

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



T E S I S

**Bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad
nutritiva y costos de producción de tres cultivos hidropónicos en
Oxapampa - Pasco**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Zootecnista**

Autores:

Bach. Yeymi Yesenia ALANIA OSORIO

Bach. Adrian SANTIAGO BALDEON

Asesor:

Mg. Aníbal Raúl RODRÍGUEZ VARGAS

Oxapampa –Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



T E S I S

**Bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad
nutritiva y costos de producción de tres cultivos hidropónicos en
Oxapampa – Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Alfredo Rubén BERNAL MARCELO
PRESIDENTE

MSc. 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° 0140-2024/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
ALANIA OSORIO, Yeymi Yesenia y SANTIAGO BALDEON, Adrián

Escuela de Formación Profesional
Zootecnia - Oxapampa

Tipo de trabajo
Tesis

Bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad nutritiva y costos de producción de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa - Pasco

Asesor
Mag. RODRÍGUEZ VARGAS, Aníbal Raúl

Índice de similitud
6 %

Calificativo
APROBADO

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

Cerro de Pasco, 28 de diciembre de 2024



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.12.2024 00:49:41 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

En memoria de mi amado padre, Wilfredo Alania Chávez, cuyo ejemplo de perseverancia y bondad continúa guiando mis pasos cada día. Tu recuerdo vive en cada línea de este trabajo, honrando tu inquebrantable espíritu.

A mi querida madre, Delfina Osorio Ricaldi, cuya fuerza y ternura han sido mi inspiración constante. Tu amor incondicional y tus palabras de aliento me han impulsado a alcanzar este logro, llevando conmigo tu amor y tu luz en cada paso del camino.

Y a mis adorados hijos, Moyorith y Arturo Prado Alania, quienes son mi razón de ser y mi mayor motivación. Que este trabajo sea un testimonio de mi compromiso con vuestro futuro y un tributo a la esperanza de un mundo mejor para vosotros.

Que vuestro amor y guía sigan iluminando mi sendero mientras me adentro en nuevos horizontes.

Yeymi Yesenia ALANIA OSORIO

A mi amado padre, Rosendo Santiago Rojas, quien siempre fue mi guía y mi inspiración. Aunque ya no estés físicamente con nosotros, tu amor, sabiduría y ejemplo siguen viviendo en mí. Este logro es en honor a tu memoria y todo lo que me enseñaste.

A mi querida madre, Faustina Baldeón Ayra, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi roca en los momentos más difíciles. Tu fuerza y dedicación son un ejemplo que seguiré siempre.

A mi adorada esposa, Eni Mileam Ponce Pomazongo, compañera de vida y fuente de motivación. Tu amor, comprensión y sacrificio han sido fundamentales en este camino. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mis hijos, Misael Adrián y Hardy Ali, quienes llenan mi vida de alegría y significado. Ustedes son mi mayor inspiración y mi razón para esforzarme cada día.

A todos ustedes, mi familia amada, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud. Sin su apoyo y aliento, este camino habría sido mucho más difícil. Gracias por ser mi mayor motivación y mi mayor orgullo.

¡Con amor y gratitud eternos!

Adrián SANTIAGO BALDEÓN

AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la EFP Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por las enseñanzas impartidas durante nuestra vida estudiantil y formación profesional.

Al Ing. Mg. Aníbal Raúl Rodríguez Vargas, por el asesoramiento constante y oportuno de la tesis.

Al Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la UNDAC, por haber facilitado su Centro de Investigación y Estudios de Transferencia Tecnológica (CIETT) Peñaflor, para el desarrollo del presente trabajo de Tesis.

RESUMEN

El estudio de investigación se llevó a cabo en el “Centro de Investigación de Estudio y Transferencia Tecnológica CIETT) de Peñaflor”, perteneciente al "Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la UNDAC", con el objetivo de evaluar el efecto de dos dosis de bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco. Se empleó 2 tipos de diseño experimental, para la evaluación de características agronómicas y costo de producción, se usó un Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 3 x 2 (3 tipos de bioinsumos x 2 dosis) en 2 repeticiones. Para la evaluación de calidad nutritiva, se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de 3 x 3 (3 tipos de cultivos x 3 tipos de bioinsumos) en 2 repeticiones. La evaluación agronómica revela que no hay diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre los diferentes bioinsumos y dosis utilizadas, aunque el cultivo C₂ muestra un mayor porcentaje de germinación. En cuanto al tamaño de la raíz, la dosis D₂ es estadísticamente mayor que D₁, y el cultivo C₁ muestra un tamaño de raíz mayor en comparación con C₃. La altura de la planta varía significativamente entre las dosis y los tipos de cultivos, siendo D₂ y C₂ los que exhiben valores mayores. Se encontraron diferencias en la interacción entre tipos de cultivo y tipos de bioinsumos. En cuanto al rendimiento de forraje verde y materia seca, la combinación B₁D₂ mostró el mayor rendimiento. En la evaluación de la calidad nutritiva, la combinación C₂B₃ presenta el mayor porcentaje de proteína, mientras que C₂ tiene más fibra cruda que C₁ y C₃. La digestibilidad in vitro de la materia seca es mayor en la combinación C₁B₃. El porcentaje de extracto libre de nitrógeno es mayor en la combinación C₁B₂, mientras que C₂ tiene el mayor porcentaje de cenizas. En cuanto al porcentaje de grasa cruda, C₁ es mayor que C₂ y C₃, y la combinación C₁B₂ tiene el mayor

porcentaje. En relación con el costo de producción, hay diferencias entre cultivos y bioinsumos, pero no en la interacción entre ellos.

Palabras clave: bioinsumos orgánicos, características agronómicas, calidad nutritiva, costos de producción, cultivos hidropónicos

ABSTRACT

The research study was carried out at the “CIETT Research Center for Technological Study and Transfer) of Peñaflores”, belonging to the “Institute of Specialized Research in Livestock Oxapampa (INIGOX) of the UNDAC”, with the objective of evaluating the effect of two doses of organic bioinputs on the agronomic characteristics, nutritional quality and production cost of three hydroponic crops in Oxapampa – Pasco. Two types of experimental design were used, for the evaluation of agronomic characteristics and production cost, a Completely Randomized Block Design (DBCA) was used, with a 3 x 2 factorial arrangement (3 types of bioinputs x 2 doses) in 2 repetitions. For the evaluation of nutritional quality, a Completely Randomized Design (DCA) was used, with a 3 x 3 factorial arrangement (3 types of crops x 3 types of bioinputs) in 2 repetitions. The agronomic evaluation reveals that there are no significant differences in the germination percentage between the different bioinputs and doses used, although the C₂ crop shows a higher germination percentage. Regarding root size, dose D₂ is statistically larger than D₁, and crop C₁ shows a larger root size compared to C₃. Plant height varies significantly between doses and crop types, with D₂ and C₂ exhibiting the highest values. Differences were found in the interaction between crop types and types of bioinputs. Regarding the yield of green forage and dry matter, the B₁D₂ combination showed the highest performance. In the evaluation of nutritional quality, the C₂B₃ combination has the highest percentage of protein, while C₂ has more crude fiber than C₁ and C₃. The in vitro digestibility of dry matter is greater in the C₁B₃ combination. The percentage of nitrogen-free extract is higher in the C₁B₂ combination, while C₂ has the highest percentage of ash. Regarding the percentage of crude fat, C₁ is greater than C₂ and C₃, and the combination C₁B₂ has the highest percentage. In relation to the cost

of production, there are differences between crops and bioinputs, but not in the interaction between them.

Keywords: organic bioinputs, agronomic characteristics, nutritional quality, production costs, hydroponic crops

INTRODUCCIÓN

En un contexto global donde la demanda de alimentos nutritivos y sostenibles está en constante aumento, la agricultura hidropónica ha surgido como una alternativa promisorio para lograr una producción agrícola eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Esta técnica, que implica el cultivo de plantas en soluciones acuosas ricas en nutrientes, ofrece ventajas considerables en términos de utilización eficaz del agua, ocupación reducida del espacio y control preciso de las condiciones de crecimiento. No obstante, para optimizar su rendimiento y fomentar la sostenibilidad, es esencial explorar el potencial de los bioinsumos orgánicos en este contexto.

El propósito principal de este estudio fue investigar el impacto de los bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad nutritiva y costos de producción de tres cultivos hidropónicos fundamentales en la región de Oxapampa, Pasco. Los bioinsumos orgánicos, provenientes de fuentes naturales y libres de productos químicos sintéticos, representan una alternativa atractiva para mejorar el rendimiento de los cultivos mientras se reduce el impacto ambiental y se promueve la salud del suelo.

Para llevar a cabo esta investigación, se diseñó un experimento controlado donde se aplicaron diferentes tipos de bioinsumos orgánicos en condiciones hidropónicas estándar. Se recolectaron datos detallados sobre el crecimiento de las plantas, la calidad de los cultivos y los costos asociados con la producción. Los resultados obtenidos brindaron información valiosa para los agricultores, investigadores y responsables de la toma de decisiones, contribuyendo así a fomentar prácticas agrícolas más sostenibles y rentables en la región de Oxapampa, Pasco.

INDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	2
1.3.1.	Problema general	2
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.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio	6
2.2.	Bases teóricas científicas.....	9
2.3.	Definición de términos básicos	17
2.4.	Formulación de hipótesis.....	19
2.4.1.	Hipótesis general	19
2.4.2.	Hipótesis específicas	20
2.5.	Identificación de variables.....	21
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	27
3.2.	Nivel de investigación	27
3.3.	Método de investigación.....	27
3.4.	Diseño de investigación.....	33
3.5.	Población y muestra	35
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
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 filosófica y epistémica	39

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo.	40
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	42
4.3.	Prueba de hipótesis.	54
4.4.	Discusión de resultados.	81

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de variables e indicadores	26
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación	36
Tabla 3. Croquis del experimento para la evaluación de características agronómicas y costo de producción de cultivo hidropónico.....	38
Tabla 4. Croquis del experimento para la evaluación de calidad nutritiva del cultivo hidropónico:.....	39
Tabla 5. Prueba de Tukey para porcentaje de germinación en tipos de cultivos.....	55
Tabla 6. Prueba de Tukey para porcentaje de germinación en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.....	55
Tabla 7. Prueba de Tukey para interacción para altura de planta.....	56
Tabla 8. Prueba de Tukey para porcentaje de tamaño de raíz en tipo de cultivo	57
Tabla 9. Prueba de Tukey para tamaño de raíz en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.....	57
Tabla 10. Prueba de Tukey para interacción de tamaño de raíz (cm).	58
Tabla 11. Prueba de Tukey para altura de planta en tipos de cultivo	59
Tabla 12. Prueba de Tukey para altura de planta en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.....	59
Tabla 13. Prueba Tukey para altura de planta en interacción (tipo de bioinsumos/dosis de bioinsumos).....	60
Tabla 14. Prueba de Tukey para rendimiento de forraje verde en tipos de cultivos.	61
Tabla 15. Prueba de Tukey para porcentaje de rendimiento de forraje verde en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.	62
Tabla 16. Prueba de Tukey para rendimiento de forraje verde.	62
Tabla 17. Prueba de Tukey para porcentaje de rendimiento de materia seca en tipos de cultivos.....	63
Tabla 18. Prueba de Tukey para rendimiento de materia seca en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.....	64
Tabla 19. Prueba de Tukey para rendimiento de Materia seca.....	64
Tabla 20. Prueba de Tukey para porcentaje de proteína, para tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	66

Tabla 21. Prueba de Tukey para porcentaje de proteína, (tipos de cultivo/ tipos de bioinsumos).	66
Tabla 22. Prueba de Tukey para porcentaje de fibra cruda, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	68
Tabla 23. Prueba de Tukey para porcentaje de fibra cruda, para la interacción (tipos de cultivo/ tipo de bioinsumo).	69
Tabla 24. Prueba de Tukey para porcentaje digestibilidad in vitro de materia seca, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	70
Tabla 25. Prueba de Tukey para porcentaje digestibilidad in vitro de materia seca, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	71
Tabla 26. Prueba de Tukey para porcentaje de extracto libre de nitrógeno, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	72
Tabla 27. Prueba de Bonferroni para extracto libre de nitrógeno, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).	73
Tabla 28. Prueba de Tukey para porcentaje de cenizas, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	75
Tabla 29. Prueba Tukey para porcentaje de cenizas, para la interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumo).	76
Tabla 30. Prueba Tukey para porcentaje de grasa cruda, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	77
Tabla 31. Prueba de Bonferroni para grasa cruda, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).	78
Tabla 32. Prueba de Tukey para costos de producción, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.	79
Tabla 33. Prueba de Tukey para costos de producción, para la interacción (por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo).	80

INDICE DE GRÁFICOS

	Página.
Gráfico 1. Porcentaje de germinación (%)	42
Gráfico 2. Tamaño de raíz (cm)	43
Gráfico 3. Altura de planta (cm).....	45
Gráfico 4. Rendimiento de forraje verde (kg/m ²)	46
Gráfico 5. Rendimiento de materia seca (kg/m ²).....	47
Gráfico 6. Porcentaje de proteína (%)	48
Gráfico 7. Porcentaje de fibra cruda (%).....	49
Gráfico 8. Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)	49
Gráfico 9. Extracto libre de nitrógeno (%).....	51
Gráfico 10. Porcentaje de cenizas (%)	52
Gráfico 11. Grasa cruda (%).....	53
Gráfico 12. Costo de producción (S./m ²).....	54

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En el actual contexto de búsqueda de métodos agrícolas más amigables con el entorno y sostenibles, los bioinsumos orgánicos han adquirido importancia como alternativas viables a los fertilizantes convencionales. Estos productos naturales derivados de fuentes como compost, estiércol y restos de cultivos presentan una serie de ventajas en términos de mejorar la salud del suelo, aumentar su fertilidad y promover un crecimiento vegetal saludable.

