Huancayo, previa prueba de germinación para probar su viabilidad. Las semillas se sometieron a un proceso arduo de selección para retirar impurezas como: semillas inviables, semillas partidas, basuras, piedras, semillas otras plantas, pajas.

c) Preparación de los bioinsumos.

Se preparó de la siguiente manera:

- Se recogió la cuyaza, vacaza y gallinaza que fueron obtenidas de granjas cercanas.
- Se usó un recipiente para cada tipo de bioinsumo a preparar los cuales fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 %.
- Se implementó el uso de 250 gr de cuyaza, vacaza y gallinaza por cada litro de agua fría (250 gr/litro de agua).

- Se usaron pantimedias como contenedores de los mencionados fertilizantes (2.5 kg por bioinsumo), estos funcionaron como aislantes de partículas demasiado grandes para los aspersores. Consecuentemente se remojaron estos contenedores en 10 lt. de agua y llevados a reposar por 24 h. Luego del reposo el contenido total generado fue pasado por un filtrado que permita separar las partículas que sean demasiado grande para que no dificulten la dispersión del líquido.
- Como procedimiento final se debe de embotellar el líquido resultante y conservarlo en un lugar fresco para luego usarlo como abono de la hidroponía a producir.

d) Desinfección y lavado de semillas.

Este procedimiento consistió en sumergir por dos horas las semillas en agua con hipoclorito de sodio al 1 % (10 ml de hipoclorito de sodio en litro de agua), el tiempo de desinfección es muy importante ya que no debe pasar demasiado tiempo porque afecta a la viabilidad del embrión, por último, se enjuagará las semillas 4 veces con abundante agua limpia con el fin de eliminar los restos del hipoclorito que hubieran quedado en las semillas.

e) Remojo, oreo y pre germinación de las semillas.

Se remojaron por un tiempo de 24 h. para activar el proceso de germinación y luego para el oreo se puso sobre sacos al sol para facilitar el oreo de 1 h.

3.3.2. Labores durante el experimento:

a) Siembra en las bandejas.

La siembra de semilla fue tratada en la superficie de las bandejas (700 gr de semilla por bandeja), una vez sembradas todas las bandejas fueron llevadas a los estantes recubiertos con plástico negro, con el objetivo de proporcionar un ambiente de semioscuridad para conservar la humedad y favorecer el proceso de germinación vigorosa.

Las semillas permanecieron en cámaras oscuras durante 3 días, donde el embrión rompió la cutícula de la semilla y emergió la raíz, luego se procedió con el retiro de las bandejas de la cámara de germinación, para su posterior desarrollo.

b) Riego de las bandejas

El periodo de riego inicio cuando las semillas entran para la germinación a la fase de cámara oscura con un riego leve de 0.5 lt. de agua por bandeja/día, esto por los 3 días que dura esta etapa. A partir del día 3 se aplicó los bioinsumos.

El concepto de riego es mantener húmedo el grano o la capa superior del sustrato para evitar zonas anegadas. Se regó 2 veces al día, por la mañana (9:30 am) y por la tarde (5:30 pm).

c) Cosecha.

La cosecha se realizó a los 16 días. El cuantificado (pesado) de materia verde se realizó por tratamiento para evaluar el rendimiento, altura de planta, largo de la raíz y luego se pasó a realizar un muestreo para evaluar el rendimiento de Forraje Seco Hidropónico (FSH).

3.3.3. Evaluaciones de las variables en estudio durante el experimento:

a) Porcentaje de germinación (%)

Se colocaron 600 semillas de cebada a germinar por cada bioinsumo (6 réplicas de 100 semillas), para luego contarlos la cantidad germinada y multiplicarlo por 100.

b) Altura de planta (cm)

Se midió la altura de 12 plantas aleatoriamente del FVH, de la base hasta el ápice, cada 2 días desde el inicio de la siembra hasta el día de la cosecha. El instrumento que se utilizó fue una regla de 30 cm, se registró el dato de altura por cada tratamiento y repetición.

c) Tamaño de la raíz (cm)

La medición de la longitud de la raíz se realizó al final del experimento utilizando una regla de 30 cm, para ello se tomaron al azar 12 plantas por cada unidad experimental, medición se realizó desde la parte vegetativa del cuello hasta la punta de la raíz.

d) Rendimiento de materia verde (kg/m²)

El rendimiento de la materia verde hidropónica se obtuvo al final de la cosecha a los 16 días; se pesó cada unidad experimental en Kg utilizando una balanza electrónica.

e) Rendimiento de materia seca (kg/m²)

El rendimiento de materia seca se obtuvo al final de la cosecha a los 16 días (secadas en estufa); se pesó cada muestra en kg utilizando una balanza electrónica calibrada, antes de introducirlas a la estufa, y de la misma forma se realizó el pesaje de las muestras al salir de la estufa

para determinar la diferencia de peso y así dar por el rendimiento de materia seca.

f) Análisis proximal para determinar porcentaje de proteína, fibra, grasa, ceniza, humedad y extracto libre de nitrógeno (%).

Al finalizar la cosecha se llevaron las muestras de materia verde hidropónico de cada tratamiento triturado y posteriormente enviado al laboratorio de nutrición animal y bromatología de alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, donde se realizó su análisis respectivo.

g) Costo de producción (S/).

Al finalizar la cosecha se estimaron los costos por cada tratamiento.

3.4. Diseño de investigación

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 6 repeticiones por cada tratamiento, siendo el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = u + B_i + (M/B)_{ij}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variables de estudio respuesta de la j -ésima muestra, correspondiente i -ésimo tipo de bioinsumos (Observación al azar).

u = Media general.

B_i = Efecto del i -ésimo tipo de bioinsumo.

E_j = Efecto de la j -ésima muestra.

$(M/B)_{ij}$ = Valor residual debido a la j -ésima muestra y al i -ésimo tipo de bioinsumos (error experimental).

Asimismo, se empleará la prueba de significación de Bonferroni (0.05 de error) para evaluar las diferentes variables en estudio.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo constituida por la producción de cebada nacional, la cual, según un sondeo productivo realizado en el año 2017, reportó una siembra que superó las 133,144 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1130 kg/ha (Rember *et al.* 2020).

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por todas las bandejas cultivadas de cebada hidropónica, que fueron 24, estas se instalaron en un ambiente de 4 x 2 metros; es decir 8m² ubicados en los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia ubicado en la ciudad universitaria de la UNDAC distrito de Oxapampa.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos fueron tomados en un cuaderno de campo (fichas de registro) en la zona de estudio, tal como se ha descrito en la metodología de trabajo.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de los instrumentos de investigación se realizó considerando el diseño y esquemas experimentales propuestos en este estudio, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. *Técnicas e instrumentos de investigación.*

Técnicas	Instrumentos
Evaluación de registros	Registro digital de datos de campo.

La validación y la confiabilidad se determinaron con referencia al valor del coeficiente de variabilidad (C.V.) y el coeficiente de determinación (r^2), analizados para cada variable según análisis de varianza.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en la zona de estudio fueron procesados en esta fase, para ello se empleó la hoja de cálculo Excel y el software INFOSTAT versión 2020I donde se calcularon parámetros estadísticos como: promedio, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, coeficiente de determinación y ANOVA “factorial”, con la finalidad de contrastar la hipótesis en estudio. Asimismo, a partir de los datos procesados se realizó su análisis e interpretación, discutidos de acuerdo a los parámetros establecidos, con la finalidad de llegar a las conclusiones y recomendaciones plasmadas en la presente investigación.

3.9. Tratamiento estadístico

Los tratamientos del estudio estuvieron constituidos por diferentes factores de estudio, que a continuación se detallan:

Factor Bioinsumos (tipo de bioinsumos)

- B_1 = Solución hidropónica comercial.
- B_2 = Solución a base de gallinaza.
- B_3 = Solución a base de cuyaza.
- B_4 = Solución a base de vacaza.

Muestras o repeticiones:

- 1 = Muestra 1
- 2 = Muestra 2
- 3 = Muestra 3
- 4 = Muestra 4
- 5 = Muestra 5
- 6 = Muestra 6

Cuadro 3. *Croquis del experimento.*

B₁	B₂	B₃	B₁
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El trabajo de investigación guarda una relación armoniosa con la naturaleza, siendo ético su procedimiento.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo.

4.1.1. Para características agronómicas:

a) Porcentaje de germinación

Se colocaron 600 semillas de cebada a germinar por cada bioinsumo durante el lapso de 3 días (72 horas), posteriormente se hizo un conteo de las semillas germinadas, realizando un promedio de germinado por bioinsumo y el resultado fue multiplicado por 100 para conseguir el porcentaje de germinación.

b) Tamaño de raíz

El tamaño de la raíz fue medido cada 2 días desde la siembra hasta la cosecha, esto para obtener la curva de crecimiento que generó cada bioinsumo. Se utilizó una regla de 30 cm como instrumento de medición.

c) Altura de planta

Se realizó a partir del cuarto día de haber realizado la siembra cuando ya se tenían brotes de la planta para medir. La frecuencia de la medición fue cada 2 días para conocer la curva de crecimiento de las plantas que se obtuvo por cada bioinsumo. Se utilizó una regla de 30 cm para la medición.

d) Rendimiento de materia verde

Para conocer el rendimiento de materia verde obtenido por cada bioinsumo se realizó el pesaje el día de la cosecha, para ello se utilizó una balanza electrónica y se procedió al pesaje de cada unidad experimental.

e) Rendimiento de materia seca

Se calculó al finalizar la fase de experimentación, es decir luego de la cosecha, para ello se llevaron muestras por 2 días en estufa a una temperatura de 60 °C. Posteriormente estas fueron pesadas para obtener el rendimiento de materia seca por bioinsumo.

4.1.2. Para calidad nutritiva:

Para determinar el porcentaje de proteína, porcentaje de fibra, porcentaje de grasa, porcentaje de humedad, porcentaje de ceniza y porcentaje de extracto libre de nitrógeno, las muestras materia verde hidropónica por cada unidad experimental y por cada tratamiento, fueron enviadas secas y molidas de a laboratorio para su análisis respectivo.

4.1.3. Para costo de producción

Al terminar la fase experimental se determinó el costo de producción de cada bioinsumo (tratamiento).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

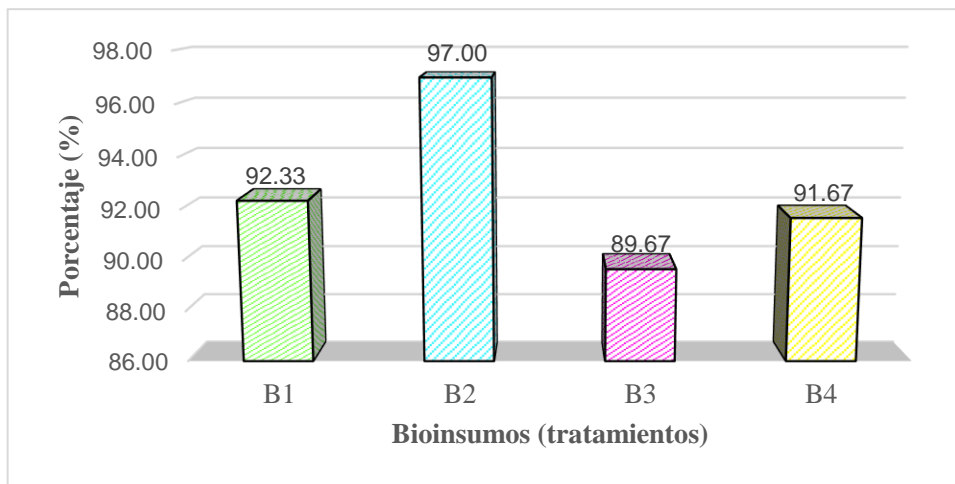
4.2.1. Para características agronómicas:

a) Porcentaje de germinación (%).

En el gráfico 1, se presenta el porcentaje de germinación, siendo mayor el B₂, seguido de B₁, B₄ y B₃ con valores de 97.00 ± 1.00 , 92.33 ± 5.77 , 89.67 ± 7.23 y 91.67 ± 9.07 %, respectivamente.

Las diferencias en los porcentajes de germinación entre los bioinsumos podrían deberse a diversos factores, como las condiciones de cultivo, el tratamiento de las semillas o posibles variaciones genéticas. Estos resultados sugieren que el B₂ podría haber experimentado condiciones más favorables para la germinación en comparación con los demás bioinsumos en el estudio.

Gráfico 1. *Porcentaje de germinación de los bioinsumos (%).*

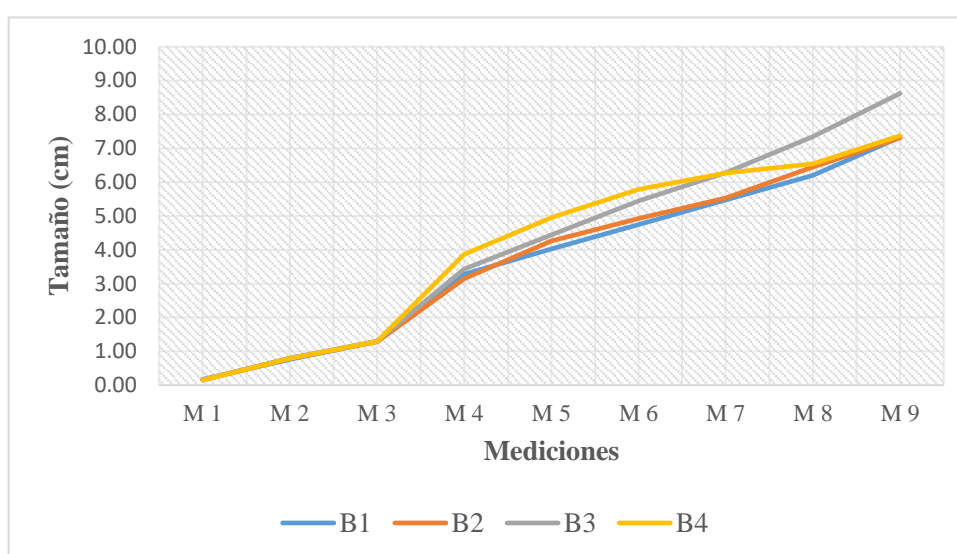


Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

b) Tamaño de raíz (cm).

Como se muestra en el gráfico 2, los bioinsumos que tuvieron mayor tamaño de raíz fueron B3, B4, B1 y B2 obteniendo medidas promedio de 8.62 ± 0.82 , 7.37 ± 0.85 , 7.33 ± 1.41 y 7.3 ± 1.04 cm, respectivamente. La curva de crecimiento revela, que el promedio más alto alcanzado se obtuvo del bioinsumo elaborado a base de cuyaza.

Gráfico 2. Curva de crecimiento de la planta por bioinsumo (cm).



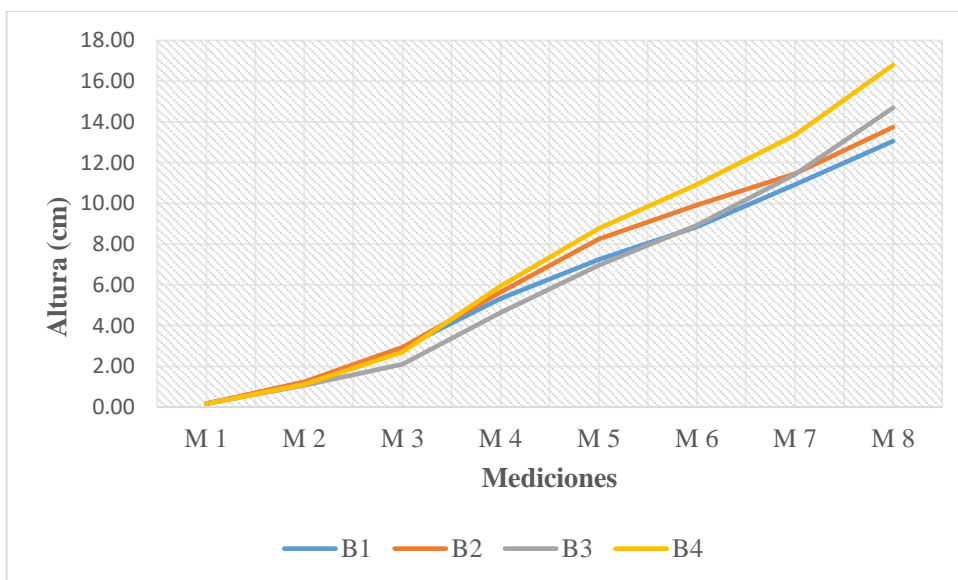
Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

Estos resultados podrían estar relacionados con los componentes y propiedades específicas de los bioinsumos. Es importante considerar que diferentes ingredientes utilizados en la elaboración de los bioinsumos podrían tener efectos variables en el crecimiento radicular de las plantas. Las diferencias en el tamaño de la raíz entre los tratamientos podrían atribuirse a la composición química y las características de estas, así como a cómo interactúan con el sistema radicular de las plantas. Principio del formulario

c) Altura de planta (cm).

En gráfico 3, podemos observar el crecimiento de las plantas del día 4 a los 16 días (con frecuencia de medida de 2 días), observándose el mayor promedio de altura las plantas del bioinsumo B4, seguido B3, B2 y B1, con 16.79 ± 1.95 , 14.69 ± 2.29 , 13.74 ± 1.38 y 13.06 ± 0.97 cm, respectivamente.

Gráfico 3. Curva de crecimiento de la planta por bioinsumo (cm).



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

La curva de crecimiento refleja la tendencia general de estos datos y muestra que las plantas a las que se les aplicó el bioinsumo a base de vacaza (B₄) exhibieron el promedio más alto de altura a lo largo del período de estudio. Esto sugiere que este bioinsumo en particular pudo haber estimulado un crecimiento vertical más pronunciado en comparación con los otros grupos.

La interpretación de estos resultados implica considerar la composición y los componentes específicos de los bioinsumos. El bioinsumo a base de vacaza podría haber proporcionado nutrientes, compuestos bioactivos u otras sustancias que promovieron el desarrollo y elongación de las células en la parte aérea de las plantas, resultando en un crecimiento más alto. No obstante, es importante recordar que el crecimiento de las plantas también puede estar influenciado por factores ambientales como la luz, la temperatura, la humedad y la genética de la planta.

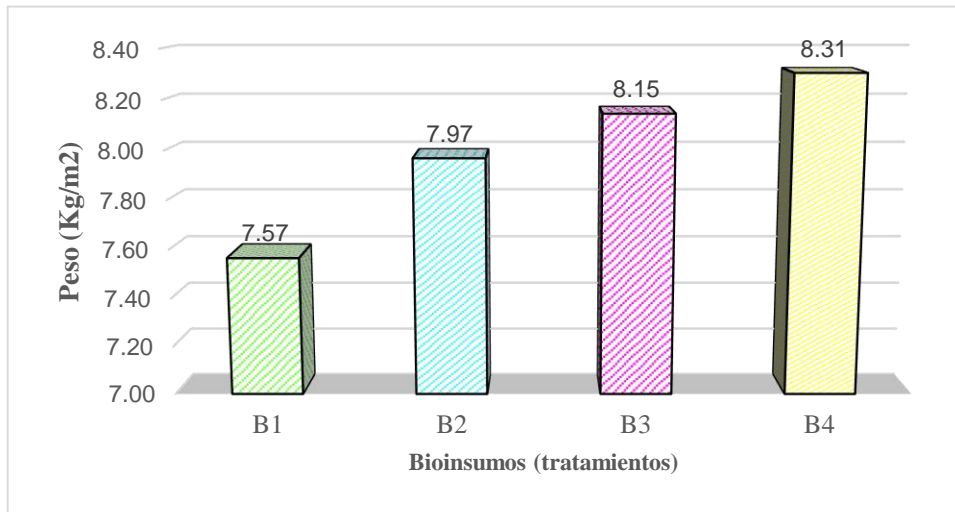
d) Rendimiento de materia verde (kg/m²).

Tal como se ilustra en el gráfico número 4, es evidente que el bioinsumo que demostró el mayor desempeño en términos de producción de materia verde fue el designado como B4. Le siguen en rendimiento los bioinsumos B3, B2 y B1, que lograron obtener pesos de 8.31 ± 0.11 , 8.15 ± 0.31 , 7.97 ± 0.23 y 7.57 ± 0.15 Kg/m², respectivamente. La representación gráfica de barras enfatiza que el bioinsumo derivado de vacaza exhibió los valores más destacados en cuanto al peso, mientras que la solución hidropónica comercial obtuvo los valores más bajos en comparación.

Este análisis sugiere que la elección del tipo de bioinsumo puede influir significativamente en la producción de materia verde. Los resultados indican que el bioinsumo B4, elaborado a partir de vacaza, es una opción más efectiva para lograr un mayor peso en la materia verde, mientras que la solución hidropónica comercial parece ser menos eficiente en este aspecto. Estos hallazgos podrían ser valiosos

para la toma de decisiones en prácticas agrícolas, permitiendo la selección de los bioinsumos más adecuados para optimizar la producción de forraje en base a sus respectivos rendimientos.

Gráfico 4. Rendimiento de materia verde por bioinsumo (kg/m²).



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

e) Rendimiento de materia seca (kg/m²).

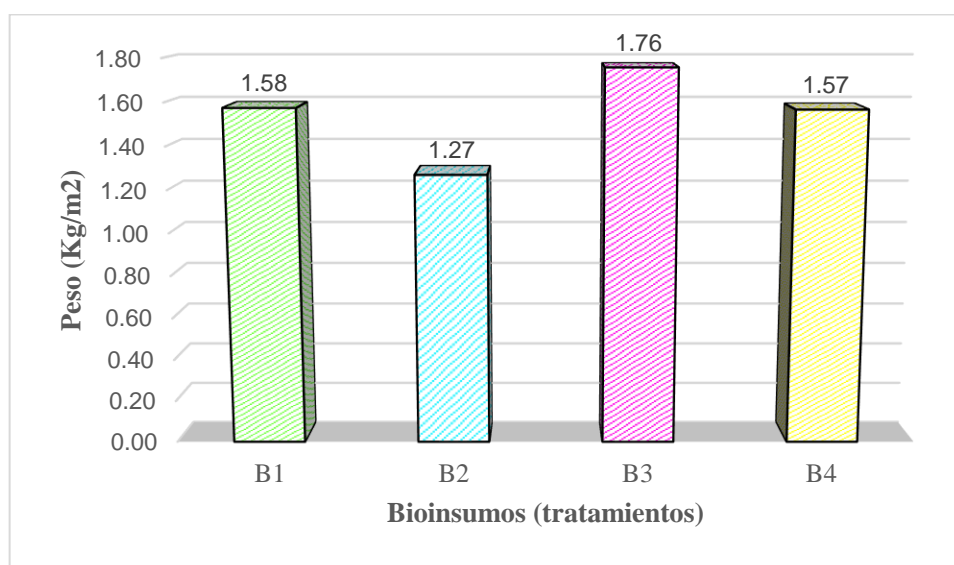
El gráfico 5 presenta la información relativa al rendimiento de materia seca de los distintos bioinsumos. Se observa que el bioinsumo que demostró el mejor desempeño en términos de producción de materia seca fue el B3, seguido por B1, B4 y B2, los cuales registraron valores de 1.76 ± 0.07 , 1.58 ± 0.03 , 1.57 ± 0.02 y 1.27 ± 0.04 kg/m², respectivamente. Al analizar el gráfico de barras, se aprecia claramente que el bioinsumo derivado de cuyaza alcanzó el valor más alto en términos de peso, mientras que el bioinsumo elaborado a partir de gallinaza obtuvo los valores más bajos en comparación.

Se resalta la variabilidad en el rendimiento de materia seca entre los distintos bioinsumos. Esta información puede ser valiosa para la toma

de decisiones en la selección y aplicación de bioinsumos en prácticas agrícolas, con el objetivo de maximizar la producción de forraje y la acumulación de materia seca.

Los promedios de porcentajes de materia seca obtenidos por cada tratamiento fueron los siguientes: B1 20.87 %; B2 15.93 %; B3 21.60 % y B4 18.89 % (véase anexo 7).