De manera paralela, la agricultura hidropónica ha surgido como una solución innovadora y eficiente en la esfera de la producción de cultivos. Al utilizar soluciones nutritivas y agua en lugar de tierra, esta técnica brinda un control preciso sobre los factores ambientales que influyen en el desarrollo de las plantas.

En un estudio reciente, Roy (2022) subraya la creciente popularidad de la técnica de cultivo hidropónico, destacando su capacidad para proporcionar

productos ecológicos. Esto resulta especialmente beneficioso en zonas con limitaciones hídricas, ya que permite la reutilización del agua para el cultivo de plantas. Los productos obtenidos mediante esta técnica son notables por su riqueza en nutrientes y su ausencia de compuestos tóxicos.

En una investigación llevada a cabo por Pedraza *et al.* (2021), se enfatiza la importancia de los biofertilizantes como elementos biotecnológicos que mejoran la fertilidad del suelo y estimulan el crecimiento de las plantas en el ámbito de la agricultura sostenible. Estos productos consisten en microorganismos benéficos, como bacterias y hongos, que interactúan de manera positiva con las plantas y el suelo. Su aplicación ha ganado relevancia en la agricultura debido a su potencial para contribuir tanto a la seguridad alimentaria como a la producción sostenible de cultivos.

1.2. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial, el ámbito en el cual se desarrolló la investigación fue el Centro de Investigación Peñaflor del Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la UNDAC, en tres cultivos hidropónicos (maíz, cebada y avena).

Delimitación temporal, el período que se desarrolló el estudio fue entre agosto de 2023 y abril de 2024, abarcando un período de ocho meses en el que se desarrollaron las actividades de investigación, desde la planificación hasta el análisis de los resultados obtenidos.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de los bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

PE1 ¿Cuál es el efecto de las tipos y dosis de bioinsumos orgánicos en las características agronómicas de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco?

PE2 ¿Cómo influye los tipos y las dosis de bioinsumos orgánicos en la calidad nutricional de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco?

PE3 ¿Cuál es el efecto de los tipos y las dosis de bioinsumos orgánicos en los costos de producción de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1. Determinar el efecto de los tipos y las dosis de bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco.

OE2. Estimar el efecto de los tipos y dosis de bioinsumos orgánicos en la calidad nutricional de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco.

OE3. Determinar el efecto de los tipos y las dosis de bioinsumos orgánicos en el costo de producción de tres tipos de cultivos hidropónicos en Oxapampa – Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

Justificación teórica, la relevancia de este estudio radica en la identificación de la influencia de bioinsumos orgánicos específicos en tres cultivos hidropónicos. A través de la evaluación de los resultados de cada

tratamiento y considerando las variables pertinentes, se contribuirá al conocimiento teórico en este campo. Además, se realizará una comparación exhaustiva de los datos en términos de características agronómicas, calidad nutricional y costos de producción, lo que permitirá establecer conexiones y patrones que enriquecerán la comprensión de la aplicación de bioinsumos en la agricultura.

Justificación práctica, la relevancia práctica de esta investigación es demostrar, a través de una metodología concreta, el impacto directo de bioinsumos orgánicos específicos en el rendimiento agronómico, la calidad nutricional y los costos de producción de tres cultivos hidropónicos. Al realizar mediciones biométricas, se obtendrán resultados tangibles que respaldarán la toma de decisiones en la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles y rentables.

Justificación metodológica, esta investigación tendrá un impacto metodológico al proporcionar resultados que pueden ser utilizados para mejorar la medición y evaluación de las variables previamente mencionadas. Los hallazgos obtenidos permitirán ajustar y perfeccionar los métodos de medición, facilitando así su aplicación en futuros estudios y proyectos relacionados con la influencia de bioinsumos en la agricultura hidropónica.

Justificación social, los resultados de este estudio tendrán un impacto social significativo al brindar beneficios directos a los productores agrícolas del distrito de Oxapampa. El conocimiento generado acerca de los efectos de los bioinsumos orgánicos en propiedades agronómicas, calidad nutricional y costos de producción en cultivos hidropónicos permitirá a los agricultores tomar decisiones informadas y optimizar sus prácticas agrícolas. Esto puede conducir a

un aumento en la eficiencia de la producción, la reducción de los costos y la promoción de técnicas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

1.6. Limitaciones de la investigación

Dos limitaciones principales se presentaron durante el estudio sobre bioinsumos orgánicos y su influencia en las características agronómicas, calidad nutritiva y costos de producción de cultivos hidropónicos en Oxapampa:

Altos costos de análisis de muestras: Las restricciones presupuestarias impidieron realizar un mayor número de análisis de muestras. Esto limitó la posibilidad de obtener una evaluación más precisa y representativa de los parámetros agronómicos y nutritivos de los cultivos, afectando la profundidad del estudio.

Costos elevados de materiales e insumos para el sistema hidropónico: La adquisición de insumos específicos, como soluciones nutritivas, sustratos y equipos, representó un gasto significativo. Esta limitación restringió tanto la escala de los cultivos evaluados como la diversificación de los sistemas estudiados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Tapia (2018) realizó una tesis titulada "Evaluación del efecto de tres tipos de bioinsumos en el cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*) En el Centro Experimental de Cota Cota". El estudio se centró en el uso de distintos abonos orgánicos: Biol, Jiracha y lixiviado de lombriz, con el propósito principal de mejorar la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH). El autor evaluó diversas variables para determinar la opción óptima de producción, como la altura de la planta, longitud de la raíz, rendimiento de Forraje Verde Hidropónico, contenido de proteína cruda, materia seca y la relación Beneficio-Costo. El diseño experimental incluyó cuatro tratamientos y tres repeticiones en un diseño completamente al azar. Los resultados revelaron diferencias significativas en variables como altura del forraje, rendimiento de forraje, y porcentaje de proteína cruda, siendo el tratamiento de Jiracha el más efectivo en términos de

crecimiento, rendimiento y contenido proteico del Forraje Verde Hidropónico, demostrando además un beneficio-costeo positivo.

Ramos y Castellanos (2022) llevaron a cabo una investigación titulada "Efecto de diferentes concentraciones de Giberelina en la producción de forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare L.*) y trigo (*Triticum aestivum*)". Su objetivo se centró en evaluar variables como altura de la planta, rendimiento de biomasa y contenido de materia seca. El diseño estadístico empleado fue completamente al azar con cuatro repeticiones, siguiendo un arreglo factorial de 4×3 . Encontraron efectos estadísticamente significativos de las concentraciones de giberelina en el rendimiento de biomasa y altura de las plantas de avena, cebada y trigo. Además, hallaron diferencias significativas en el rendimiento de materia seca solo en la avena. La concentración más efectiva fue 100 ppm de giberelina, que proporcionó los mejores rendimientos en biomasa, materia seca y altura de la planta.

Limachi (2018) desarrolló la investigación "Evaluación de tres niveles de biol aplicada a la producción de forraje hidropónico en avena (*Avena sativa L.*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*) en ambiente atemperado". Con ocho tratamientos y un diseño de bloques completamente al azar, evaluó variables como longitud de raíz, peso fresco, peso seco, rendimiento, proteína y fibra cruda. Encontró diferencias estadísticas en estas variables, destacando la especie de avena en varias de ellas. Los niveles de aplicación de biol oscilaron entre 10% y 15%, con el nivel 5% demostrando ventajas en algunas variables. Observó que la longitud de raíz y el rendimiento fueron variables importantes y que el análisis económico reveló un ingreso bruto más alto en un tratamiento específico, aunque también un mayor costo parcial de producción.

Céspedes (2021) exploró la "Evaluación de la productividad y calidad nutritiva de la cebada (*Hordeum vulgare L*) como forraje verde, con aplicación de riego y biol en la Estación Experimental Choquenaira". Utilizando un diseño de bloques completamente al azar, evaluó rendimiento de cebada para forraje verde y materia seca, así como análisis bromatológicos. Encontró efectos significativos de períodos de corte y niveles de biol en variables agronómicas y bromatológicas. La relación beneficio-costo fue calculada y los tratamientos T₃ y T₄ presentaron los valores más altos de relación B/C, indicando su viabilidad económica.

Machaca (2021) investigó en su tesis "Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de trigo, cebada y maíz". Implementando cuatro tratamientos diferentes, evaluó la germinación, altura de planta, biomasa, rendimiento y otras variables. Encontró que las concentraciones de microorganismos eficaces tuvieron efectos significativos en la germinación y crecimiento de las especies de forraje. El tratamiento más efectivo fue el que utilizó una concentración del 0,25% de microorganismos eficaces, lo que resultó en mejores rendimientos de biomasa y altura de la planta.

García (2021) en su tesis "producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*), cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en Temascaltepec, México en época de verano e invierno"; obtuvo resultados importantes para tamaño de raíz de la cebada, que menciona que el E₁ fue superior en el crecimiento teniendo un promedio de 3.58 cm, seguido del E₂ con 1.54 cm y el E₃ con 1.28 cm. Entre el E₂ y E₃ no hubo diferencias significativas.

Para el tamaño del tallo de la cebada los resultados fueron, E₁ 6.57 cm, seguido del E₃ con 3.44 cm y el E₂ con 2.43 cm.

Para el caso del FVH de cebada con la variable de crecimiento de raíz Ríos (2018) menciona que obtuvo un crecimiento a los 12 días después de siembra de 3.70 cm y a los 18 días 4.07 cm teniendo mejores resultados que los del E₁ el cual tuvo un promedio de 3.58 cm a los 17 días.

En el caso del FVH de cebada, Ríos (2018) reportó un crecimiento promedio de la raíz de 3.70 cm a los 12 días después de la siembra (dds) y de 4.07 cm a los 18 dds, superando los resultados obtenidos en el tratamiento E₁, que mostró un promedio de 3.58 cm a los 17 dds.

2.2. Bases teóricas científicas

Definición e importancia de la hidroponía

a) Definición de cultivo hidropónico

Según Abad (1995), el cultivo hidropónico se define como un método en el que las plantas se cultivan mediante la adición de nutrientes al agua o en materiales inertes. En este enfoque, desempeñan un rol fundamental en el cultivo vegetal al proporcionar un medio alternativo para el desarrollo de raíces y la absorción de nutrientes. Tanto el suelo como otros sustratos presentan ventajas y desventajas que deben sopesarse en función de las necesidades específicas de las plantas y las condiciones ambientales.

b) Importancia

Conforme a Tarrillo (2005), la utilización del forraje verde hidropónico conlleva una serie de beneficios en la alimentación animal. Estos beneficios abarcan desde la mejora en el rendimiento de aumento de peso y producción de leche hasta el bienestar general y la calidad de los productos animales. No

obstante, es crucial considerar las particularidades de cada especie animal y ajustar la dieta en concordancia para lograr los mejores resultados posibles.

Ventajas de la producción de cebada germinada

INTAGRI (2017) establece que la hidroponía ha desempeñado un papel fundamental en la investigación sobre la nutrición mineral de las plantas. Esta técnica posibilita una regulación precisa de los nutrientes disponibles para las plantas y de la interacción entre los nutrientes y su absorción. Esto ha culminado en una comprensión más profunda de las necesidades nutricionales de diversas cosechas, lo que ha permitido optimizar las composiciones de soluciones nutritivas para maximizar el crecimiento y el rendimiento de las plantas.

Ahorro de agua por el cultivo

Según Izquierdo (2001), el sistema de producción de forraje verde hidropónico resalta por su eficiencia en la utilización del agua, lo que lo convierte en particularmente idóneo en regiones con escasez o elevados costos del recurso hídrico. Además de su controlado sistema, posibilita una utilización más precisa de los recursos y un suministro constante de forraje a lo largo del año, sin depender de las condiciones climáticas externas.