Gráfico 5. Rendimiento de materia seca por bioinsumo (kg/m²).



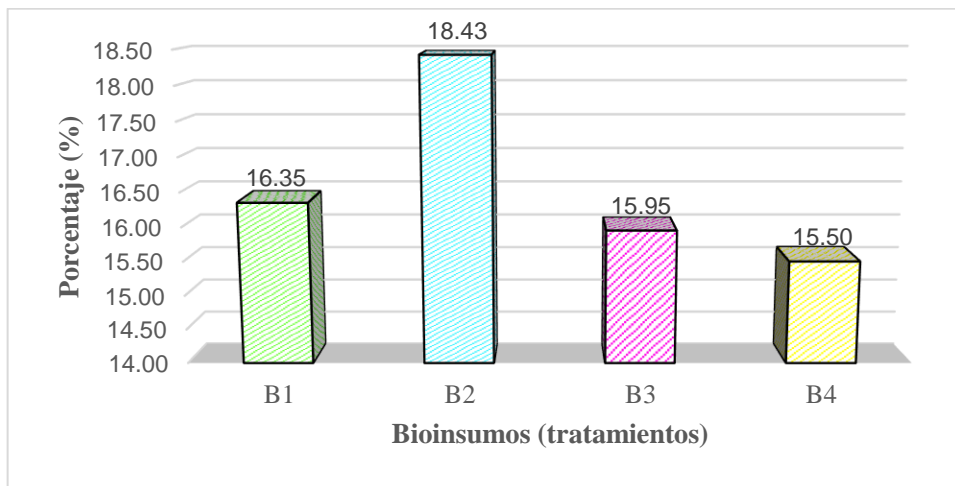
Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

4.2.2. Para calidad nutritiva:

a) Porcentaje de proteína (%).

Como se muestra en el gráfico 6, el que tuvo mayor porcentaje de proteína fueron plantas fertilizadas con bioinsumo B₂, seguido de B₁, B₃ y B₄; con valores de 18.43 ± 0.52 , 16.35 ± 0.48 , 15.95 ± 1.47 y 15.50 ± 0.43 %, respectivamente. Se observa que el bioinsumo elaborado a partir de gallinaza (B₂) obtuvo mayor proteína, y de menor valor fue el de vacaza (B₄).

Gráfico 6. -Porcentaje de proteína por bioinsumo (%).



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

Estos resultados sugieren que la gallinaza utilizada en la elaboración del bioinsumo B2 pudo haber aportado nutrientes ricos en proteínas que contribuyeron al aumento del contenido proteico en las plantas. La variabilidad en los porcentajes de proteína entre los bioinsumos podría deberse a las composiciones químicas específicas de los ingredientes utilizados y su influencia en la asimilación de nutrientes por parte de las plantas.

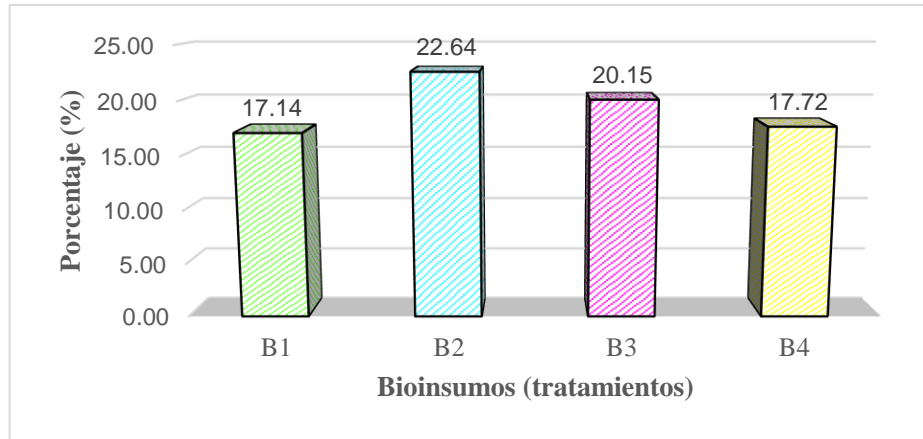
La diferencia más notable se observa entre el bioinsumo B2 y el B4, donde la gallinaza (B2) superó en contenido de proteína a la vacaza (B4). Esto puede deberse a que la gallinaza tiene un contenido naturalmente más alto de nutrientes, incluyendo proteínas, en comparación con la vacaza.

b) Porcentaje de fibra (%).

En el gráfico 7, se puede observar los que tuvieron mayor porcentaje de fibra fueron plantas fertilizadas con gallinaza (B2), seguido de B3, B4 y finalmente la solución hidropónica comercial (B1), con valores

de 22.64 ± 0.37 , 20.15 ± 1.28 , 17.72 ± 0.24 y $17.14 \pm 0.76\%$, respectivamente.

Gráfico 7. Porcentaje de fibra por bioinsumo (%).



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

La representación gráfica muestra claramente que el bioinsumo B₂, elaborado a partir de gallinaza, tuvo el contenido más alto de fibra entre los cuatro bioinsumos evaluados. Esto podría deberse a la naturaleza de la gallinaza como un subproducto rico en materia orgánica y fibra. Por otro lado, la solución hidropónica comercial (B₁) tuvo el contenido de fibra más bajo.

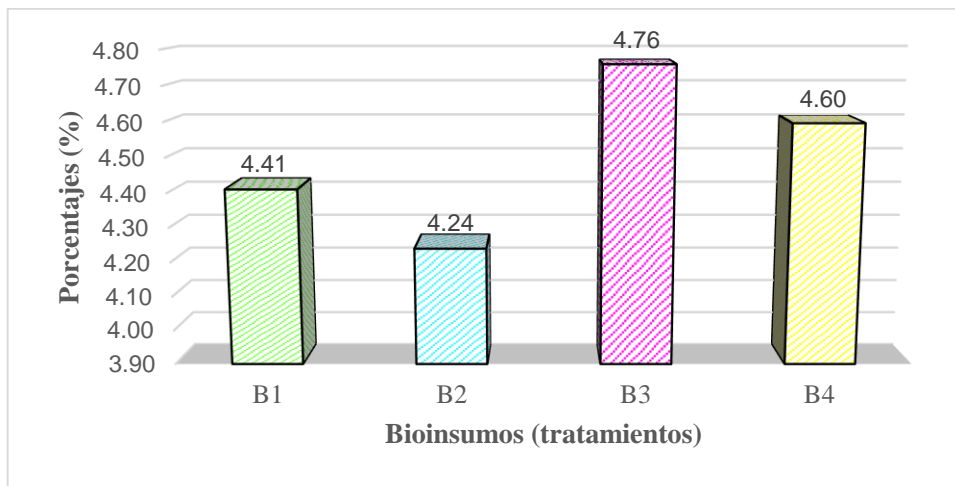
La tendencia de los resultados sugiere que los componentes de la gallinaza pueden haber contribuido a un mayor contenido de fibra en las plantas tratadas con B₂. Las propiedades de la gallinaza, como su alto contenido de materia orgánica, podrían haber influido en la acumulación de fibra en los tejidos vegetales.

c) Porcentaje de grasa (%).

El gráfico 8 ilustra las plantas que exhibieron los niveles más elevados de porcentaje de grasa. En este sentido, las plantas tratadas

con el bioinsumo derivado de cuyaza (B3) se destacaron al tener el porcentaje más alto, seguidas por las tratadas con (B4), (B1) y (B2). Estos bioinsumos lograron generar porcentajes de grasa de 4.76 ± 0.14 , 4.60 ± 0.04 , 4.41 ± 0.19 y 4.24 ± 0.51 %, respectivamente. Hacer análisis e interpretación.

Gráfico 8. *Porcentaje de grasa por bioinsumo (%).*



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

Las plantas tratadas con el bioinsumo (B4) le siguieron en términos de porcentaje de grasa, con un valor de 4.60 ± 0.04 %. Esto podría indicar que este bioinsumo también tuvo una influencia significativa en la acumulación de grasa en las plantas.

Por otro lado, las plantas tratadas con los bioinsumos (B1) y (B2) mostraron porcentajes de grasa de 4.41 ± 0.19 y 4.24 ± 0.51 %, respectivamente. Aunque estos valores son ligeramente más bajos en comparación con los otros bioinsumos, siguen indicando que estos tratamientos también contribuyeron a la acumulación de grasa en las plantas.

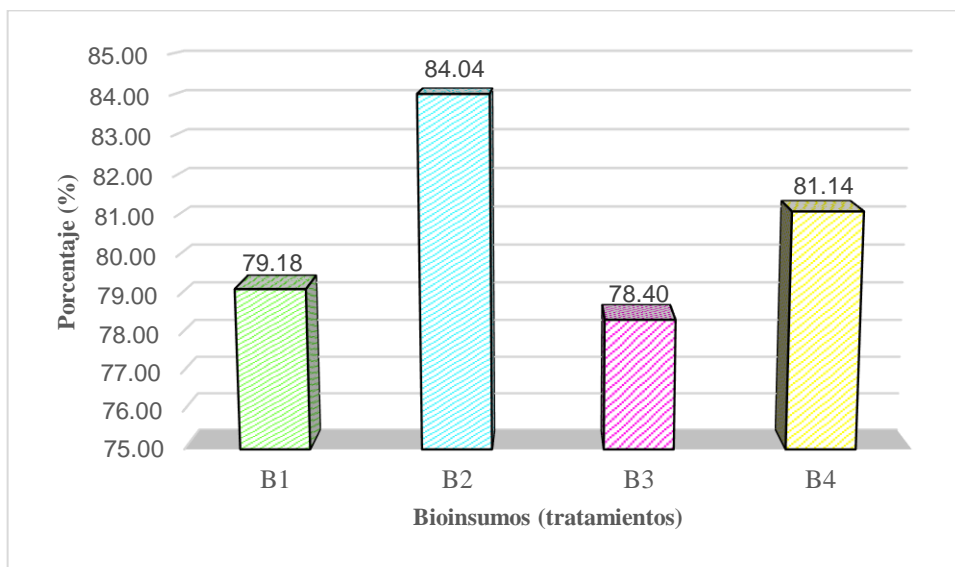
En general, la observación de mayores porcentajes de grasa en las plantas tratadas con bioinsumos (B3), (B4), (B1) y (B2) podría ser una indicación de que estos bioinsumos tuvieron un impacto en la biosíntesis o acumulación de compuestos lipídicos en las plantas.

Principio del formulario

d) Porcentaje de humedad (%).

El análisis del gráfico 9 revela las diferencias en los niveles de porcentaje de humedad entre las plantas tratadas con diferentes bioinsumos. Las plantas que recibieron la solución hidropónica comercial (B2) mostraron los mayores porcentajes de humedad, registrando un valor de 84.04 ± 0.04 %. Esto sugiere que este bioinsumo pudo haber tenido una influencia en la retención de agua en las plantas, posiblemente debido a sus componentes nutricionales o propiedades de absorción de agua.

Gráfico 9. *Porcentaje de humedad por bioinsumo (%).*



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

Las plantas tratadas con el bioinsumo (B4) le siguieron en términos de porcentaje de humedad, con un valor de 81.14 ± 0.03 %. Esta observación podría indicar que este bioinsumo también contribuyó a la retención de agua en las plantas, aunque con cierta variabilidad en los resultados.

Por otro lado, las plantas tratadas con los bioinsumos (B1) y (B3) mostraron porcentajes de humedad de 79.18 ± 0.04 % y 78.40 ± 0.02 %, respectivamente. Aunque estos valores son ligeramente más bajos en comparación con los otros bioinsumos, aún reflejan cierta capacidad de retención de agua en las plantas.

En general, la observación de diferentes niveles de porcentaje de humedad entre los bioinsumos podría ser indicativa de sus efectos en la capacidad de las plantas para retener agua. Esto puede ser relevante en términos de la resistencia de las plantas al estrés hídrico y su capacidad para sobrevivir en diferentes condiciones ambientales.