Características agronómicas de la cebada germinada

a) La cebada

Según P.D.L.A. (2005), se define a la cebada como un cultivo anual perteneciente a la familia Gramineae, que se extiende ampliamente en las mesetas norte y central debido a su versatilidad para adecuarse a diversas condiciones climáticas a lo largo del año en áreas elevadas.

Las raíces de la planta son fasciculadas y se distinguen por tener raíces primarias y secundarias bien definidas. El tallo de la cebada adopta una

estructura cañosa con siete u ocho entrenudos que se encuentran separados por áreas que crecen a medida que el tallo se desarrolla en la región. En cuanto a las hojas, estas constan de una vaina basal y folíolos que se hallan unidos mediante una lígula, además de contar con dos expansiones membranosas conocidas como aurículas. Dichas hojas se conectan a los nudos del tallo a través de anillos o pilastras, que son protuberancias en la base de la hoja. En la cima de la planta se encuentra su inflorescencia, que es considerada una extensión del tallo al igual que en otras gramíneas, presentando un margen reducido.

Además, se subraya que al igual que otros cereales, la cebada es un alimento altamente energético, con un aporte calórico significativo de 354 kcal por cada 100 gramos. Esta energía proviene principalmente de carbohidratos de alta densidad, que representan un 76,38% del contenido nutricional.

b) La avena

Según el análisis de Castillo (2017), la avena es identificada como la especie de mayor relevancia a nivel mundial tanto para la producción de forraje como de grano, dirigidos a la alimentación de animales rumiantes. Los granos generados por esta planta se caracterizan por su alta calidad y presentan un contenido proteico superior en comparación con otros granos de pequeño tamaño.

Asimismo, se destaca que la avena se distingue como una hierba de excelencia para la obtención de heno o pasto. Esta opción forrajera es particularmente valiosa en áreas de gran altitud y en regiones áridas, dado que la planta es capaz de adaptarse a diversos contextos climáticos que van

desde semiáridos hasta fríos. Además, su capacidad de adaptación se extiende en términos de altitud, desde elevaciones del nivel del mar hasta 3000 metros sobre el mismo.

En cuanto a su ciclo de vida vegetativo, se estima que abarca alrededor de 180 días. En la industria ganadera, se aprovecha tanto en su etapa joven como forraje o heno, y posteriormente se procede a secar para ser utilizado como grano o semilla. Los datos proporcionados señalan un volumen de siembra de aproximadamente 0,05 toneladas por hectárea, con un rendimiento vegetal estimado de hasta 34 toneladas por hectárea.

c) El maíz

Según la perspectiva de López y Guatemala (2014), el maíz es caracterizado por su vigor, su facilidad de cultivo y su elevado rendimiento anual. La planta presenta un tallo sencillo y erguido, de notable longitud que puede alcanzar hasta los 4 metros de altura. Al realizar un corte en el tallo, se puede notar la presencia de una cavidad porosa. Las raíces del maíz se agrupan en racimos, desempeñando la crucial función de proporcionar una firme fijación a la planta. Es relevante mencionar que el primer nudo del tallo da origen a raíces adventicias que emergen a nivel del suelo.

El lapso que transcurre desde la siembra hasta la aparición de los primeros brotes o cogollos varía entre 8 y 10 días, lo que refleja un ritmo continuo y veloz en el crecimiento de las plántulas.

López y Guatemala (2014), también enfatiza la importancia de las condiciones climáticas para el maíz. Se subraya que esta planta requiere una temperatura en el rango de 25 a 30°C, así como una exposición abundante a la luz solar. Para la germinación de las semillas, se establece que la

temperatura óptima se sitúa entre 15 y 20°C. El maíz puede tolerar temperaturas mínimas de 8°C, pero se advierte que fluctuaciones en un rango de 7 a 30°C pueden ocasionar problemas sustanciales, como la deficiente absorción de minerales y agua. Se recomienda realizar la siembra de las semillas cuando la temperatura del suelo alcance los 12°C, a una profundidad de 5 centímetros. Para llevar a cabo procesos de floración y fructificación, se identifica un intervalo de temperatura necesaria entre 20 y 32°C.

Características agronómicas de los cultivos hidropónicos

a) Porcentaje de germinación.

Valdivia (1997) sostiene que la tasa de germinación de las semillas debe superar el umbral del 75% con el fin de salvaguardar el rendimiento del FVH. La elección de semillas de menor costo o de variedades desconocidas puede dar lugar a percepciones de economía que en realidad podrían dañar nuevas empresas, como se mencionó anteriormente. Es crucial optar por semillas de alta tasa de germinación. Los productores de FVH deben tener en cuenta que la tasa mínima de germinación de las semillas debe alcanzar o superar el rango del 70-75%, y si es posible, deben limpiar y tratar las semillas usadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

b) Tamaño de raíz

Según García (2021), el procedimiento para medir la dimensión de las raíces involucra la selección aleatoria de muestras durante el período de 17 días en cada experimento. Se excluyen 5 cm del extremo de la bandeja para evitar efectos de borde, lo que resulta en un total de 10 muestras diarias y un total replicado de 50 muestras por experimento. El proceso de muestreo

implica el uso de una regla para medir desde la semilla germinada hasta el extremo final de la raíz.

c) Altura de planta

López y Guatemala (2014), señala que para calcular la estatura de las plantas y registrar las diferentes alturas alcanzadas por los tratamientos a los 35 días, se realizan mediciones de altura antes de cosechar las unidades experimentales. Estas mediciones se toman en el centro de cada unidad experimental para minimizar el impacto de factores externos. Esto se logra utilizando un calibrador que se extiende desde el punto de sujeción de la raíz hasta la parte superior de la planta.

d) Rendimiento de forraje verde

Con respecto al rendimiento de Forraje Verde, López y Guatemala (2014), establece que el peso se determina al colocar todo el contenido de las unidades experimentales en una balanza. Esto incluye tanto las partes aéreas de las plantas como las raíces. Para facilitar el almacenamiento y transporte, las unidades se enrollan y se colocan en bolsas.

e) Rendimiento de materia seca

Mejía y Orellana (2019) explica que la evaluación del rendimiento de materia seca requiere la toma de muestras de 100 g provenientes de cada bandeja de alimento. Estas muestras se cortan en segmentos de 5 cm y se someten a un proceso de secado en una estufa, comenzando a una temperatura de 65°C y aumentando hasta alcanzar 105°C. El resultado es un peso que se compara con la proporción de materia verde cosechada, lo que permite calcular el rendimiento de materia seca.

f) Análisis de laboratorio

En relación al análisis de laboratorio, López y Guatemala (2014) indica que se crea un conjunto homogéneo de muestras compuestas para cada unidad experimental en cada tratamiento. Estas muestras se replican y se colocan en bolsas de nylon debidamente identificadas, para posteriormente ser remitidas al laboratorio. En el laboratorio, se lleva a cabo la evaluación de propiedades como proteínas, fibra, cenizas, extracto etéreo, entre otras, que son relevantes para el estudio.

Causas determinantes en la producción de cultivos hidropónico

a) La Luz

Según la FAO (2001), se recomienda proporcionar una cantidad limitada de luz durante los primeros 4 a 6 días para fomentar el crecimiento de los brotes y las raíces. Después de este período, es necesario un nivel de iluminación uniforme sin exposición directa a la luz solar. En caso de insuficiente luz natural, se sugiere utilizar iluminación artificial durante 12 a 15 horas.

b) Temperatura

De acuerdo con la FAO (2001), la temperatura ideal está en el rango de 22°C a 25°C. Para lograr un alto rendimiento y valor nutricional, temperaturas entre 25°C y 28°C son beneficiosas, pero valores más altos podrían afectar la actividad celular, la absorción de agua por las raíces y las condiciones nocturnas.

Quispe (2013) agrega que las temperaturas óptimas varían para diferentes granos de FVH; por ejemplo, la germinación de avena y cebada se da a temperaturas frías de 18°C a 21°C.

c) Humedad

La FAO (2001) destaca la importancia de mantener la humedad entre 65% y 70%. Valores más altos sin una ventilación adecuada pueden provocar problemas fitosanitarios debido a enfermedades fúngicas.

Martínez (2005) advierte sobre riesgos sanitarios en condiciones de humedad excesiva (superior al 90%) y mala ventilación, lo cual puede ser costoso y difícil de controlar.

d) Calidad de la semilla

Castillo (2017) enfatiza que una tasa de germinación del 80% al 90% es crucial. Los cultivos como avena, cebada, maíz, trigo y centeno son preferibles para FVH debido a sus cualidades para aumentar el rendimiento sin incrementar problemas de hongos.

Salazar (2005) señala la importancia de utilizar semillas libres de químicos y residuos tóxicos, con una germinación superior al 90%, sin daños ni liberación de almidón que pueda propagar enfermedades.

Bioinsumos orgánicos

Pérez *et al.* (2012) presentan los bioinsumos como una opción que enriquece las prácticas de manejo de cultivos, funcionando en conjunto con los enfoques tradicionales. Estos bioinsumos abarcan fertilizantes biológicos, bioestimuladores y biopesticidas, destacándose por ser soluciones económicamente viables y medioambientalmente aceptables. El concepto de bioinsumo se refiere a productos derivados de microorganismos o plantas, incluyendo sus compuestos o extractos, así como microorganismos vivos. Su aplicación en las plantas tiene el potencial de incrementar la productividad, calidad y salud de los cultivos, todo ello sin generar efectos adversos en los ecosistemas agrícolas. El enfoque subyacente es aprovechar los recursos de

la naturaleza misma, que alberga una diversidad de productos y estrategias aptos para una gestión sustentable de plagas y enfermedades que afectan a las plantas.

Costos de producción

De acuerdo con INTAGRI (2017), a pesar de que el desembolso inicial puede ser significativo debido a la requerida adquisición de tecnología y equipamiento, la técnica de hidroponía proporciona la oportunidad de lograr cosechas de excelente calidad en un espacio compacto y con una utilización eficaz de recursos. Estas cualidades la convierten en una opción particularmente atractiva para contextos urbanos o regiones con restricciones en disponibilidad de suelo y agua.

2.3. Definición de términos básicos

- **Cultivo hidropónico:** El cultivo hidropónico es un método agrícola en el cual se prescinde del suelo como sustrato para el crecimiento de las plantas. En lugar de utilizar tierra, las plantas se cultivan en una solución acuosa que contiene nutrientes disueltos esenciales para su desarrollo. Este enfoque permite un control más preciso sobre el suministro de nutrientes, agua y condiciones ambientales, lo que puede resultar en un crecimiento más eficiente y acelerado de las plantas.
- **Biomasa foliar:** La biomasa foliar hace referencia a la masa total de hojas presentes en una planta o grupo de plantas. Es un indicador crucial de la salud y el crecimiento de las plantas, ya que las hojas desempeñan un papel fundamental en la fotosíntesis y son responsables de la producción de energía y nutrientes para la planta.

- **Germinación:** La germinación es el proceso mediante el cual las semillas pasan de un estado de reposo o latencia a convertirse en plántulas en crecimiento. Esto ocurre cuando las semillas reciben condiciones adecuadas de agua, temperatura y oxígeno, lo que estimula su desarrollo y transformación en nuevas plantas.
- **Hidroponía:** La hidroponía es un sistema de cultivo en el que las plantas se desarrollan en una solución nutritiva acuosa en lugar del suelo tradicional. En este sistema, las raíces de las plantas obtienen directamente los nutrientes esenciales disueltos en agua, lo que garantiza un crecimiento más eficiente y rápido.
- **Bioinsumo orgánico:** Los bioinsumos orgánicos son productos derivados de ingredientes naturales y procesos biológicos utilizados en agricultura y plantaciones para mejorar la salud de las plantas, la fertilidad del suelo y promover prácticas agrícolas sostenibles. Estos productos son una alternativa a los fertilizantes y pesticidas químicos, en línea con los principios de la agricultura orgánica y sostenible.
- **Rendimiento de forraje:** El rendimiento de forraje se refiere a la cantidad de material vegetal obtenido de una planta, que está destinado a servir como alimento para animales, especialmente los herbívoros. Este concepto es de gran importancia en la producción ganadera, ya que influye directamente en la cantidad de alimento disponible para el ganado y su nutrición general, lo cual afecta su productividad.
- **Selección de semilla:** La selección de semilla es un proceso crucial en la agricultura y horticultura, donde se eligen cuidadosamente las semillas que se utilizarán para cultivar plantas. La elección adecuada de las semillas puede

tener un impacto significativo en el éxito de la cosecha y en la calidad final del producto obtenido.

- **Calidad nutricional:** La calidad nutricional se refiere a la composición de alimentos o dietas en términos de nutrientes y otros compuestos bioactivos que son importantes para mantener la salud y promover el bienestar humano. Este concepto abarca la cantidad y la variedad de nutrientes esenciales presentes en los alimentos, así como su biodisponibilidad y capacidad para satisfacer las necesidades nutricionales del organismo. Además de los macronutrientes como proteínas, carbohidratos y grasas, la calidad nutricional también considera la presencia de vitaminas, minerales, fibra dietética y compuestos fitoquímicos beneficiosos. Una dieta con una alta calidad nutricional es aquella que proporciona todos los nutrientes necesarios en las proporciones adecuadas para mantener la salud y prevenir enfermedades, promoviendo así un óptimo estado de bienestar físico y mental.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H₁: Las características agronómicas, la calidad nutricional y el costo de producción varían de acuerdo con el tipo de cultivo hidropónico y el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas significativas en las características agronómicas, la calidad nutricional ni el costo de producción, considerando el tipo de cultivo hidropónico y el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas significativas en las características agronómicas, la calidad nutricional y el costo de producción en función del tipo de cultivo hidropónico y el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1 (HE1):

H_I: Las características agronómicas de los cultivos hidropónicos varían en función del tipo de cultivo y del tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas significativas en las características agronómicas de los cultivos hidropónicos considerando el tipo de cultivo ni el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas significativas en las características agronómicas de los cultivos hidropónicos según el tipo de cultivo y el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

Hipótesis específica 2 (HE2):

H_I: La calidad nutricional de los cultivos hidropónicos varía en función del tipo de cultivo y del tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas significativas en la calidad nutricional de los cultivos hidropónicos considerando el tipo de cultivo ni el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas significativas en la calidad nutricional de los cultivos hidropónicos según el tipo de cultivo y el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

Hipótesis específica 3 (HE3):

H₁: El costo de producción de los cultivos hidropónicos varía en función del tipo de cultivo y del tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H₀: No existen diferencias estadísticas significativas en el costo de producción de los cultivos hidropónicos considerando el tipo de cultivo ni el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

H_a: Existen diferencias estadísticas significativas en el costo de producción de los cultivos hidropónicos según el tipo de cultivo y el tipo y dosis de bioinsumo orgánico utilizado en Oxapampa, Pasco.

2.5. Identificación de variables

Se evaluaron las siguientes variables:

Variable Independiente:

- Tipos de cultivos hidropónicos y tipos de bioinsumos.
 - ✓ Tipos de cultivos hidropónicos
 - Maíz.
 - Cebada.
 - Avena.
 - ✓ Tipos de bioinsumos
 - Bioinsumo comercial (UNALM).
 - Bioinsumo a base de gallinaza

- Bioinsumo a base de cuyaza
- ✓ Tipos de dosis de bioinsumos
 - Dosis de 250 g/L
 - Dosis de 350 g/L

Fundamentación teórica de uso de diferentes dosis de bioinsumo con fines de investigación:

Su aplicación en sistemas hidropónicos potencia el crecimiento y desarrollo de las plantas, optimizando las características agronómicas, la calidad nutricional y reduciendo los costos de producción.

La variación de la cantidad de dosis de bioinsumos, se fundamenta por las siguientes razones:

a) Racionalidad de las dosis seleccionadas

➤ **Dosis de 250 g/L:**

Fundamentación: La dosis de 250 g/L representa una concentración moderada que permitió la evaluación de la respuesta inicial de los cultivos a la aplicación de bioinsumos orgánicos. Esta dosis es lo suficientemente baja como para observar mejoras en las características agronómicas y la calidad nutritiva sin riesgo de toxicidad. Es útil para determinar si los bioinsumos tienen efectos positivos sin sobrecargar el sistema hidropónico, permitiendo un balance adecuado entre los nutrientes proporcionados y la demanda de las plantas (Silva, 2013).

Evidencia de efectos: Estudios previos han demostrado que dosis moderadas de bioinsumos pueden mejorar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos al optimizar la disponibilidad de nutrientes y

fomentar una microbiota beneficiosa en el sistema radicular. Esta dosis puede ser efectiva para proporcionar mejoras sustanciales en condiciones estándar.

➤ **Dosis de 350 g/L:**

Fundamentación: La dosis de 350 g/L es más alta y se emplea para evaluar el impacto de una mayor concentración de bioinsumos orgánicos. Esta dosis permite explorar el potencial máximo de los bioinsumos en términos de mejoras en las características agronómicas, calidad nutricional y reducción de costos de producción. Una dosis más alta puede estimular un crecimiento más rápido y una mayor absorción de nutrientes, pero también puede ayudar a identificar cualquier efecto negativo potencial, como una sobrecarga en el sistema hidropónico o desequilibrio de nutrientes (Silva, 2013).

Evidencia de efectos: La literatura sugiere que dosis más altas pueden tener efectos positivos adicionales, pero también pueden presentar riesgos si no se administran adecuadamente. Estos estudios indican que, al superar un umbral específico, la dosis de bioinsumos puede incrementar la productividad, aunque debe ser cuidadosamente monitorizada para evitar efectos adversos.

b) Comparación y objetivo en la investigación

La comparación de las dosis de 250 gr/L y 350 gr/L en la investigación permitió:

- **Evaluar la eficiencia:** Determinar cuál de las dosis es más eficaz en mejorar las características agronómicas y la calidad nutritiva de los cultivos hidropónicos en el contexto específico de Oxapampa – Pasco.

- **Optimización de recursos:** Identificar la dosis óptima que maximiza los **beneficios** sin incurrir en costos innecesarios o efectos negativos.
- **Adaptación al contexto local:** Ajustar las recomendaciones de uso de bioinsumos orgánicos basadas en las condiciones climáticas y de cultivo locales.

Variable Dependiente:

- Características agronómicas, calidad nutricional y costo de producción
 - ✓ Característica agronómica:
 - Porcentaje de germinación
 - Tamaño de la raíz
 - Altura de planta
 - Rendimiento de forraje verde
 - Rendimiento en materia seca
 - ✓ Calidad nutricional
 - Porcentaje de proteína cruda
 - Porcentaje de fibra cruda
 - Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)
 - Porcentaje de extracto libre de nitrógeno
 - Porcentaje de grasa
 - Porcentaje de ceniza
 - ✓ Costos de producción
 - Costos de producción de tres cultivos hidropónicos.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Sistema de variables e indicadores

En el presente proyecto de tesis, las variables independientes son: “tipo de bioinsumos” y “tipos de cultivos hidropónicos.

Así mismo, las variables dependientes son: “características agronómicas, calidad nutricional y costos de producción”, representadas por los siguientes parámetros de medición:

Porcentaje de germinación, tamaño de la raíz, altura de planta, rendimiento de forraje verde, rendimiento en materia seca, porcentaje de proteína cruda, porcentaje de fibra cruda, porcentaje de grasa, porcentaje de ceniza, porcentaje de humedad, porcentaje de extracto libre de nitrógeno y costos de producción de tres cultivos hidropónicos.

Esquema del sistema de variables e indicadores

A continuación, se detallan las variables involucradas en el objetivo general de la investigación, así como los indicadores y factores utilizados para medir estas variables:

Tabla 1. Operacionalización de variables e indicadores

Variable Independiente			Variable Dependiente					
Cultivos hidropónicos	Tipos de bioinsumos	Dosis de bioinsumos	Características agronómicas	Escala	Calidad nutricional	Escala	Costos de producción	Escala
Maíz	Solución hidropónica comercial	250 gr/L.	✓ Porcentaje de germinación.	(%)	✓ Porcentaje de proteína cruda	(%)	✓ Costos de producción.	(S/.)
		350 gr/L.	✓ Tamaño de la raíz.	(cm)	✓ Porcentaje de fibra cruda	(%)		
	Solución a base de gallinaza.	250 gr/L.	✓ Altura de planta.	(cm)	✓ Porcentaje de grasa	(%)		
		350 gr/L.	✓ Rendimiento de forraje verde	(kg/m ²)	✓ Porcentaje de ceniza	(%)		
	Solución a base de cuyaza.	250 gr/L.	✓ Rendimiento en materia seca.	(kg/m ²)	✓ Porcentaje de humedad	(%)		
		350 gr/L.			✓ Porcentaje de extracto libre de nitrógeno	(%)		
Cebada	Solución hidropónica comercial	250 gr/L.	✓ Porcentaje de germinación.	(%)	✓ Porcentaje de proteína cruda	(%)	✓ Costos de producción.	(S/.)
		350 gr/L.	✓ Tamaño de la raíz.	(cm)	✓ Porcentaje de fibra cruda	(%)		
	Solución a base de gallinaza.	250 gr/L.	✓ Altura de planta.	(cm)	✓ Porcentaje de grasa	(%)		
		350 gr/L.	✓ Rendimiento de forraje verde	(kg/m ²)	✓ Porcentaje de ceniza	(%)		
	Solución a base de cuyaza.	250 gr/L.	✓ Rendimiento en materia seca.	(kg/m ²)	✓ Porcentaje de humedad	(%)		
		350 gr/L.			✓ Porcentaje de extracto libre de nitrógeno	(%)		
Avena	Solución hidropónica comercial	250 gr/L.	✓ Porcentaje de germinación.	(%)	✓ Porcentaje de proteína cruda	(%)	✓ Costos de producción.	(S/.)
		350 gr/L.	✓ Tamaño de la raíz.	(cm)	✓ Porcentaje de fibra cruda	(%)		
	Solución a base de gallinaza.	350 gr/L.	✓ Altura de planta.	(cm)	✓ Porcentaje de grasa	(%)		
		250 gr/L.	✓ Rendimiento de forraje verde	(kg/m ²)	✓ Porcentaje de ceniza	(%)		
	Solución a base de cuyaza.	250 gr/L.	✓ Rendimiento en materia seca.	(kg/m ²)	✓ Porcentaje de humedad	(%)		
		350 gr/L.			✓ Porcentaje de extracto libre de nitrógeno	(%)		

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, ya que implica la evaluación comparativa de las características agronómicas, calidad nutricional y costos de producción. Esto se realizó utilizando diversos tipos de bioinsumos orgánicos en dos dosis de preparación, aplicados en tres cultivos hidropónicos diferentes.

Lugar y fecha de estudio.

El estudio se desarrolló entre agosto de 2023 y abril de 2024, abarcando un período de nueve meses durante el cual se llevaron a cabo las actividades de planificación, implementación, recolección de datos y análisis de resultados.

3.2. Nivel de investigación

La investigación fue aplicada de corte transversal, porque se enfocó en aplicar conocimientos teóricos en situaciones específicas. Asimismo, se llevó a cabo las mediciones de variables respuesta durante tres periodos de corte.

3.3. Método de investigación

a) Labores previas al experimento:

❖ **Acondicionamiento de la carpa solar.**

Se obtuvieron los materiales necesarios del terreno, incluyendo un atomizador de un litro, una manguera, láminas de plástico, hipoclorito de sodio al 1%, un flexómetro, un colador, utensilios de limpieza, una balanza de precisión, mallas semisombra, una cámara fotográfica y un termómetro.

Estas labores se realizaron dos días antes del inicio de la investigación con el fin de prevenir problemas sanitarios que pudieran afectar el desarrollo del cultivo. Las actividades comprendieron el lavado y la desinfección de bandejas y estantes con hipoclorito de sodio al 2%. Asimismo, se adquirieron bandejas nuevas y se instaló una fuente de agua potable para facilitar los lavados y riegos. Se emplearon 36 bandejas reforzadas con correas de plástico, cuyas dimensiones fueron de 1 m de largo, 0.50 m de ancho y 0.05 m de alto. La malla semisombra se dispuso a una altura de 2.5 m, y el termómetro se colocó a 1.3 m del suelo.

❖ **Selección y lavado de semillas.**

Se adquirieron semillas de cebada, avena y maíz en Huancayo, tras verificar su capacidad germinativa. Posteriormente, se realizó una selección rigurosa para eliminar semillas inviables, fracturadas, impurezas, piedras y restos vegetales. A continuación, se pesaron las semillas: 700 g por bandeja para cebada, 800 g para avena y 1400 g para maíz, considerando una altura máxima

de 1.5 cm en la bandeja. Luego, se procedió al lavado de las semillas, sumergiéndolas en agua tratada.

❖ **Desinfección y lavado de semillas**

Las semillas fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml/L) durante dos horas. Esta duración se consideró adecuada para evitar daños en el embrión. Posteriormente, se enjuagaron cuatro veces con agua limpia para eliminar residuos del desinfectante.

❖ **Remojo, oreo y pre germinación de las semillas**

Las semillas fueron remojadas durante 24 horas para inducir la germinación. Luego se orearon durante una hora en sacos de yute o plástico, favoreciendo el secado superficial y la activación del proceso germinativo.