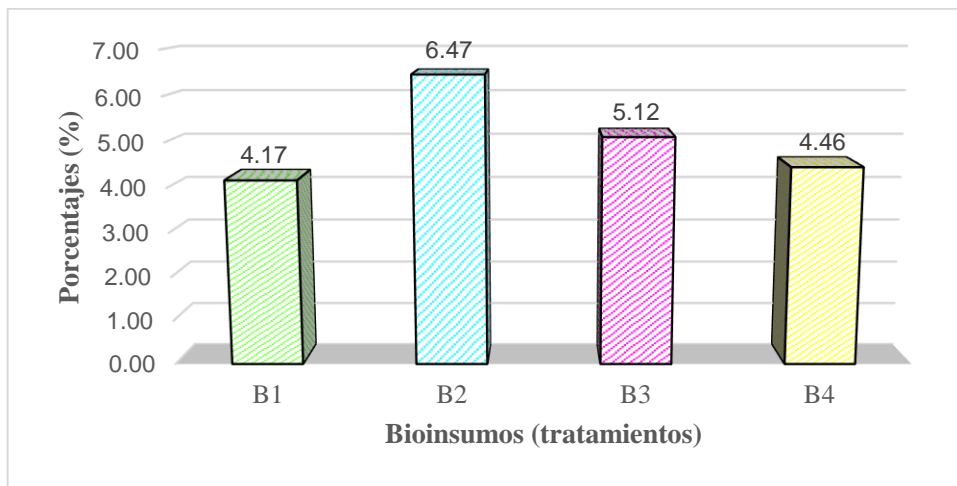
e) Porcentaje de ceniza (%).

La observación del gráfico 10 proporciona información sobre las diferencias en los niveles de porcentaje de ceniza entre las plantas tratadas con distintos bioinsumos. Las plantas que recibieron a base de gallinaza (B2) exhibieron los porcentajes más altos de ceniza, registrando un valor de 6.47 ± 0.55 %. Este resultado sugiere que este bioinsumo pudo haber contribuido a una mayor acumulación de minerales y elementos inorgánicos en las plantas.

Las plantas tratadas con (B3) le siguieron en términos de porcentaje de ceniza, con un valor de 5.12 ± 0.27 %. Esto también indica que

este bioinsumo tuvo un impacto en la acumulación de ceniza en las plantas, aunque con una diferencia menor en comparación con (B2). Las plantas tratadas con (B4) y (B1) presentaron porcentajes de ceniza de 4.46 ± 0.10 % y 4.17 ± 0.15 %, respectivamente. Aunque estos valores son más bajos que los de los otros bioinsumos.

Gráfico 10. Porcentaje de ceniza por bioinsumo (%).



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

f) Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (ELN) (%).

Como se muestra en el gráfico 11, las plantas que produjeron un porcentaje más alto de ELN fueron aquellas que se les aplicó el bioinsumo de vacaza (B4), seguidos de (B1), (B3) y (B2), que obtuvieron los siguientes porcentajes 44.41 ± 0.67 43.81 ± 2.29 , 40.75 ± 2.13 y 34.31 ± 0.73 %, respectivamente.

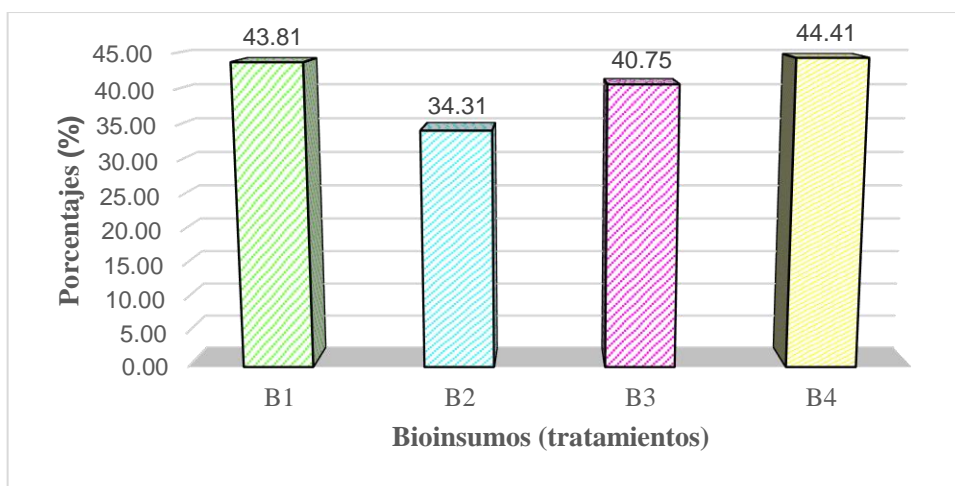
La observación del gráfico 11 brinda información importante sobre las variaciones en los niveles de porcentaje de extracto libre de nitrógeno (ELN) entre las plantas tratadas con distintos bioinsumos. Las plantas que fueron tratadas con el derivado de vacaza (B4)

mostraron los porcentajes más altos de ELN, registrando un valor de $44.41 \pm 0.67 \%$. Este resultado indica que este bioinsumo pudo haber tenido un efecto positivo en la acumulación de compuestos nitrogenados en las plantas, que son cruciales para diversas funciones metabólicas y de crecimiento.

Las plantas tratadas con el bioinsumo (B1) le siguieron en términos de porcentaje de ELN, con un valor de $43.81 \pm 2.29 \%$. Esto sugiere que este bioinsumo también tuvo un impacto significativo en la acumulación de ELN en las plantas, aunque con una ligera variabilidad en los resultados.

Las plantas tratadas con los bioinsumos (B3) y (B2) presentaron porcentajes de ELN de $40.75 \pm 2.13 \%$ y $34.31 \pm 0.73 \%$, respectivamente. Aunque estos valores son más bajos que los de los otros bioinsumos, aún indican una cierta presencia de compuestos nitrogenados en las plantas tratadas con estos bioinsumos.

Gráfico 11. Porcentaje de ELN por bioinsumo (%).



Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

La observación de diferencias en los niveles de ELN entre los bioinsumos sugiere que estos bioinsumos pueden haber influido en la acumulación de compuestos nitrogenados en las plantas. El ELN es una medida que evalúa la cantidad de compuestos solubles en agua que no son nitrógeno, como azúcares, almidones y otros carbohidratos. Estos compuestos son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que se utilizan en procesos metabólicos y de almacenamiento de energía.

4.2.3. Para costo de producción.

En el cuadro 4 se presentan los costos de producción asociados a la producción de cebada germinada hidropónicamente utilizando los diferentes bioinsumos investigados (B₂, B₃ y B₄). Se puede observar que la solución hidropónica comercial (B₁), empleada como fertilizante, implica una inversión significativamente mayor en comparación con los bioinsumos alternativos derivados de gallinaza, cuyaza y vacaza.

La solución hidropónica comercial, al ser utilizada como fertilizante, muestra una inversión considerablemente más elevada en comparación con los bioinsumos derivados de materiales orgánicos como la gallinaza, cuyaza y vacaza. Esta disparidad en los costos podría tener implicaciones significativas desde una perspectiva económica para los productores agrícolas y los sistemas de producción hidropónica en particular.

El hecho de que los bioinsumos derivados de desechos orgánicos como la gallinaza, cuyaza y vacaza ofrezcan una alternativa económicamente más viable para la producción de cebada germinada resalta la importancia de considerar no

solo los aspectos agronómicos, sino también los factores financieros al seleccionar los insumos en la agricultura.

Cuadro 4. *Costos de producción de FVH por bioinsumo.*

Bioinsumos	Costo de bioinsumo (S/.)	FVH producido (kg/m²)	Costo kg/m² (S/.)
B1	9.00	7.57	1.19
B2	6.00	7.97	0.75
B3	6.00	8.15	0.74
B4	6.00	8.31	0.72

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Para características agronómicas:

a) Porcentaje de germinación (%).

Realizado la prueba de hipótesis mediante análisis de variancia (ANAVA), no se observaron diferencias estadísticas entre los bioinsumos (tratamientos), obteniéndose un coeficiente de variabilidad de 6.71 % y un coeficiente de confiabilidad de $r^2 = 0.21$.

Tabla 1. Prueba de Bonferroni para porcentaje de germinación (%).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	99	97	80	88
	89	96	91	87
	89	98	98	100
Promedio (%)	92.33a	97.00a	89.67a	91.67a

C.V.= 6.71% S = 6.21

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Mediante la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$) del porcentaje de germinación se determinó que, los bioinsumos B₁, B₂, B₃ y B₄ son estadísticamente iguales por lo que se acepta la hipótesis nula (H₀) (Ver tabla 1).

En términos de germinación, no hay una preferencia clara por ningún bioinsumo en particular, ya que todos produjeron resultados similares en este aspecto. Es importante destacar que estos resultados pueden ser útiles para tomar decisiones informadas en cuanto a la elección de los bioinsumos, asegurando que no haya diferencias significativas en términos de germinación entre las opciones evaluadas.

b) Tamaño de raíz (cm).

Al realizar ANAVA, no se observaron diferencias estadísticas entre los bioinsumos (tratamientos), obteniendo un coeficiente de variabilidad de 14.86 % y un coeficiente de confiabilidad de $r^2 = 0.25$.

Realizada la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$) para tamaño de raíz, se determinó que los bioinsumos B1 7.33 ± 1.41 , B2 7.31 ± 1.04 , B3 8.62 ± 0.82 y B4 7.37 ± 0.85 cm son estadísticamente iguales por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) (Ver tabla 2). En consecuencia, se acepta la hipótesis nula (H_0), lo que implica que no hay diferencias estadísticas significativas en términos del tamaño de la raíz entre estos tratamientos.

Tabla 2. Prueba de Bonferroni para tamaño de raíz (cm).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	8.10	7.47	8.83	8.67
	7.70	7.93	8.57	7.40
	7.13	8.97	9.93	7.60
	6.00	6.20	7.37	6.63
	5.60	6.83	8.57	7.67
	9.43	6.43	8.47	6.27
Promedio (cm)	7.33a	7.31a	8.62a	7.37a

C.V.= 14.86%

S = 1.14

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

En el tamaño de la raíz, los distintos bioinsumos no influyeron significativamente en las diferencias observadas. Esto significa que los bioinsumos B1, B2, B3 y B4 generaron tamaños de raíz comparables entre sí, según los resultados de esta prueba.

c) Altura de planta (cm).

Al ANOVA, se pudo determinar que existen diferencias altamente significativas entre los diversos bioinsumos utilizados como tratamientos. Estos resultados se basan en un coeficiente de variabilidad del 15.33 % y un coeficiente de confiabilidad $r^2 = 0.47$. Aplicando la prueba de significación de Bonferroni con un valor $p > 0.05$ para evaluar la altura de la planta, se llegó a la conclusión de que las diferencias entre los bioinsumos son altamente significativas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0). En otras palabras, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los bioinsumos en términos de la altura de la planta.

Los datos específicos de los bioinsumos son los siguientes: B4 con 16.79 ± 1.95 cm demostró ser superior a B1 (13.06 ± 0.97 cm) y B2 (13.26 ± 1.38 cm); sin embargo, B3 (14.69 ± 2.29 cm), B1 y B2, fueron estadísticamente iguales en términos de altura.

Tabla 3. Prueba de Bonferroni para altura de planta (cm).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	14.47	14.07	11.90	17.70
	12.03	14.47	18.17	18.43
	11.87	11.23	13.50	18.97
	13.53	11.80	13.40	14.60
	13.30	13.73	16.50	14.37
	13.13	14.23	14.67	16.70
Promedio (cm)	13.06b	13.26b	14.69ab	16.79a

C.V.= 15.33% S = 2.21

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Estos resultados indican que los diferentes bioinsumos ejercieron un impacto significativo en la altura de las plantas. El bioinsumo B₄ mostró la altura más alta, mientras que B₁, B₂ y B₃ exhibieron alturas iguales estadísticamente. Estas diferencias podrían deberse a las composiciones específicas de los bioinsumos y cómo interactúan con el crecimiento vertical de las plantas.

d) Rendimiento de materia verde (kg/m²)

Al usar ANOVA para evaluar el rendimiento de materia verde, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los diversos bioinsumos (tratamientos). Este análisis proporcionó un coeficiente de variabilidad de 2.48 % y un coeficiente de

confiabilidad (r^2) de 0.67, respaldando la robustez de los resultados obtenidos.