❖ **Siembra en las bandejas**

Las semillas tratadas fueron sembradas en la parte superior de las bandejas (700 g para cebada, 800 g para avena y 1400 g para maíz). Una vez sembradas, las bandejas se colocaron en estantes revestidos con plástico negro, generando un ambiente semioscuro que retuvo la humedad y promovió una germinación vigorosa. Las semillas permanecieron en oscuridad durante tres días, lo que permitió la ruptura de la cubierta seminal y la emergencia de la radícula. Finalizado este periodo, se retiró el plástico negro para facilitar el desarrollo normal del cultivo.

❖ **Siembra en las bandejas**

Las semillas tratadas se sembraron en la parte superior de las bandejas (700 g/bandeja en el caso de la cebada; 800 g/bandeja para la

avena y 1400 g/bandeja en el caso del maíz). Una vez que todas las bandejas fueron sembradas, se trasladaron a los estantes revestidos con plástico negro, con el fin de crear un entorno semioscuro que permitiera conservar la humedad y estimular una germinación vigorosa.

Las semillas permanecieron en cámaras oscuras durante tres días, permitiendo que el embrión rompiera la cubierta de la semilla y la raíz comenzara a emerger. Después de este periodo, se retiró el plástico negro de los estantes, facilitando así su desarrollo continuo.

❖ **Preparación de los bioinsumos.**

La preparación se realizó de la siguiente manera:

- Se recolectó una mezcla de excremento de gallina, proveniente de la crianza de aves de la Sra. Yesmina Ayra, y de cuy, obtenido de granjas de la familia Machaca, ambas ubicadas en el distrito de Oxapampa.
- Se emplearon envases individuales para cada variedad de bioinsumo y para cada dosis, todos previamente desinfectados.
- Para la elaboración de los bioinsumos orgánicos se usaron proporciones de 250 g/L para la dosis uno (D1) y 350 g/L para la dosis dos (D2).
- Una vez mezclados el litro de agua y el insumo correspondiente, se comprimió el contenido en un recipiente y se dejó reposar durante 24 horas.
- Luego del reposo, se filtró el producto para separar las partículas de mayor tamaño que pudieran dificultar su aplicación.

- Finalmente, el líquido obtenido fue envasado y almacenado en un entorno fresco para su posterior uso como fertilizante en los cultivos hidropónicos.

b) Labores durante el experimento:

❖ **Riego de las bandejas**

El riego comenzó cuando las semillas ingresaron a la fase de germinación en la cámara oscura, utilizando una cantidad moderada de 0.5 litros de agua por bandeja al día. Esta práctica se mantuvo durante los tres días iniciales. A partir del tercer día, se inició la aplicación de los bioinsumos orgánicos.

El objetivo del riego fue conservar la humedad en el grano o en la capa superficial del sustrato, evitando en todo momento la acumulación de agua. Se realizaron hasta dos riegos por día.

❖ **Cosecha.**

La recolección se llevó a cabo a los 16 días de iniciado el experimento. Se midió el peso del forraje verde de los tres cultivos hidropónicos para conocer el rendimiento, la altura de las plantas y la longitud de las raíces. Posteriormente, se realizó un muestreo para determinar la producción de materia seca.

c) Evaluaciones de las variables en estudio durante el experimento:

❖ **Porcentaje de germinación (%)**

Se colocaron 300 semillas de cada cultivo hidropónico a germinar. Luego, se contó la cantidad de semillas germinadas y se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje correspondiente.

❖ **Altura de planta (cm)**

Se tomaron medidas de la altura de 15 plantas seleccionadas aleatoriamente en los cultivos hidropónicos. Se utilizó una regla de 30 cm para medir desde la base hasta el ápice de cada planta. Los valores obtenidos se registraron por tratamiento y repetición.

❖ **Tamaño de la raíz (cm)**

La medición de la longitud de las raíces se realizó al final del experimento. Para ello, se seleccionaron al azar 15 plantas por cultivo hidropónico, midiendo desde la parte vegetativa del cuello hasta la punta de la raíz.

❖ **Rendimiento de forraje verde (kg/m²)**

El rendimiento de forraje verde se determinó al finalizar la cosecha, realizada a los 16 días de rebrote. Para ello, se pesó la biomasa total cosechada de cada unidad experimental utilizando una balanza electrónica, registrando el peso en kilogramos. El rendimiento se estimó por metro cuadrado (kg/m²) y sirvió como base para calcular el contenido de materia seca mediante el secado de submuestras representativas.

❖ **Rendimiento de materia seca (kg/m²)**

El rendimiento de materia seca se determinó al finalizar la cosecha, mediante la recolección de la biomasa en áreas de un metro cuadrado. Se registró el peso verde total y, a partir de este, se tomaron submuestras que fueron secadas en estufa hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de materia seca se calculó por diferencia entre el peso verde y el peso seco, y se expresó en kilogramos por metro cuadrado (kg/m²).

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

Al concluir la cosecha, se recolectaron muestras de forraje verde hidropónico de cada tratamiento. Estas fueron trituradas y enviadas al laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas para realizar los análisis de proteína, fibra, grasa, ceniza, humedad y extracto libre de nitrógeno.

❖ **Costo de producción (S/.).**

Una vez finalizada la cosecha, se calcularon los costos correspondientes a cada unidad experimental, considerando los insumos y materiales utilizados durante todo el proceso.

3.4. Diseño de investigación

El trabajo de investigación tuvo 2 diseños estadísticos que se diferenciaron por las variables de estudio:

Para la evaluación de características agronómicas y costo de producción de cultivo hidropónico, se usó un Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 3 x 2 (3 tipos de bioinsumos x 2 dosis) en 2 repeticiones, siendo el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + D_j + (BD)_{ij} + C_k + E_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3$ tipos de bioinsumos.

$j = 1, 2$, dosis de bioinsumos.

$k = 1, 2, 3$ tipos de cultivo (Bloques)

$l = 1, 2$ repeticiones/dosis de bioinsumos/ tipos de bioinsumos.

Dónde:

Y_{ijkl} = Variables de estudio respuesta de la l -ésima repetición, correspondiente al k -ésimo tipo de cultivo (bloques), que se suministró j -ésima dosis de bioinsumo, de i -ésimo tipo de bioinsumo (Observación al azar).

u = Media general.

B_i = Efecto del j-ésimo tipos de bioinsumos.

D_j = Efecto del k-ésimo dosis de bioinsumos.

$(BD)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo tipos de bioinsumo/ j-ésimo tipos de dosis.

C_i = Efecto de la i-ésima tipo de cultivo hidropónico.

E_{ijkl} = Valor residual debido a la l-ésima repetición, correspondiente al k-ésimo tipo de cultivo (bloques), que se suministró j-ésima dosis de bioinsumo, de i-ésimo tipo de bioinsumo (error experimental).

Para la evaluación de calidad nutritiva del cultivo hidropónico, se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de 3 x 3 (3 tipos de cultivos x 3 tipos de bioinsumos) en 2 repeticiones (conformadas por dosis de 350 gr/lt), siendo el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = u + C_i + B_j + (CB)_{ij} + E_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3$ Tipos de cultivo.

$j = 1, 2, 3$ Tipos de bioinsumos.

$k = 1, 2$ Repeticiones/dosis de bioinsumos/ tipos de bioinsumos.

Dónde:

Y_{ijkl} = Variables de estudio respuesta de la k-ésima repetición, al suministro j-ésimo tipo de bioinsumo, que se correspondiente al i-ésima tipo de cultivo hidropónico (Observación al azar).

u = Media general.

C_i = Efecto de la i-ésima tipo de cultivo hidropónico.

B_j = Efecto del j-ésimo tipos de bioinsumos.

$(C/B)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo tipo de cultivo/ j-ésimo tipos de bioinsumos.

E_{ijkl} = Valor residual debido a la k-ésima repetición, al suministro j-ésimo tipo de bioinsumo, que se corresponde al i-ésimo tipo de cultivo hidropónico (error experimental).

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

3.5. Población y muestra

Población

La población de interés estuvo compuesta por la totalidad de las bandejas de cebada hidropónica cultivadas, las cuales suman un total de 36 bandejas. Estas bandejas estuvieron instaladas en el Centro de Investigación de Peñaflor del Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la UNDAC Oxapampa, ocupando un área de 18 m².

Muestra

La muestra estuvo compuesta por la totalidad de la población; es decir la cantidad de 36 bandejas, distribuidas de acuerdo al tratamiento de estudio.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recopilar datos sobre el efecto de los bioinsumos orgánicos en las características agronómicas, calidad nutritiva y costos de producción de tres cultivos hidropónicos en Oxapampa - Pasco, se usó técnicas e instrumentos de recolección de datos. A continuación, se describe:

Se usó la técnica de **observación directa** como:

- ✓ Descripción visual de las plantas: Se realizó la observación directa de las plantas para evaluar su crecimiento, desarrollo foliar, coloración, entre otros aspectos.
- ✓ Análisis de registros: Se hizo el análisis documentario de los registros de datos por cada variable.

Se usó diferentes **instrumentos de investigación** como:

- ✓ Registro de variables agronómicas: se registró datos como porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, utilizando instrumentos de medición como reglas y calibradores.
- ✓ Registro de costos de producción: se registró los gastos directos e indirectos, costos asociados con la adquisición de bioinsumos, mano de obra, energía, agua, materiales de cultivo, entre otros, utilizando hojas de cálculo.

Asimismo, se usó el **instrumento** específico para hidroponía:

- ✓ Medidores de pH y EC: Se utilizó medidores de pH y conductividad eléctrica (EC) para monitoreo y ajuste los parámetros del agua de riego.

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:

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas	Instrumentos
• Observación directa • Análisis de registro	• Registro de datos (cuaderno de campo) • Ficha de registro de datos (Excel)

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 recopilados en la zona de estudio se analizaron en un entorno de oficina, utilizando herramientas como Microsoft Excel y el INFOSTAT versión 2020I. Se calcularán diversos parámetros estadísticos, como el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variabilidad, el coeficiente de determinación y se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) factorial. Todo esto tiene el propósito de poner a prueba la hipótesis planteada.

Además, a partir de los datos procesados, se llevó a cabo un análisis detallado e interpretación de los resultados, que serán discutidos conforme a los criterios previamente establecidos. El objetivo final fue llegar a conclusiones y recomendaciones con respecto al tema de estudio.

3.9. Tratamiento estadístico

Los tratamientos bajo análisis estuvieron compuestos por diversos factores de estudio, los cuales se describen a continuación:

Factor cultivos hidropónicos (bloques)

- C_1 = Maíz.
- C_2 = Cebada.
- C_3 = Avena.

Factor bioinsumos (tipo de bioinsumos)

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

Factor dosis (Dosis de bioinsumos)

- D_1 = Dosis de 250gr/L.
- D_2 = Dosis de 350gr/L.

Muestras o repeticiones:

➤ R₁ = Repetición 1

➤ R₂ = Repetición 2

Tabla 3. Croquis del experimento para la evaluación de características agronómicas y costo de producción de cultivo hidropónico.

Bioinsumos orgánicos		Repetic.	Cultivos hidropónicos (Bloques)		
Tipos de bioinsumos	Dosis de bioinsumos		C ₁	C ₂	C ₃
B₁	D₁ (250 g/L)	R ₁	C ₁ B ₁ D ₁ R ₁	C ₂ B ₁ D ₁ R ₁	C ₃ B ₁ D ₁ R ₁
		R ₂	C ₁ B ₁ D ₁ R ₂	C ₂ B ₁ D ₁ R ₂	C ₃ B ₁ D ₁ R ₂
	D₂ (350 g/L)	R ₁	C ₁ B ₁ D ₂ R ₁	C ₂ B ₁ D ₂ R ₁	C ₃ B ₁ D ₂ R ₁
		R ₂	C ₁ B ₁ D ₂ R ₂	C ₂ B ₁ D ₂ R ₂	C ₃ B ₁ D ₂ R ₂
B₂	D₁ (250 g/L)	R ₁	C ₁ B ₂ D ₁ R ₁	C ₂ B ₂ D ₁ R ₁	C ₃ B ₂ D ₁ R ₁
		R ₂	C ₁ B ₂ D ₁ R ₂	C ₂ B ₂ D ₁ R ₂	C ₃ B ₂ D ₁ R ₂
	D₂ (350 g/L)	R ₁	C ₁ B ₂ D ₂ R ₁	C ₂ B ₂ D ₂ R ₁	C ₃ B ₂ D ₂ R ₁
		R ₂	C ₁ B ₂ D ₂ R ₂	C ₂ B ₂ D ₂ R ₂	C ₃ B ₂ D ₂ R ₂
B₃	D₁ (250 g/L)	R ₁	C ₁ B ₃ D ₁ R ₁	C ₂ B ₃ D ₁ R ₁	C ₃ B ₃ D ₁ R ₁
		R ₂	C ₁ B ₃ D ₁ R ₂	C ₂ B ₃ D ₁ R ₂	C ₃ B ₃ D ₁ R ₂
	D₂ (350 g/L)	R ₁	C ₁ B ₃ D ₂ R ₁	C ₂ B ₃ D ₂ R ₁	C ₃ B ₃ D ₂ R ₁
		R ₂	C ₁ B ₃ D ₂ R ₂	C ₂ B ₃ D ₂ R ₂	C ₃ B ₃ D ₂ R ₂

Nota: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, R₁= Repetición 1, R₂= Repetición 2.

Tabla 4. Croquis del experimento para la evaluación de calidad nutritiva del cultivo hidropónico:

Tipo de cultivo		C ₁			C ₂			C ₃		
Tipo de bioinsumos		B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
Repetición	R ₁	C ₁ B ₁ R ₁	C ₁ B ₂ R ₁	C ₁ B ₃ R ₁	C ₂ B ₁ R ₁	C ₂ B ₂ R ₁	C ₂ B ₃ R ₁	C ₃ B ₁ R ₁	C ₃ B ₂ R ₁	C ₃ B ₃ R ₁
	R ₂	C ₁ B ₁ R ₂	C ₁ B ₂ R ₂	C ₁ B ₃ R ₂	C ₂ B ₁ R ₂	C ₂ B ₂ R ₂	C ₂ B ₃ R ₂	C ₃ B ₁ R ₂	C ₃ B ₂ R ₂	C ₃ B ₃ R ₂

Nota: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, R₁= Repetición 1, R₂= Repetición 2.

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.

Para las características agronómicas.

a) Porcentaje de germinación (%).

Se analizaron 300 semillas de cada cultivo en cada repetición, lo que implica 600 semillas por cada cultivo en cada dosis y 1200 semillas por cada Bioinsumo. La evaluación del porcentaje de germinación se llevó a cabo a los 3 días de realizar la siembra (72 horas). Posteriormente, se realizó el conteo de las semillas germinadas para determinar un promedio de germinación por repetición. El resultado obtenido se multiplicó por 100 para expresar el porcentaje de germinación.

b) Tamaño de raíz (cm)

La medición del tamaño de la raíz se llevó a cabo al final del proceso productivo con el objetivo de calcular la diferencia de crecimiento entre las distintas dosis, bioinsumos y cultivos. Para esta evaluación, se tomaron

muestras al azar y se utilizó una regla de 30 cm como instrumento de medición.

c) Altura de la planta (cm)

La medición del tamaño de los brotes se llevó a cabo al final de la etapa productiva de la investigación, utilizando brotes al azar de la planta para realizar las mediciones. El propósito de esta medición fue conocer la curva de crecimiento de las plantas producidas para cada dosis, bioinsumo y cultivo. En este proceso, se empleó una regla de 30 cm para determinar la altura de las plántulas.

d) Rendimiento de forraje verde (kg/m^2)

Para determinar el rendimiento de forraje verde obtenido por cada bioinsumo, se llevó a cabo el pesaje el día de la cosecha utilizando una balanza electrónica. Cada unidad experimental fue pesada individualmente, y luego, los valores obtenidos se convirtieron a kg/m^2 con el objetivo de estandarizar los datos.

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

Este procedimiento se llevó a cabo al concluir la fase productiva de la investigación, es decir, después de la cosecha. Se tomaron muestras durante 2 días (48 horas) en una estufa a una temperatura de 60°C . Posteriormente, se pesaron estas muestras para calcular el rendimiento de materia seca para cada interacción, y los datos resultantes fueron convertidos a kg/m^2 para estandarizarlos.

Para calidad nutritiva.

Con el propósito de establecer el porcentaje de proteína, fibra, grasa, humedad, ceniza y extracto libre de nitrógeno, se enviaron muestras de forraje

verde hidropónico secas y molidas al laboratorio. Este análisis se realizó para cada unidad experimental, para cada tratamiento y para cada cultivo por separado.

Para costo de alimento.

Al concluir la fase experimental, se calculó el costo de producción para cada dosis de bioinsumo, para cada tipo de Bioinsumo y para cada cultivo, es decir para cada tratamiento utilizado en el estudio.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para la evaluación de las características agronómicas.

a) Porcentaje de germinación (%).

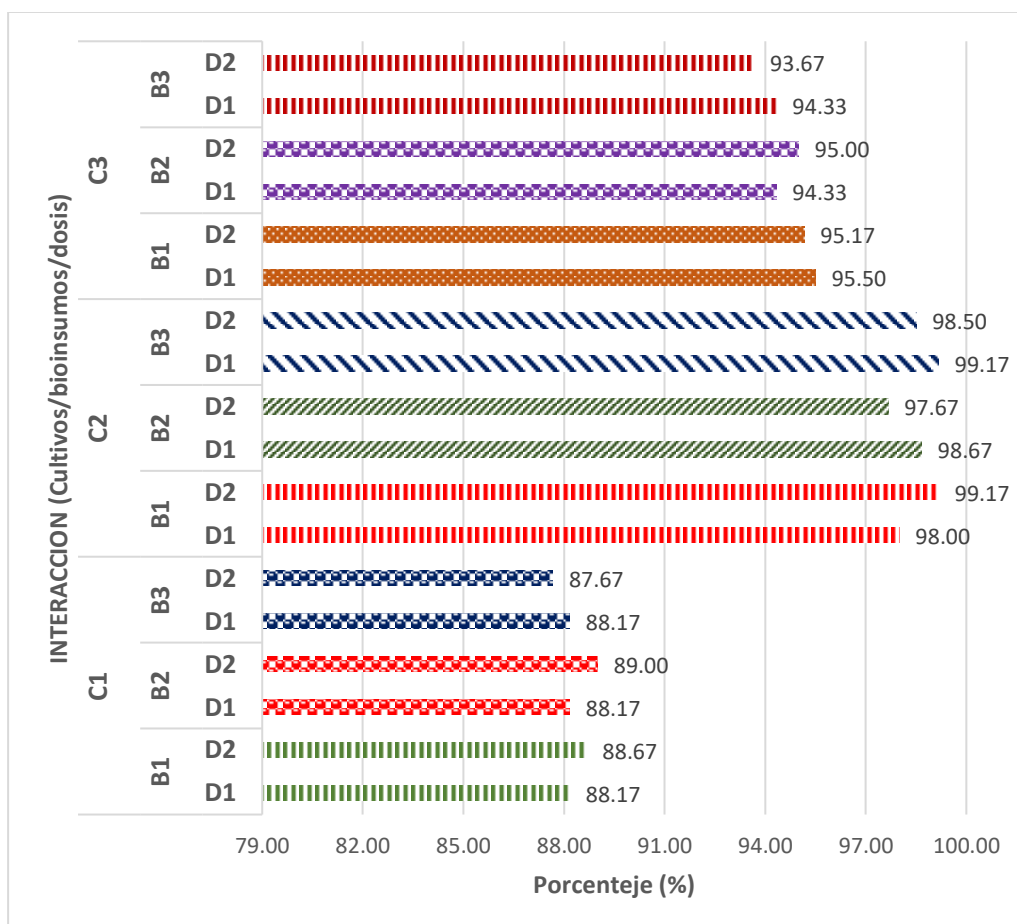


Gráfico 1. Porcentaje de germinación (%)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, D₁= Dosis de 250 g/L., D₂= Dosis de 350 g/L.

En el Gráfico 1 se evidencia que los mayores porcentajes de germinación se observan en las condiciones C_2 ($98.53 \pm 0.61\%$) y B_1 ($94.11 \pm 4.66\%$), así como en las interacciones $C_2B_1D_2$ (99.17%). Por el contrario, los valores más bajos se encontraron en las condiciones C_1 ($88.31 \pm 0.46\%$) y B_3 ($93.58 \pm 4.90\%$), junto con las interacciones $C_1B_3D_2$ ($87.67 \pm 0.47\%$). Estas discrepancias en los porcentajes de germinación pueden ser atribuidas a diversos factores, siendo el tipo de cultivo uno de los más relevantes, dado su impacto significativo en la germinación.

b) Tamaño de raíz (cm)

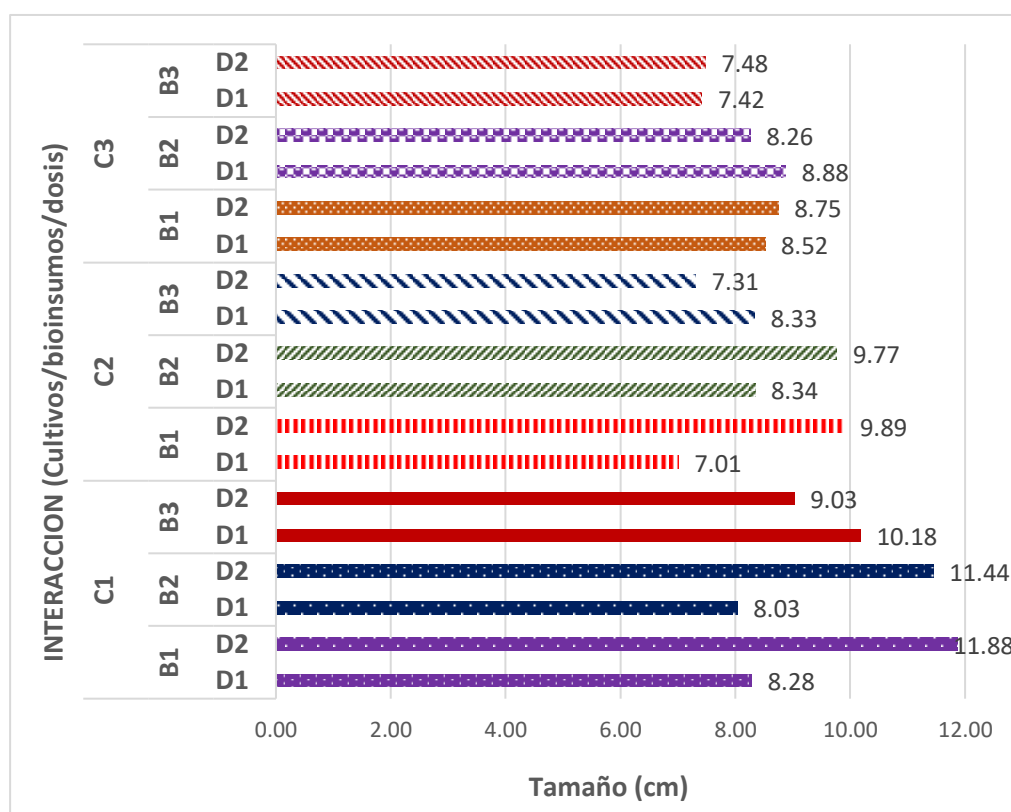


Gráfico 2. Tamaño de raíz (cm)

Leyenda: C_1 = Maíz, C_2 = Cebada, C_3 = Avena, B_1 = Solución hidropónica comercial, B_2 = Gallinaza, B_3 = Cuyaza, D_1 = Dosis de 250 g/L., D_2 = Dosis de 350 g/L.

En el Gráfico 2, se muestra el tamaño de la raíz, destacándose el mayor promedio en la condición C_1 (9.81 ± 1.62 cm) y B_2 (9.12 ± 1.30 cm), así como en la interacción $C_1B_1D_2$ (11.88 cm). Sin embargo, se observaron los valores más bajos en la condición C_3 (8.22 ± 0.63 cm) y B_3 (8.29 ± 1.14 cm), junto con la interacción $C_2B_1D_1$ (7.01 ± 0.98 cm).

Estos hallazgos implican que ciertas combinaciones de condiciones pueden favorecer un desarrollo más vigoroso de las raíces en contraste con otras. Asimismo, sugieren que ciertas condiciones o su interacción pueden no ser ideales para un crecimiento óptimo de las raíces en las plantas. Estos resultados subrayan la relevancia de comprender cómo diversos factores pueden incidir en el crecimiento radicular y cómo estas interacciones podrían influir en el desempeño global de las plantas.

c) Altura de la planta (cm)

El gráfico 3 muestra la altura de la planta, destacándose los mayores promedios en la condición C_2 (15.64 ± 2.23 cm) y B_1 (13.58 ± 2.34 cm), así como en la interacción $C_2B_2D_2$ (19.11 cm), lo que sugiere que estas condiciones pueden favorecer un mayor crecimiento vertical de las plantas. No obstante, se observaron los valores más bajos en la condición C_1 (10.42 ± 2.23 cm), B_3 (12.33 ± 3.30 cm), y la interacción $C_1B_3D_1$ (7.46 ± 0.62 cm), indicando que estas condiciones pueden ser menos favorables para el desarrollo vertical de las plantas. Estas disparidades resaltan la importancia de entender cómo diferentes factores, como el tipo de suelo y las prácticas de cultivo, pueden influir en el crecimiento de los cultivos y cómo estas interacciones pueden afectar su desarrollo general.