Tabla 4. Prueba de Bonferroni para rendimiento de materia verde (kg/m^2).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	7.79	8.12	8.16	8.36
	7.33	8.19	7.96	8.36
	7.59	7.63	8.65	8.22
	7.56	8.16	7.73	8.39
	7.53	7.92	8.19	8.39
	7.59	7.79	8.19	8.12
Promedio (kg/m^2)	7.57b	7.97a	8.15a	8.31a

C.V.= 2.48% S = 0.20

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

La posterior aplicación de la prueba de significación de Bonferroni, con un nivel de significancia establecido ($p > 0.05$), para evaluar la altura de las plantas, reveló diferencias significativas entre los distintos bioinsumos. Como consecuencia, se rechazó la hipótesis nula (H_0). En particular, los resultados indican que los bioinsumos B₂, B₃ y B₄ demostraron una superioridad estadísticamente significativa en comparación con B₁ en términos de rendimiento de materia verde, registrando valores de 7.97 ± 0.23 , 8.15 ± 0.31 y 8.31

$\pm 0.11 \text{ kg/m}^2$, respectivamente. Además, se observó que B2, B3 y B4 mostraron similitudes estadísticas entre sí.

Este conjunto de observaciones sugiere que los bioinsumos B2, B3 y B4 han influido positivamente en el rendimiento de materia verde en comparación con B1. Es importante destacar que la elección del bioinsumo puede tener un impacto significativo en la cantidad de forraje producido, lo que a su vez puede influir en la productividad y el valor del cultivo en términos de alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas.

e) Rendimiento de materia seca (kg/m^2).

Al ANOVA para evaluar el rendimiento de materia seca, se identificaron diferencias significativas entre los diversos bioinsumos (tratamientos). Estos resultados se apoyan en un coeficiente de variabilidad de 2.50 % y un coeficiente de confiabilidad (r^2) de 0.95, lo que refuerza la solidez de las conclusiones obtenidas.

Tabla 5. Prueba de Bonferroni para rendimiento de materia seca (kg/m²).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
	1.62	1.30	1.76	1.58
	1.53	1.31	1.72	1.58
Repeticiones	1.58	1.22	1.87	1.55
	1.57	1.30	1.67	1.58
	1.57	1.26	1.77	1.58
	1.58	1.24	1.77	1.53
Promedio (kg/m²)	1.58b	1.27c	1.76a	1.57b

C.V.= 2.50% S = 0.04

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Realizado la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$), se evidenciaron diferencias altamente significativas entre los distintos bioinsumos. Consecuentemente, la hipótesis nula (H₀) fue rechazada. En detalle, los resultados demuestran que el bioinsumo B₃ presentó un rendimiento de materia seca significativamente superior a B₁, B₂ y B₄, con valores de 1.76 ± 0.07 , 1.58 ± 0.03 , 1.27 ± 0.04 y 1.57 ± 0.02 kg/m², respectivamente. Además, se observó que B₁ y B₄ compartieron similitudes estadísticas entre sí.

Estos resultados indican que el bioinsumo B₃ ha tenido un impacto positivo y significativo en el rendimiento de materia seca en comparación con los demás tratamientos. Este descubrimiento resalta

la relevancia de la elección de bioinsumos en la producción de materia seca y, por ende, su influencia en la productividad agrícola.

4.3.2. Para calidad nutritiva:

a) Porcentaje de proteína (%).

Tras llevar a cabo el ANOVA para evaluar el porcentaje de proteína, se pudo constatar que existen diferencias significativas entre los distintos bioinsumos utilizados como tratamientos. Los resultados de este análisis arrojaron un coeficiente de variabilidad del 4.39 % y un coeficiente de confiabilidad $r^2 = 0.67$.

Tabla 6. Prueba de Bonferroni para porcentaje de proteína (%).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	16.7	19.09	14.58	16.08
	16.8	19.08	14.54	16.04
	15.76	18.01	15.55	15.29
	15.72	17.99	15.51	15.25
	16.59	18.22	17.79	15.16
	16.55	18.18	17.75	15.2
Promedio (%)	16.35b	18.43a	15.95b	15.50b

C.V.= 4.39% S = 0.73

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Al realizar la prueba de Bonferroni ($p > 0.05$), se llegó a la conclusión de que las diferencias entre los bioinsumos son significativas. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H₀). En otras palabras, se

encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al contenido de proteína entre los diferentes bioinsumos (ver tabla 6).

En términos específicos, el bioinsumo B2 con un contenido de proteína de 18.43 ± 0.52 % resultó superior a B1 (16.35 ± 0.48), B3 (15.95 ± 1.47) y B4 (15.50 ± 0.43 %). Además, se determinó que B1, B3 y B4 son estadísticamente iguales en términos del contenido de proteína.

Estos resultados indican que los distintos bioinsumos influyeron de manera significativa en el contenido de proteína de las plantas. El bioinsumo B2 presentó el contenido de proteína más alto, mientras que B1, B3 y B4 exhibieron contenidos de proteína más bajos en comparación con B2. Estas diferencias pueden atribuirse a las composiciones específicas de los bioinsumos y cómo interactúan con el metabolismo de las plantas.

b) Porcentaje de fibra (%).

Tras realizar el ANOVA para examinar el porcentaje de fibra, se observó que existen diferencias altamente significativas entre los diversos bioinsumos utilizados como tratamientos. Los resultados de este análisis arrojaron un coeficiente de variabilidad del 3.42 % y un coeficiente de confiabilidad $r^2 = 0.89$.

Tabla 7. Prueba de Bonferroni para porcentaje de fibra (%).

Bioinsumos	B₁	B₂	B₃	B₄
(tratamientos)				
Repeticiones	17.86	23.13	18.56	17.99
	17.82	23.09	18.52	17.95
	16.21	22.40	21.30	17.76
	16.17	22.36	21.26	17.72
	17.42	22.44	20.65	17.46
	17.38	22.40	20.61	17.42
Promedio (%)	17.14c	22.64a	20.15b	17.72c

C.V.= 3.42% S = 0.66

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Al aplicar la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$), se llegó a la conclusión de que las diferencias entre los bioinsumos son significativas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H₀); es decir se encontraron diferencias estadísticamente significativas en términos del contenido de fibra entre los distintos bioinsumos (ver tabla 7).

En términos específicos, el bioinsumo B₂ (22.64 ± 0.37 %) demostró ser superior a B₁ (17.14 ± 0.76), B₃ (20.15 ± 1.28) y B₄ (17.72 ± 0.24 %). Además, se determinó que B₃ fue superior a B₁ y B₄, y que estos últimos son estadísticamente iguales en términos de contenido de fibra.

Estos resultados indican que los diferentes bioinsumos influyeron de manera significativa en el contenido de fibra de las plantas. El

bioinsumo B2 presentó el contenido de fibra más alto, mientras que B1, B3 y B4 exhibieron contenidos de fibra más bajos en comparación con B2. Estas diferencias pueden atribuirse a las composiciones específicas de los bioinsumos y cómo interactúan con los procesos metabólicos de las plantas.

c) Porcentaje de grasa (%).

Realizado el ANAVA para porcentaje de grasa, no se observaron diferencias estadísticas entre los bioinsumo (tratamientos), obteniendo un coeficiente de variabilidad 4.86 % y un coeficiente de confiabilidad de $r^2 = 0.27$.

Tabla 8. Prueba de Bonferroni para porcentaje de grasa (%).

Bioinsumo	B₁	B₂	B₃	B₄
(tratamientos)				
Repeticiones	4.65	4.05	4.82	4.64
	4.61	4.01	4.78	4.60
	4.42	4.90	4.91	4.63
	4.38	4.86	4.87	4.59
	4.22	3.83	4.61	4.58
	4.18	3.79	4.57	4.54
Promedio (%)	4.41a	4.24a	4.76a	4.60a

C.V.= 4.86% S = 0.22

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Al llevar a cabo la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$) para evaluar el porcentaje de grasa, se llegó a la conclusión de que no

existen diferencias estadísticamente significativas entre los bioinsumos. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H0). En otras palabras, se determinó que los bioinsumos B1 (4.41 ± 0.19), B2 (4.24 ± 0.51), B3 (4.76 ± 0.14) y B4 (4.60 ± 0.04 %) son estadísticamente iguales en términos de contenido de grasa (Ver tabla 8).

Estos resultados indican que, en lo que respecta al porcentaje de grasa, los distintos bioinsumos no influyeron significativamente en las diferencias observadas. Esto sugiere que la composición de grasa en las plantas no fue afectada de manera significativa por los diferentes bioinsumos utilizados como tratamientos.

d) Porcentaje de humedad (%).

Al realizar el ANAVA para porcentaje de humedad, no se observaron diferencias significativas entre los bioinsumo (tratamientos), obteniendo un coeficiente de variabilidad 0.04 % y un coeficiente de confiabilidad de $r^2 = 1.00$.

Tabla 9. Prueba de Bonferroni para porcentaje de humedad (%).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	79.20	83.99	78.43	81.10
	79.13	84.00	78.39	81.10
	79.18	84.01	78.38	81.14
	79.23	84.07	78.40	81.17
	79.15	84.09	78.39	81.17
	79.18	84.08	78.39	81.16
Promedio (%)	79.18c	84.04a	78.40d	81.14b

C.V.= 0.04% S = 0.03

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Aplicando la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$), se llegó a la conclusión de que existen diferencias estadísticas significativas entre los bioinsumos. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H₀), determinándose que el bioinsumo B₂ con un porcentaje de humedad de (84.04 ± 0.04) resultó superior a B₁ (79.18 ± 0.04) , B₃ (78.40 ± 0.02) y B₄ $(81.14 \pm 0.03 \%)$. Además, se constató que B₄ fue superior a B₁ y B₃, y finalmente B₁ fue superior a B₃ en lo que a porcentaje de humedad respecta.

Estos resultados indican que, los diferentes bioinsumos influyeron significativamente en las diferencias en los porcentajes de humedad de la materia verde producida. Estas diferencias pueden atribuirse a la composición de cada bioinsumo, los cuales influyen directamente

en relación del porcentaje de humedad producido. Esta información es muy importante para determinar una correcta elección del bioinsumo a utilizar como fertilizante.

e) Porcentaje de ceniza (%).

Al ANOVA para porcentaje de ceniza, se observó que existen diferencias altamente significativas entre los bioinsumo (tratamientos), obteniendo un coeficiente de variabilidad 2.48 % y un coeficiente de confiabilidad de $r^2 = 0.91$.

Tabla 10. Prueba de Bonferroni para porcentaje de ceniza (%).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	4.28	6.86	4.79	4.56
	4.24	6.82	4.75	4.52
	3.99	6.81	5.34	4.35
	3.95	6.77	5.30	4.31
	4.29	5.60	5.28	4.52
	4.25	5.96	5.24	4.48
Promedio (%)	4.17c	6.47a	5.12b	4.46c

C.V.= 5.31% S = 0.27

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

Realizado la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$), se llegó a la conclusión de que las diferencias entre los bioinsumos son altamente significativas. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0), determinándose que el bioinsumo B₂ con un porcentaje de ceniza

de (6.47 ± 0.55) resultó superior a B₁ (4.17 ± 0.15), B₃ (5.12 ± 0.27) y B₄ (4.46 ± 0.10 %). Además, se constató que B₃ fue superior a B₁ y B₄, mientras que estos últimos son estadísticamente iguales en términos del contenido de ceniza.

Estos resultados indican que los diferentes bioinsumos tuvieron un impacto altamente significativo en el contenido de ceniza de las plantas. El bioinsumo B₂ exhibió el contenido de ceniza más alto, mientras que B₁, B₃ y B₄ presentaron contenidos de ceniza más bajos en comparación con B₂. Estas diferencias pueden atribuirse a las composiciones específicas de los bioinsumos y cómo interactúan con los componentes minerales de las plantas.

f) Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (ELN) (%).

Tras llevar a cabo el ANOVA para evaluar el contenido de ELN, se pudo constatar que existen diferencias altamente significativas entre los distintos bioinsumos utilizados como tratamientos. Los resultados de este análisis arrojaron un coeficiente de variabilidad del 3.57 % y un coeficiente de confiabilidad $r^2 = 0.87$.