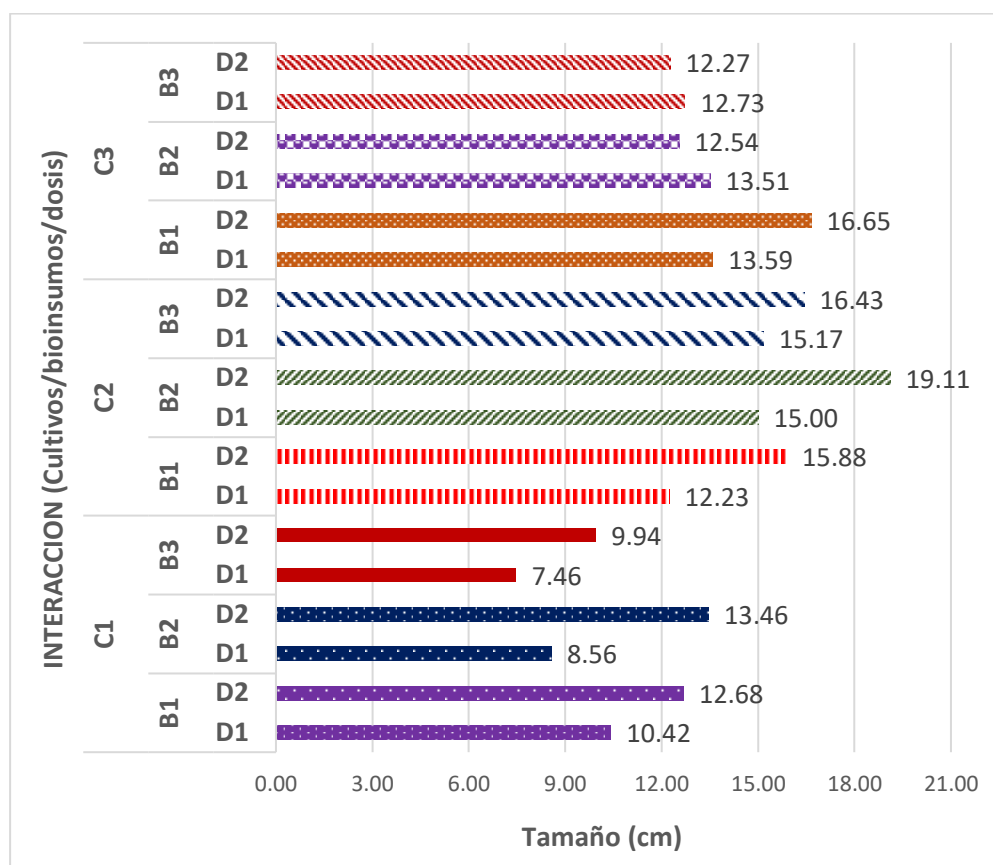


Gráfico 3. Altura de planta (cm)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, D₁= Dosis de 250 g/L., D₂= Dosis de 350 g/L.

d) Rendimiento de forraje verde (kg/m²)

Los datos del gráfico número 4 revelan que los rendimientos más altos se observan en la condición C₁ (13.23±0.83 kg/m²) y B₁ (10.60±2.51 kg/m²), mientras que la interacción C₁B₂D₂ (13.94 kg/m²) muestra un rendimiento superior a las demás, lo que sugiere que ciertos elementos asociados con estas condiciones podrían estar contribuyendo de forma positiva al aumento de la producción. En contraste, los valores más bajos se registraron en la condición C₃ (13.94±0.02 kg/m²), B₃ (9.79±2.75 kg/m²), y la interacción C₃B₃D₂ (6.85±0.26 kg/m²), lo que indica posibles limitaciones o condiciones desfavorables para el desarrollo de los cultivos. Esto sugiere una

combinación de factores que podrían estar impactando negativamente la productividad en ciertas condiciones.

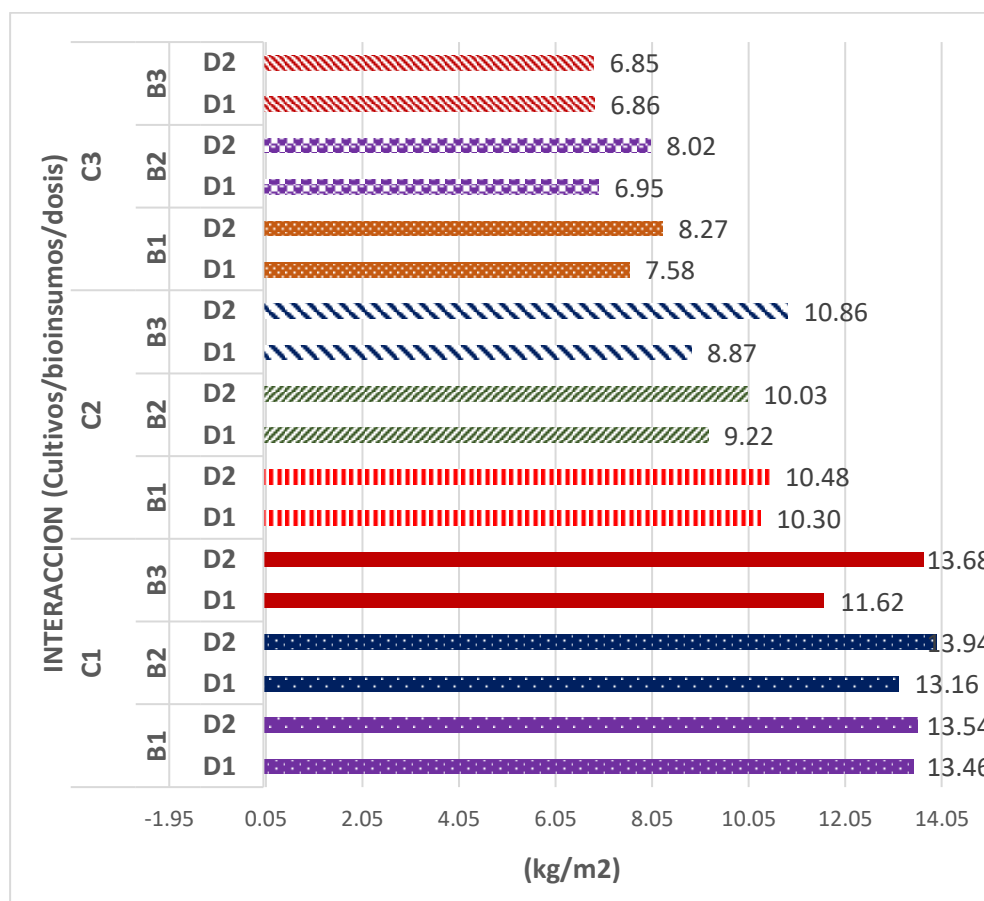


Gráfico 4. Rendimiento de forraje verde (kg/m²)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, D₁= Dosis de 250 g/L., D₂= Dosis de 350 g/L.

e) Rendimiento de materia seca (kg/m²)

Los resultados del gráfico número 5 muestran que los mayores rendimientos se observan en la condición C₁ (4.41 ± 0.30 kg/m²) y B₂ (2.61 ± 1.31 kg/m²), mientras que la interacción C₁B₃D₂ (4.79 kg/m²) exhibe un rendimiento superior a las demás, lo que indica que ciertos aspectos asociados con estas condiciones podrían estar contribuyendo positivamente al incremento de la producción. Por otro lado, los valores más bajos se registraron en la condición C₃ (1.79 ± 0.18 kg/m²), B₂ (2.61 ± 1.31 kg/m²), y la

interacción $C_3B_2D_1$ (1.62 ± 0.16 kg/m²), lo que sugiere la presencia de posibles limitaciones o condiciones desfavorables para el desarrollo de los cultivos. Esto implica una combinación de factores que podrían estar afectando negativamente la productividad en ciertos escenarios.

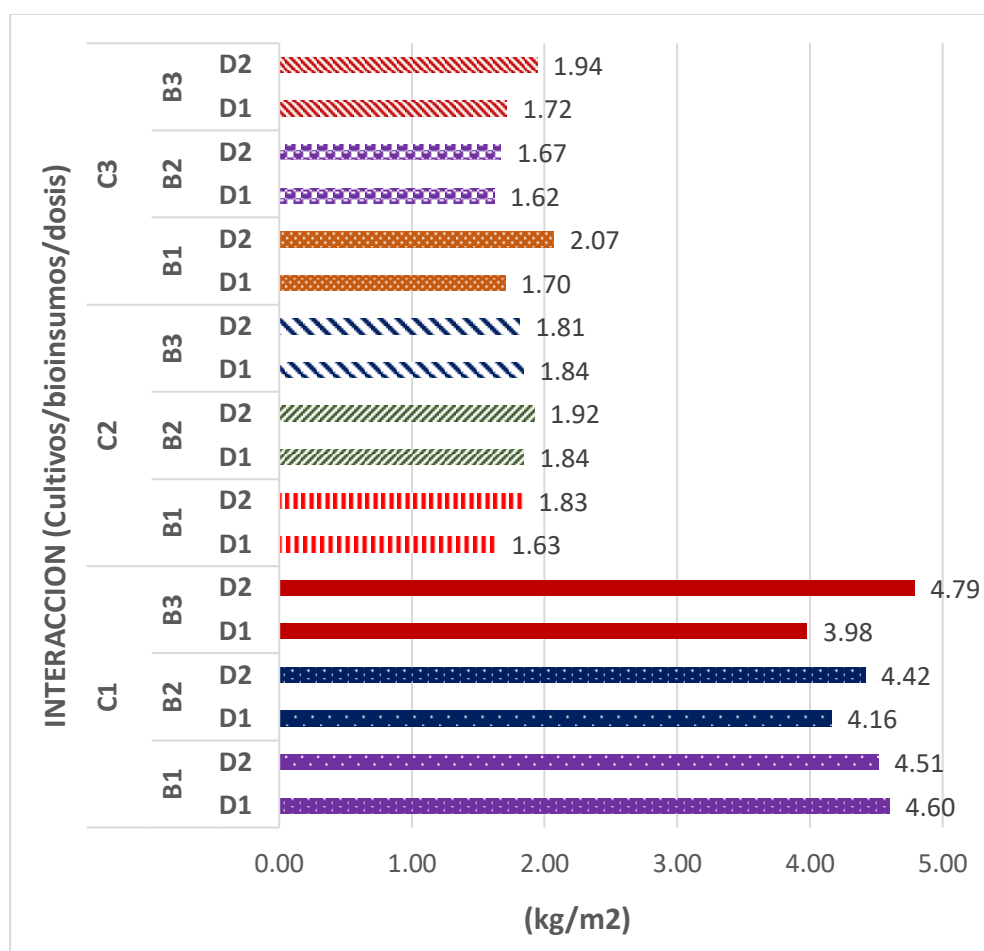


Gráfico 5. Rendimiento de materia seca (kg/m²)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, D₁= Dosis de 250 g/L., D₂= Dosis de 350 g/L.

Para calidad nutritiva.

a) Porcentaje de proteína (%)

En el gráfico 6 se analizan los porcentajes de proteína, destacando mayores valores en C₁ ($15.72 \pm 0.21\%$) y B₃ ($15.46 \pm 0.57\%$). La combinación C₂B₃, que involucra cebada con solución a base de cuvaza, muestra el valor más alto de proteína, alcanzando un porcentaje de ($15.89 \pm 0.47\%$). En

contraste, se registra un menor porcentaje en C₃ (15.01±0.19%) y B₃ (15.46±0.57%). Asimismo, la combinación C₂B₁, que implica cebada con solución hidropónica comercial, exhibe un porcentaje más bajo, registrado en (14.765±0.19%). Estos resultados resaltan la influencia de los diferentes tipos de cultivos y bioinsumos en los niveles de proteína, lo que sugiere la importancia de seleccionar las combinaciones más adecuadas para optimizar la producción de proteína en los cultivos.