Tabla 11. Prueba de Bonferroni para porcentaje de ELN (%).

Bioinsumos (tratamientos)	B₁	B₂	B₃	B₄
Repeticiones	41.18	34.30	43.94	43.68
	41.14	34.26	43.30	43.64
	46.29	35.16	40.35	44.43
	46.25	35.12	40.31	44.39
	44.03	33.53	38.63	45.18
	43.99	33.49	38.59	45.14
Promedio (%)	43.81ab	33.31c	40.75b	44.41a

C.V.= 3.57% S = 1.46

Nota: B₁ = Solución hidropónica comercial, B₂ = Solución a base de gallinaza, B₃ = Solución a base de cuyaza, B₄ = Solución a base de vacaza, C.V. = coeficiente de variabilidad, S = Desviación total.

A la prueba de significación de Bonferroni ($p > 0.05$) para evaluar el contenido de ELN, se llegó a la conclusión de que las diferencias entre los bioinsumos son altamente significativas. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H₀). Es decir, se determinó que el bioinsumo B₄ con un contenido de ELN (44.41 ± 0.67) resultó superior a B₁ (43.81 ± 2.29), B₂ (34.31 ± 0.73) y B₃ (40.75 ± 2.13 %). Además, se constató que B₁ fue superior a B₂ y B₃, y que B₃ fue superior a B₂ en términos del contenido de ELN.

Estos resultados indican que los distintos bioinsumos tuvieron un impacto altamente significativo en el contenido de ELN de las plantas. El bioinsumo B₄ presentó el contenido de ELN más alto, mientras que B₂ exhibió el contenido de ELN más bajo en comparación con los otros

bioinsumos. Estas diferencias pueden atribuirse a las composiciones específicas de los bioinsumos y cómo interactúan con los componentes no nitrogenados en las plantas.

4.4. Discusión de resultados

a) Porcentaje de germinación (%).

Se observó que no se presentaron diferencias estadísticas entre los distintos bioinsumos, lo que sugiere una uniformidad en la variabilidad. Esto sugiere que los diferentes tratamientos a base de bioinsumos tuvieron un impacto similar en la germinación de las semillas y que la variabilidad en los resultados no fue influenciada por el tipo de bioinsumo utilizado.

Es interesante notar que el mayor porcentaje de germinación se observó en el tratamiento B2, que utilizó un bioinsumo a base de gallinaza. Este tratamiento alcanzó un 97.00 % de germinación, lo cual es un resultado muy alentador y sugiere que este bioinsumo en particular puede tener un efecto positivo en la germinación de las semillas. Comparando este resultado con estudios anteriores, se puede observar que superó las cifras reportadas por Gómez (2018), quien obtuvo un promedio de germinación del 81.33 %. Esto indica que el tratamiento B2 tuvo un rendimiento significativamente mejor en términos de germinación.

Además, el resultado del tratamiento B2 también superó al porcentaje de germinación registrado por Vladimir (2015), cuyo promedio fue del 90 %. Esto refuerza la idea de que el bioinsumo a base de gallinaza utilizado en el tratamiento B2 podría ser especialmente efectivo para promover la germinación de las semillas en comparación con otros bioinsumos o métodos.

b) Tamaño de raíz (cm).

En relación al tamaño de las raíces, los hallazgos del estudio revelaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los diversos bioinsumos empleados. Esto sugiere que los diferentes productos biológicos evaluados no generaron variaciones significativas en el crecimiento de las raíces.

Entre los bioinsumos estudiados, se observó que el B3, que se elaboró a partir de cuyaza, registró la longitud de raíz más extensa, alcanzando los 8.62 cm. No obstante, es importante señalar que este valor resultó ser inferior en comparación con el promedio obtenido por Vladimir en su investigación realizada en 2015. En aquel estudio, se logró una medida promedio de 12.12 cm en términos de longitud de raíz en los tratamientos evaluados.

Estos resultados sugieren que, aunque el B3 demostró un efecto positivo en el crecimiento de las raíces en relación con los otros bioinsumos, su impacto no fue tan pronunciado como el obtenido en el estudio anterior de Vladimir. Las razones detrás de estas diferencias podrían ser diversas, incluyendo diferencias en las condiciones de cultivo, la composición de los bioinsumos o los métodos de aplicación utilizados en los estudios.

En consecuencia, estos hallazgos resaltan la importancia de considerar una gama de factores que podrían influir en los resultados experimentales en el ámbito agrícola. Además, subrayan la necesidad de llevar a cabo más investigaciones para comprender mejor las variaciones observadas y determinar cómo los bioinsumos pueden ser optimizados para mejorar el crecimiento de las raíces en distintas circunstancias. Principio del formulario

c) Altura de planta (cm).

Se resalta que vacaza (B₄) demostró ser el más eficaz en términos de generar una altura promedio significativamente mayor en las plantas. Sin embargo, es importante destacar que tanto los bioinsumos B₃ (14.69 cm) como el B₄ (16.79 cm) superaron en altura a los valores reportados por Toaquiza en 2021. En ese estudio, se emplearon diferentes concentraciones de dos tipos de bioinsumos, y el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento (T₂) que utilizaba bioinsumos a base de estiércol al 4 % de concentración.

A pesar de estos resultados favorables, es relevante señalar que los datos obtenidos en nuestro estudio quedaron por debajo de los alcanzados por Gómez en 2018. En su investigación, Gómez logró alturas promedio de 27.13 cm al utilizar un tratamiento de biol elaborado a partir de estiércol bovino.

Este contraste en los resultados puede deberse a una serie de factores, como las diferencias en la composición de los bioinsumos, las concentraciones utilizadas, las especies de plantas involucradas, las condiciones de crecimiento y los métodos de aplicación. Específicamente, el bioinsumo B₄ se destacó en nuestro estudio, lo que podría indicar su potencial en la promoción del crecimiento de las plantas en comparación con otros tratamientos, incluido el T₂ de Toaquiza en 2021.

d) Rendimiento de materia verde (kg/m²).

Los resultados del estudio indicaron que los bioinsumos B₂, B₃ y B₄ mostraron un desempeño destacado en términos de producción de materia verde. Sin embargo, es relevante resaltar que estos valores fueron menores en comparación con los obtenidos por Toaquiza en 2021. En su investigación, Toaquiza logró alcanzar valores más elevados en su tratamiento T₂, que

consistía en un bioinsumo a base de estiércol con una concentración del 4 %. En ese caso, logró una ganancia promedio de materia verde de 2231.77 gramos.

A pesar del rendimiento satisfactorio demostrado por los bioinsumos B2, B3 y B4 en términos de producción de materia verde en el estudio actual, es importante reconocer que estos resultados quedaron por debajo de los valores logrados por Toaquiza en su investigación. La diferencia entre los resultados podría estar influenciada por diversos factores, como las variaciones en la composición de los bioinsumos, las concentraciones utilizadas, las especies vegetales involucradas, las condiciones de crecimiento y los métodos de evaluación.

Si bien los bioinsumos B2, B3 y B4 demostraron ser eficaces en la mejora de la producción de materia verde, este estudio sugiere que la formulación específica y las condiciones de aplicación empleadas por Toaquiza lograron un nivel de rendimiento aún mayor en términos de materia verde. Estos hallazgos destacan la importancia de entender y optimizar varios aspectos de la aplicación de bioinsumos para maximizar su efectividad en la agricultura y la producción de forraje.

e) Rendimiento de materia seca (kg/m²).

Nuestro estudio reveló diferencias estadísticamente significativas entre los diversos bioinsumos evaluados en términos de rendimiento de materia seca. Los resultados obtenidos mostraron que los bioinsumos B1, B2, B3 y B4 alcanzaron valores de 237.58 gr, 191.58 gr, 265.14 gr y 236.45 gr, respectivamente. Entre estos, los bioinsumos B1, B3 y B4 demostraron los promedios más altos en cuanto al rendimiento de materia seca.

No obstante, es esencial resaltar que estos valores se encuentran por debajo de los resultados reportados por Toaquiza en 2021. En su estudio, Toaquiza logró obtener un rendimiento de materia seca de 302.06 gr en su tratamiento T2, en el cual empleó un bioinsumo a base de estiércol con una concentración del 4 %.

A pesar de que los bioinsumos B1, B3 y B4 mostraron un buen desempeño en cuanto al rendimiento de materia seca en nuestra investigación, es evidente que estos resultados son inferiores a los alcanzados por Toaquiza en su estudio. La discrepancia entre los resultados puede deberse a diversas razones, como las diferencias en la composición de los bioinsumos, las concentraciones utilizadas, las especies vegetales involucradas, las condiciones de crecimiento y los métodos de evaluación.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar una variedad de factores que pueden influir en el rendimiento de materia seca al utilizar diferentes tipos de bioinsumos. Aunque los resultados obtenidos en nuestro estudio sugieren un impacto positivo de los bioinsumos B1, B3 y B4 en la producción de materia seca, la investigación de Toaquiza muestra que ajustes específicos en la formulación y aplicación de bioinsumos pueden llevar a un rendimiento aún mayor en términos de materia seca. Esta comparación subraya la necesidad de seguir investigando y optimizando los enfoques de uso de bioinsumos para maximizar su efectividad en la agricultura y la producción de materia seca.

4.4.1. Para calidad nutritiva:

a) Porcentaje de proteína (%).

Nuestra investigación resaltó diferencias estadísticamente significativas en cuanto al porcentaje de proteína entre los diferentes bioinsumos evaluados. Los valores obtenidos para los distintos bioinsumos fueron B₁, B₂, B₃ y B₄ presentaron porcentajes de proteína de 16.35 %, 18.43 %, 15.95 % y 15.50 %, respectivamente. Es particularmente notable que el B2 mostró el porcentaje de proteína más alto en el contexto del estudio.

Es esencial destacar que nuestro bioinsumo B2 superó los porcentajes de proteína reportados por Toaquiza en 2021. Toaquiza registró un contenido proteico de 16.37 % en su grupo de control. Además, el bioinsumo B2 también excedió el porcentaje de proteína informado por Gómez en 2018. Gómez logró un contenido proteico de 15.44 % en el forraje al utilizar estiércol ovino en una dosis del 30 %.

En síntesis, el bioinsumo B2 se destacó en términos de contenido proteico en comparación con los otros bioinsumos evaluados. Este bioinsumo no solo superó los valores registrados por Toaquiza y Gómez en sus respectivas investigaciones, sino que también demostró un rendimiento proteico más alto que los otros bioinsumos en nuestra propia investigación. Estos resultados subrayan la efectividad del bioinsumo B2 en términos de mejora del contenido proteico y sugieren su potencial para ser utilizado en la producción agrícola y ganadera con el objetivo de maximizar el valor nutricional del forraje.

b) Porcentaje de fibra (%).

Los resultados de nuestro estudio en cuanto al porcentaje de fibra revelaron la existencia de diferencias altamente estadísticas entre los distintos bioinsumos evaluados. Los valores obtenidos para cada uno de los bioinsumos fueron B1, B2, B3 y B4 presentaron porcentajes de fibra de 17.14 %, 22.64 %, 20.15 % y 17.72 %, respectivamente. Es importante destacar que el B2 fue el bioinsumo que reportó el mejor porcentaje en cuanto a contenido de fibra.

Es relevante señalar que los valores encontrados en nuestro estudio fueron inferiores a los registrados por Toaquiza en 2021. Toaquiza encontró un porcentaje de fibra igual a 27.28 % en su tratamiento testigo.

La discrepancia entre los valores podría atribuirse a diversas razones, como las diferencias en la composición de los bioinsumos, las condiciones de cultivo, las especies vegetales involucradas y los métodos de evaluación utilizados en ambos estudios.

A pesar de que los bioinsumos B1, B2, B3 y B4 demostraron un rendimiento variado en cuanto al porcentaje de fibra, nuestro estudio muestra que el B2 tuvo el mejor desempeño en términos de contenido de fibra. Sin embargo, queda claro que los resultados obtenidos en nuestra investigación fueron inferiores en comparación con los valores reportados por Toaquiza en su tratamiento de control.

c) Porcentaje de grasa (%).

Según los resultados de nuestra investigación, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes bioinsumos

utilizados en relación al porcentaje de grasa. Los valores obtenidos para cada bioinsumo fueron B1, B2, B3 y B4 presentando porcentajes de grasa de 4.41 %, 4.24 %, 4.76 % y 4.60 %, respectivamente.

Es interesante notar que estos porcentajes resultaron ser superiores a los encontrados por Gómez en 2018. En su estudio, Gómez utilizó un tratamiento de Biol que contenía estiércol de ovino en una dosis de 0 %, y registró un porcentaje de grasa de 3.80 %.

La diferencia entre los resultados podría atribuirse a varios factores, como las diferencias en las composiciones de los bioinsumos, las especies vegetales utilizadas, las condiciones de cultivo y los métodos de evaluación.

Aunque nuestra investigación no reveló diferencias estadísticas significativas entre los bioinsumos en términos de porcentaje de grasa, los valores obtenidos para B1, B2, B3 y B4 fueron consistentemente más altos en comparación con el tratamiento de Biol utilizado por Gómez. Estos resultados podrían sugerir que los bioinsumos utilizados en nuestro estudio tienen el potencial de contribuir a un aumento en el contenido de grasa en el forraje en comparación con el tratamiento de Biol de Gómez.

d) Porcentaje de humedad (%).

Los resultados de nuestra investigación revelaron que hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto al porcentaje de humedad entre los diferentes bioinsumos evaluados. El valor más alto registrado fue el obtenido del B2, con un contenido de humedad de 84.04 %, en el cual se utilizó una solución a base de gallinaza.

Es importante destacar que este valor obtenido en nuestra investigación fue superior al porcentaje de humedad reportado por Vladimir en 2015, quien registró un contenido de humedad de 80.42 %.

Además, en un contexto comparativo, los resultados de Chuquimarca en 2014 también son notables. Chuquimarca reportó un porcentaje de humedad de 91.53 % en su tesis, el cual fue superior a los datos obtenidos en nuestra investigación, específicamente en un tratamiento que no utilizó ningún biol.

La comparación de estos resultados sugiere varias consideraciones. Aunque en nuestra investigación se encontraron diferencias significativas entre los bioinsumos en términos de porcentaje de humedad, es evidente que los valores obtenidos fueron mayores en comparación con los reportados por Vladimir (2015); sin embargo, los datos reportados por Chuquimarca (2014), superan a los registrados en nuestra investigación. Las discrepancias podrían deberse a diversas razones, como las diferencias en las metodologías de cultivo, los tipos de biol utilizados, las condiciones de humedad ambiente y las especies vegetales involucradas.

e) Porcentaje de ceniza (%).

Los resultados de la presente investigación demostraron diferencias altamente significativas entre los diferentes bioinsumos utilizados en términos de porcentaje de ceniza. El valor más alto registrado correspondió al B2, con un porcentaje de ceniza de 6.47 %, y este bioinsumo fue elaborado a base de gallinaza.

Es importante destacar que el porcentaje más alto reportado por Inga en 2020 fue inferior al obtenido en nuestro estudio. Inga obtuvo un valor de 5.28 % para su bioestimulante a base de aminoácidos.

Sin embargo, nuestro porcentaje de ceniza resultó ser inferior al valor más alto reportado por Chuquimarca en 2014. Chuquimarca encontró un porcentaje de ceniza de 8.27 % en su investigación, y este valor correspondió al tratamiento que no contenía ningún biol.

La comparación de estos resultados revela algunas tendencias interesantes. Aunque nuestra investigación encontró diferencias significativas entre los bioinsumos, el valor más alto obtenido en el B2 fue superado por el porcentaje de ceniza reportado por Chuquimarca en su tratamiento sin biol. Esto podría sugerir que el uso de ciertos bioinsumos no necesariamente conduce a un aumento en el contenido de ceniza en el forraje.

Asimismo, mientras que nuestro valor fue superior al obtenido por Inga, la composición de los bioinsumos y las condiciones de cultivo pueden haber influido en estas diferencias.

f) Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (ELN) (%).

Los resultados de nuestra investigación dejaron en evidencia la existencia de diferencias altamente significativas entre los diversos bioinsumos empleados en relación al porcentaje de extracto libre de nitrógeno. El bioinsumo B4, elaborado a partir de vacaza, demostró ser el más efectivo al generar un porcentaje más alto de 44.41 %.

A pesar de este rendimiento favorable, es relevante señalar que el porcentaje de extracto libre de nitrógeno obtenido con el bioinsumo

B4 fue inferior al valor más alto reportado por Chuquimarca en 2014. En su investigación, Chuquimarca registró un porcentaje de 50.84 % para el tratamiento testigo que no utilizó ningún biol

Esta comparación arroja luz sobre algunas observaciones interesantes. Aunque nuestra investigación encontró diferencias altamente significativas entre los bioinsumos evaluados en términos de extracto libre de nitrógeno, el valor más alto obtenido con el bioinsumo B4 resultó ser menor en comparación con el valor reportado por Chuquimarca en su tratamiento sin biol. Esto sugiere que el uso de ciertos bioinsumos puede tener un efecto en la composición del extracto libre de nitrógeno, pero también resalta que otros factores pueden estar en juego.

Los resultados de Chuquimarca son particularmente notables, ya que el tratamiento testigo sin biol alcanzó un porcentaje de extracto libre de nitrógeno más alto que cualquiera de los bioinsumos evaluados en nuestra investigación.

4.4.2. Para costos de producción:

Se ha observado que los costos relacionados con la producción de un kilogramo de materia verde por metro cuadrado utilizando los bioinsumos B₂, B₃ y B₄ son más bajos en comparación con los costos informados por Toaquiza en 2021. Toaquiza determinó que la producción de un kilogramo de alimento a través de los tratamientos (T₄) y (T₆), empleando bokashi líquido en las dos concentraciones mencionadas, implicaba un gasto de \$1.61 y \$1.63, respectivamente. En cuanto al bioinsumo elaborado a partir de estiércol, los

costos ascendían a \$1.76 y \$1.79 en las dos concentraciones disponibles. Por otro lado, el tratamiento de control tenía un costo de \$2.78.

Estas comparaciones nos revelan que incluso entre los bioinsumos elaborados con productos alternativos, existen diferencias respecto a la asequibilidad económica.

CONCLUSIONES

1. El estudio no encontró diferencias estadísticas en la germinación, tamaño de raíz y contenido de grasa. El bioinsumo B₄ (vacaza) sobresalió en altura de planta y contenido de extracto libre de nitrógeno. El bioinsumo B₂ (gallinaza) registró los valores más elevados en porcentaje de proteína, fibra, ceniza y humedad.
2. En relación al rendimiento de materia verde, se llegó a la conclusión de que los bioinsumos B₂ (gallinaza), B₃ (cuyaza) y B₄ (vacaza) mostraron rendimientos similares entre sí, los cuales además fueron superiores al rendimiento de B₁ (solución hidropónica). En términos de rendimiento de materia seca, se determinó que B₃ (cuyaza) fue el bioinsumo que logró el mayor rendimiento en comparación con los demás.
3. Los datos comparativos respecto a los costos de producción indican que los bioinsumos alternativos son más asequibles desde un punto de vista económico en comparación con la solución hidropónica comercial.

RECOMENDACIONES

1. Considerar la implementación de bioinsumos en la producción de cebada germinada hidropónicamente, con especial énfasis en el uso de B₂ (gallinaza), B₃ (cuyaza) y B₄ (vacaza). Estos bioinsumos demostraron ser efectivos en términos de rendimiento de materia verde, calidad nutricional y costo de producción.
2. Realizar investigaciones adicionales para comprender mejor los mecanismos subyacentes de los efectos observados y para optimizar las dosis y las combinaciones de bioinsumos en función de las condiciones específicas de cultivo.
3. Se recomienda realizar investigaciones similares utilizando bioinsumos alternativos de fácil adquisición y/o elaboración que puedan generar resultados similares a los encontrados en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista Romero, M. C. (2000). *Evaluación del rendimiento de cuatro variedades de lechuga *Lactuca sativa* L. en cultivo hidropónico utilizando como sustratos arena y cascarilla de arroz*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Calvay Marquina, J. C. (2018). *Optimización del rendimiento hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*) en función del tiempo de cosecha en Lambayeque*. Lambayeque, Lambayeque, Perú.
- Carballo Mondaca, C. R. (2002). *Manual de procedimientos para germinar granos para alimentación animal*. Culiacan, Sinaloa.
- Cardenas, E. A. V., & Huanca, P. P. (2023). *Viabilidad técnica en producción de forraje verde hidropónico en base a cebada (*Hordeum vulgare*) costa central-Perú*. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrarias-RLCA*, 1(1), 15-30.
- Chávez, C. (1999). *Uso de forraje hidropónico en la alimentación de vacas lecheras*. Lima, Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- FAO. (2001). *Forraje Verde Hidropónico*. Manual Técnico. Santiago de Chile, Chile.
- García, Y. S. (2016). *Caracterización química del guano de aves marinas de la Isla San Jeronimo, Baja California, Mexico y su viabilidad como fertilizante agrícola*. Ensenada, Baja California, Mexico.
- Gomez Huanca, A. M. (2018). *Solución nutritiva de biol a base de estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) ovino (*Ovis aries*) y vacuno (*Bostaurus*) en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

- Google (s.f.). [*Indicaciones de la ubicación de los talleres académicos de animales menores de la escuela de profesional Zootecnia de la UNDAC sede Oxapampa*]. Recuperado el 08 de enero de 2024.
- Hidalgo, M. (1985). *Producción de forraje e condiciones de hidroponia I, evaluación preliminar de avena y triticale*. Chillan, Chile: Facultad de ciencias agropecuarias y forestales de la Universidad de Concepción sede Chillan.
- Inga Paiva, J. C. (2020). *Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz, región Ancash*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Inia.cl. (s/f). *Crianceros de Monte Patria conocen las ventajas del cultivo de Forraje Verde Hidropónico*. Recuperado el 8 de octubre de 2023, de <https://web.inia.cl/blog/2017/12/20/crianceros-de-monte-patria-conocen-las-ventajas-del-cultivo-de-forraje-verde-hidroponico/>
- Jumbo Chuquimarca, J. V. (2014). *Evaluación del efecto del Biol a diferentes concentraciones en la producción de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) hidropónico como una alternativa de aprovisionamiento de forraje para cuyes (*Cavia porcellus*) en las etapas de desarrollo y engorde*. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana , Quito.
- Martinez, L. A. (Septiembre de 2005). *Producción de forraje verde hidropónico*. Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Moncayo Sarzosa, E. G. (2022). *Efecto del biol de estiércol de conejo en el desarrollo del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.)* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

- Paredes Orozco, M. P., Bravo Calle, O. E., Carrasco Poma, J. L., & Gómez Villalva, J. C. (2023). *Interacción grupal universitaria en la producción de forraje verde hidropónico de cebada*. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(2), 225-233.
- Ramirez Soria, L. K. (2021). *Aprovechamiento del estiércol de cuy para la sostenibilidad ambiental mediante hidroponía en el cultivo de cebada (hordeum vulgare) para la alimentación animal en Kotosh, Huánuco-2020*.
- Ramos, E., Contreras, J. L., Cordero, A. G., Curasma, J., Ordoñez, B. J., Paytan, M. E., ... & Castrejon, M. (2021). *Rendimiento hidropónico del asociado de vicia con avena, cebada y trigo en la producción de germinados*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6).
- Rebollar, E. R. (2010). *Evaluación de diferentes materiales de plástico en sustitución de charolas convencionales utilizadas en la obtención de forraje verde hidropónico*. Morelia, Michoacan, Mexico.
- Rember, P. T., Fidel, R. I., & Max, B. C. (2020). *Manual Cultivo de Cebada*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Resh, M. H. (2001). *Cultivos hidropónicos*. Quinta Edición. Mundi-Prensa. España. 558p.
- Rivera, A., Moronta, M., González-Estopiñán, M., González, D., Perdomo, D., García, D. E., & Hernández, G. (2010). *Producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.) en condiciones de iluminación deficiente*. *Zootecnia tropical*, 28(1), 33-41.
- Sanchez del Castillo, F. E. (1988). *Un sistema de producción de plantas, hidroponía: principios y métodos de cultivo*. Texcoco, Mexico, Mexico: Universidad Autónoma Chapingo.

- Toaquiza Ugsha, M. P. (2021). *Evaluación de dos biofertilizantes con dos dosis para la producción de forraje verde hidropónico en cebada (hordeum vulgare)*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Pichincha.
- Valdivia, B. (1997). *Producción de Forraje Verde Hidropónico*, Conferencia Internacional en hidroponía comercial. Lima, Lima, Perú.
- Vladimir, C. A. (2015). *Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare l.) en condiciones controladas*. La Paz, Bolivia.
- Weatherspark. (s.f.). [*El clima en Oxapampa, el tiempo por mes, temperatura promedio (Perú)*] Weatherspark.com. Recuperado el 9 de enero de 2024, de <https://es.weatherspark.com/y/22337/Clima-promedio-en-Oxapampa-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXOS

Anexo 3.

Formato para toma de datos altura de planta (bandeja).

Bioinsumos (tratamientos)	B1	B2	B3	B4
Repeticiones				

Anexo 4.

Formato para toma de datos rendimiento materia verde (kg/bandeja & kg/m²).

Tratamientos	B1		B2		B3		B4	
	gr/bandeja	kg/m²	gr/bandeja	kg/m²	gr/bandeja	kg/m²	gr/bandeja	kg/m²
Repeticiones								

Nota: kg/bandeja fue el peso de la unidad experimental, este fue dividido por 0.1508 (área de la unidad experimental) y posteriormente el resultado fue dividido por 1000 para obtener la expresión de kg/m².

Anexo 5.

Formato para toma de datos rendimiento materia seca (kg/bandeja & kg/m²).

Tratamientos	B1		B2		B3		B4	
Pesos	gr/bandeja	kg/m ²	gr/bandeja	kg/m ²	gr/bandeja	kg/m ²	gr/bandeja	kg/m ²
Repeticiones								

Nota: kg/bandeja fue el peso de la unidad experimental, este fue dividido por 0.1508 (área de la unidad experimental) y posteriormente el resultado fue dividido por 1000 para obtener la expresión de kg/m².

Anexo 6.

Formato para toma de datos porcentaje materia verde (%).

Bioinsumos (tratamientos)	B1	B2	B3	B4
Repeticiones				

Anexo 8.

Informe de análisis de laboratorio.

 LABNUT <small>Laboratorio de Nutrición Animal y Biotecnología de Alimentos</small>	INFORME DE ANÁLISIS	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
		Página 1 de 2

INFORME DE ANÁLISIS N°: **LABNUT-2023-09**

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE : Dhalcir Leoncio Anaya Vences
RUC / DNI : 71910538
TIPO DE MUESTRA : Forraje hidrópico de cebada
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Muestra seca molidas
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2023
FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA : 19/07/2023 – 26 /07/2023
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 26/07/2023


Parámetro	Método	Unidad de medida	ID Muestra	Valor promedio
Humedad	Método Oficial AOAC 930.15 2005 (Equipo estufa)	%	T4EF	14.34
			T2CD	12.45
			T2AB	12.66
			T3EF	13.14
			T3AB	14.02
			T1EF	13.56
			T2EF	16.06
			T1CD	13.43
			T1AB	14.66
			T3CD	13.19
T4AB	13.15			
T4CD	13.76			
<i>ij</i> Cenizas	Método Oficial AOAC 942.05(2019) (Equipo Mufla)	%	T4EF	4.50
			T2CD	6.79
			T2AB	6.84
			T3EF	5.26
			T3AB	4.77
			T1EF	4.27
			T2EF	5.98
			T1CD	3.97
			T1AB	4.26
			T3CD	5.32
T4AB	4.54			
T4CD	4.33			
Grasa cruda	Official Crude Fat Extraction (AOCS Am 5-04)	%	T4EF	4.56
			T2CD	4.88
			T2AB	4.03
			T3EF	4.59
			T3AB	4.80
			T1EF	4.20
			T2EF	3.81
T1CD	4.40			

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

			T1AB	4.63
			T3CD	4.89
			T4AB	4.62
			T4CD	4.61
Proteína cruda	Método Oficial AOAC 928.08 2015	%	T4EF	15.18
			T2CD	18.00
			T2AB	19.08
			T3EF	17.77
			T3AB	14.56
			T1EF	16.57
			T2EF	18.22
			T1CD	15.74
			T1AB	16.75
			T3CD	15.53
T4AB	16.06			
T4CD	15.27			
Fibra cruda	Método 7 Ankom (Ankom A200)	%	T4EF	17.44
			T2CD	22.38
			T2AB	23.11
			T3EF	20.63
			T3AB	18.54
			T1EF	17.40
			T2EF	22.42
			T1CD	16.19
			T1AB	17.84
			T3CD	21.28
T4AB	17.97			
T4CD	17.74			
Extracto libre de Nitrógeno	Método Oficial AOAC 923.03 -2005	%	T4EF	45.16
			T2CD	35.14
			T2AB	34.28
			T3EF	38.61
			T3AB	43.32
			T1EF	44.01
			T2EF	33.51
			T1CD	46.27
			T1AB	41.16
			T3CD	40.33
T4AB	43.66			
T4CD	44.41			

OBSERVACIONES:

.....


Ph.D. Iveso Yoplac Tafur
Responsable del LABNUT

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Anexo 9.

Análisis de varianza de datos (salida INFOSTAT).

Nueva tabla: 09/08/2023 - 15:48:41 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

PORCENTAJE DE GERMINACION (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PORCENTAJE DE GERMINACION	12	0.20	0.00	7.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	86.67	3	28.89	0.68	0.5865
BIOIINSUMO	86.67	3	28.89	0.68	0.5865
Error	338.00	8	42.25		
Total	424.67	11			

Test:Bonferroni Alfa=0.05 DMS=18.46320

Error: 42.2500 gl: 8

BIOIINSUMO Medias n E.E.

B2	97.00	3	3.75	A
B1	92.33	3	3.75	A
B4	91.67	3	3.75	A
B3	89.67	3	3.75	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ALTURA DE PLANTA (Cm)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
PLANTA (CM)	24	0,47	0,40	11,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	53,58	3	17,86	6,01	0,0043
BIOINSUMOS	53,58	3	17,86	6,01	0,0043
Error	59,46	20	2,97		
<u>Total</u>	<u>113,05</u>	<u>23</u>			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=2,91403

Error: 2,9732 gl: 20

BIOINSUMOS Medias n E.E.

B4	16,80	6	0,70	A
B3	14,69	6	0,70	A B
B2	13,26	6	0,70	B
<u>B1</u>	<u>13,06</u>	<u>6</u>	<u>0,70</u>	<u>B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

TAMAÑO DE RAIZ (Cm)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RAIZ (CM)	24	0,25	0,14	13,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	7,48	3	2,49	2,24	0,1151
BIOINSUMOS	7,48	3	2,49	2,24	0,1151
Error	22,29	20	1,11		
<u>Total</u>	<u>29,77</u>	<u>23</u>			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=1,78392

Error: 1,1143 gl: 20

<u>BIOINSUMOS</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
B3	8,62	6	0,43	A
B4	7,37	6	0,43	A
B1	7,33	6	0,43	A
B2	7,31	6	0,43	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

MATERIA VERDE (Kg)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
M. Verde (Kg)	24	0.67	0.62	2.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1.83	3	0.61	13.69	<0.0001
BIOINSUMOS	1.83	3	0.61	13.69	<0.0001
Error	0.89	20	0.04		
Total	2.73	23			

Test:Bonferroni Alfa=0.05 DMS=0.35720

Error: 0.0447 gl: 20

<u>BIOINSUMOS</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
B4	8.31	6	0.09	A
B3	8.15	6	0.09	A
B2	7.97	6	0.09	A
B1	7.57	6	0.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

MATERIA SECA (Kg)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M. Seca (Kg)	24	0.95	0.95	2.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.73	3	0.24	138.32	<0.0001
BIOINSUMOS	0.73	3	0.24	138.32	<0.0001
Error	0.04	20	1.8E-03		
Total	0.77	23			

Test:Bonferroni Alfa=0.05 DMS=0.07107*Error: 0.0018 gl: 20*

BIOINSUMOS	Medias	n	E.E.	
B3	1.76	6	0.02	A
B1	1.58	6	0.02	B
B4	1.57	6	0.02	B
B2	1.27	6	0.02	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***PORCENTAJE DE PROTEINA (%)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% PROTEINA	24	0,67	0,62	2,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,9E-03	3	1,6E-03	13,70	<0,0001
BIOINSUMOS	4,9E-03	3	1,6E-03	13,70	<0,0001
Error	2,4E-03	20	1,2E-04		

Total 0,01 23

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,01851

Error: 0,0001 gl: 20

BIOINSUMOS Medias n E.E.

B2	0,43	6	4,5E-03	A
B1	0,41	6	4,5E-03	B
B3	0,40	6	4,5E-03	B
<u>B4</u>	<u>0,39</u>	<u>6</u>	<u>4,5E-03</u>	<u>B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PORCENTAJE DE FIBRA (%)

Variable N R² R² Aj CV

% FIBRA 24 0,89 0,88 2,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0,01	3	4,5E-03	56,39	<0,0001
BIOINSUMOS	0,01	3	4,5E-03	56,39	<0,0001
Error	1,6E-03	20	8,0E-05		
<u>Total</u>	<u>0,02</u>	<u>23</u>			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,01512

Error: 0,0001 gl: 20

BIOINSUMOS Medias n E.E.

B2	0,47	6	3,7E-03	A
B3	0,45	6	3,7E-03	B
B4	0,42	6	3,7E-03	C
<u>B1</u>	<u>0,41</u>	<u>6</u>	<u>3,7E-03</u>	<u>C</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PORCENTAJE DE GRASA (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% GRASA	24	0,27	0,16	3,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,5E-04	3	1,5E-04	2,44	0,0940
BIOINSUMOS	4,5E-04	3	1,5E-04	2,44	0,0940
Error	1,2E-03	20	6,1E-05		
Total	1,7E-03	23			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,01318

Error: 0,0001 gl: 20

BIOINSUMOS	Medias	n	E.E.
B3	0,22	6	3,2E-03 A
B4	0,21	6	3,2E-03 A
B1	0,21	6	3,2E-03 A
B2	0,21	6	3,2E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PORCENTAJE DE MATERIA VERD..	24	1.00	1.00	0.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	113.82	3	37.94	32682.57	<0.0001
BIOINSUMOS	113.82	3	37.94	32682.57	<0.0001

Error	0.02	20	1.2E-03
Total	113.84	23	

Test:Bonferroni Alfa=0.05 DMS=0.05758

Error: 0.0012 gl: 20

BIOINSUMOS Medias n E.E.

B2	84.04	6	0.01	A
B4	81.14	6	0.01	B
B1	79.18	6	0.01	C
B3	78.40	6	0.01	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

PORCENTAJE DE CENIZA (%)

Variable N R² R² Aj CV

% CENIZA 24 0,91 0,90 2,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0,01	3	2,7E-03	68,19	<0,0001
BIOINSUMOS	0,01	3	2,7E-03	68,19	<0,0001
Error	8,0E-04	20	4,0E-05		
Total	0,01	23			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,01069

Error: 0,0000 gl: 20

BIOINSUMOS Medias n E.E.

B2	0,25	6	2,6E-03	A
B3	0,23	6	2,6E-03	B
B4	0,21	6	2,6E-03	C
B1	0,21	6	2,6E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PORCENTAJE DE ELN (%)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
% ELN	24	0,87	0,85	2,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0,02	3	0,01	44,41	<0,0001
BIOINSUMOS	0,02	3	0,01	44,41	<0,0001
Error	3,6E-03	20	1,8E-04		
Total	0,03	23			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,02252

Error: 0,0002 gl: 20

<u>BIOINSUMOS</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
B4	0,67	6	0,01	A
B1	0,66	6	0,01	A B
B3	0,64	6	0,01	B
B2	0,59	6	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 8. Fotografías.