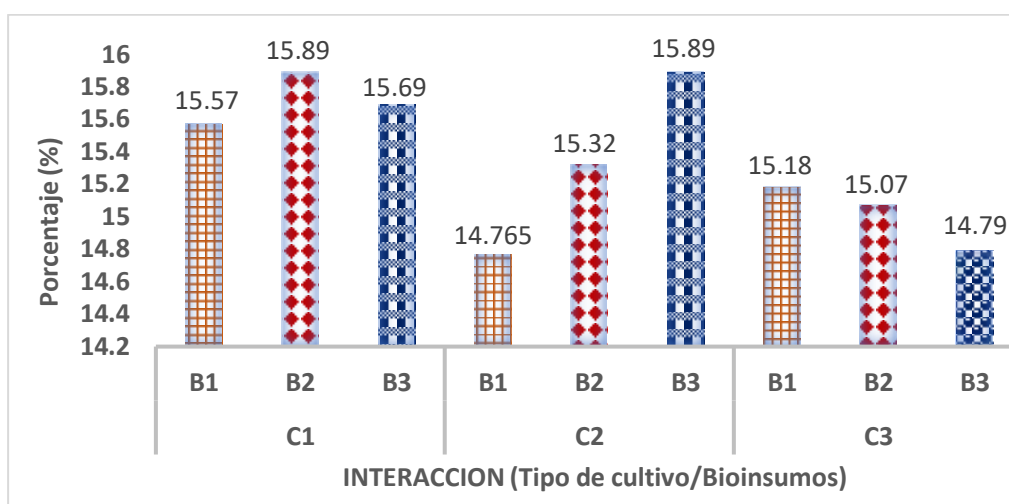


Gráfico 6. Porcentaje de proteína (%)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza.

b) Porcentaje de fibra cruda (%)

En el gráfico 7 se muestra el porcentaje de fibra cruda, destacando valores más altos en C₂ (19.39±0.79%) y B₂ (18.99±1.18%). La combinación C₂B₂, que implica cebada con solución a base de gallinaza, exhibe el valor más elevado de fibra cruda, alcanzando un porcentaje de (20.1±0.17%). Por otro lado, se observan menores porcentajes en maíz C₁ (18.12±0.83%) y con uso de cuyaza B₃ (18.71±0.95%). Además, la interacción C₁B₂, que incluye maíz con solución a base de gallinaza, registra un porcentaje más bajo, alcanzando (17.6±0.23%). Estos resultados resaltan las diferencias en el

contenido de fibra cruda entre las diferentes condiciones de cultivo y bioinsumos, lo que sugiere la influencia significativa de estos factores en la composición nutricional de los cultivos.

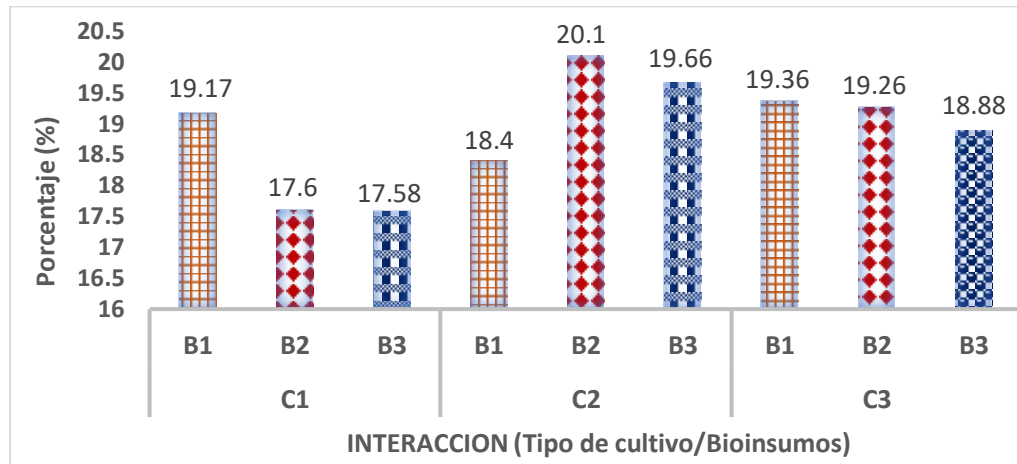


Gráfico 7. Porcentaje de fibra cruda (%)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, R₁= Repetición 1, R₂= Repetición 2.

c) Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)

En el gráfico 8, se evidencian los porcentajes de digestibilidad in vitro de la materia seca, destacando valores más altos en C₁ ($74.32 \pm 3.62\%$) y B₃ ($65.25 \pm 10.0\%$). La combinación C₁B₃, que representa maíz con solución a base de cuvaza, exhibe el mayor porcentaje de digestibilidad in vitro, alcanzando un valor de ($78.11 \pm 0.04\%$).

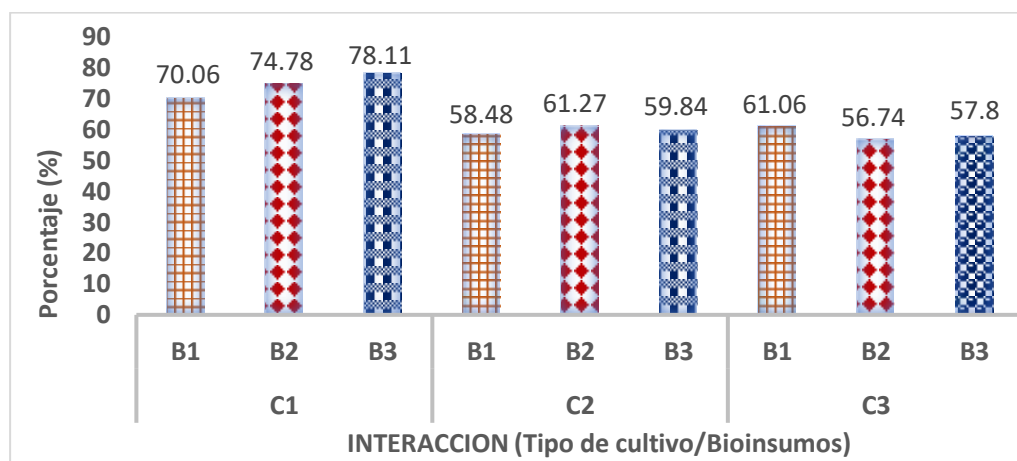


Gráfico 8. Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)

Leyenda: C1= Maíz, C2= Cebada, C3= Avena, B1= Solución hidropónica comercial, B2= Gallinaza, B3= Cuyaza, R1= Repetición 1, R2= Repetición 2.

En contraste, se observan los menores valores en C₃ ($58.53 \pm 2.01\%$) y B₁ ($63.20 \pm 5.44\%$). Además, la interacción C₃B₂, que involucra avena con solución a base de gallinaza, muestra el menor valor registrado, con un porcentaje de ($56.74 \pm 0.05\%$). Estos resultados resaltan las diferencias en la digestibilidad in vitro de la materia seca entre las diferentes condiciones de cultivo y bioinsumos, lo que sugiere la influencia significativa de estos factores en la composición y calidad nutricional de los cultivos.

d) Extracto libre de nitrógeno (%)

En el gráfico 9, se analiza el porcentaje de extracto libre de nitrógeno, donde se destacan mayores valores en C₁ ($63.04 \pm 6.62\%$) y B₃ ($58.10 \pm 7.18\%$). La combinación C₁B₂, que implica maíz con solución a base de gallinaza, muestra el valor más alto, alcanzando un porcentaje de ($67.93 \pm 0.47\%$). En contraste, se observan menores porcentajes en C₂ ($52.74 \pm 2.06\%$) y B₁ ($54.55 \pm 0.62\%$). Además, la combinación C₂B₃, que corresponde a cebada con solución a base de cuyaza, registra el valor más bajo, con ($50.75 \pm 0.13\%$).

Los resultados evidencian una diversidad notable en el contenido de extracto libre de nitrógeno entre las distintas condiciones de cultivo y bioinsumos. Esta variabilidad puede tener importantes implicaciones para la disponibilidad y calidad nutricional de los cultivos. Los mayores porcentajes de extracto libre de nitrógeno, como los observados en la combinación C₁B₂ con maíz y solución de gallinaza, sugieren una potencial mejora en la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Esta situación podría traducirse en un mejor crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como en

una mayor calidad nutricional de los mismos, lo que podría ser beneficioso para su rendimiento y su valor como alimento. Por otro lado, los menores porcentajes, como los registrados en la combinación C₂B₃ con cebada y solución de cuyaza, podrían indicar limitaciones en la disponibilidad de nitrógeno, lo que podría afectar negativamente el crecimiento y la calidad de los cultivos.

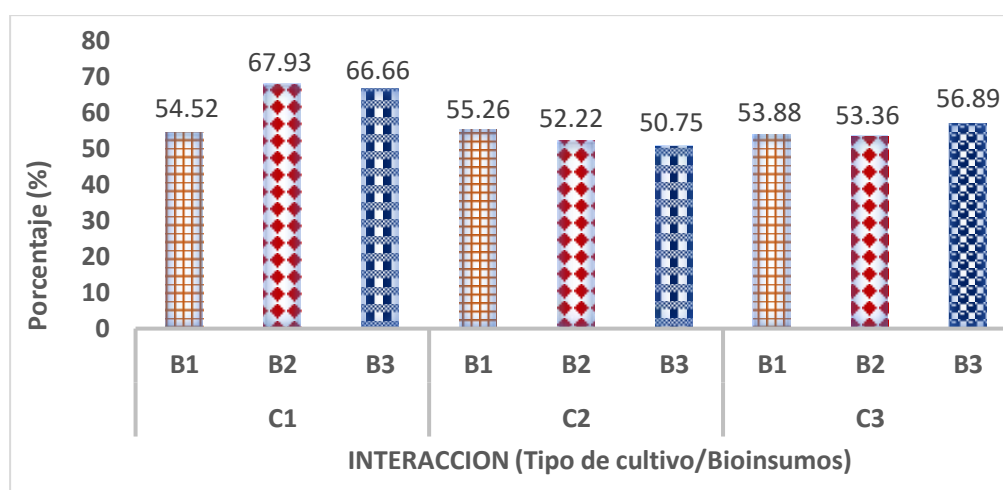


Gráfico 9. Extracto libre de nitrógeno (%)

Leyenda: C1= Maíz, C2= Cebada, C3= Avena, B1= Solución hidropónica comercial, B2= Gallinaza, B3= Cuyaza, R1= Repetición 1, R2= Repetición 2.

e) Porcentaje de cenizas (%)

En el gráfico 10, se observa el porcentaje de cenizas, con valores más altos en C₂ (2.27±0.17%) y B₁ (3.93±1.45%), mientras que la combinación C₂B₃, que implica cebada con solución a base de cuyaza, muestra el valor más elevado, alcanzando un porcentaje de (5.33±0.49%). En contraste, se registra un menor porcentaje en C₁ (2.27±0.17%), B₂ (3.66±1.14%) y la combinación C₁B₁, correspondiente a maíz con solución hidropónica comercial, con un valor de (2.06±0.04%).

Estos hallazgos sugieren que los diferentes tipos de bioinsumos y cultivos pueden influir en el contenido mineral de las plantas, lo que tiene

implicaciones importantes para su valor nutricional y su potencial uso en la alimentación animal o humana.

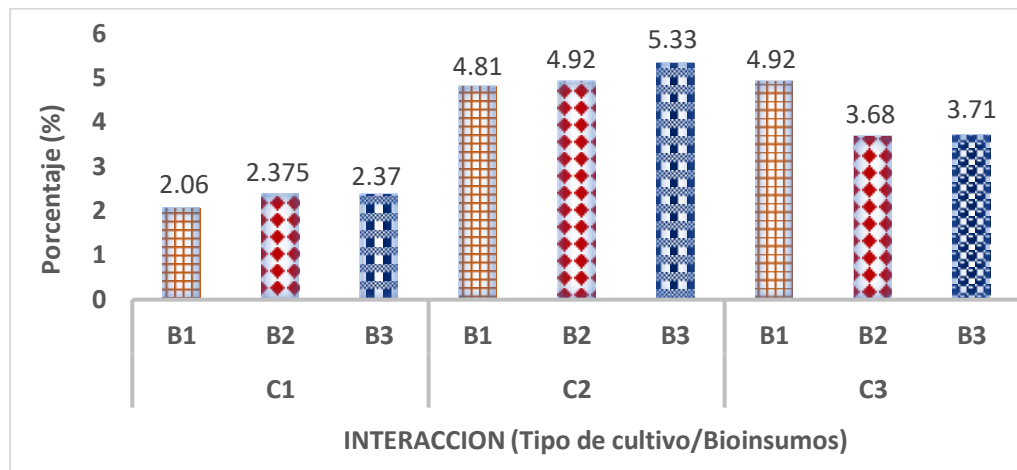


Gráfico 10. Porcentaje de cenizas (%)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, R₁= Repetición 1, R₂= Repetición 2.

f) Grasa cruda (%)

En el gráfico 11, se analiza el porcentaje de grasa cruda, destacándose valores más altos en C₁ (3.66±0.18%) y B₂ (3.38±0.27%), mientras que la combinación C₁B₁, que implica maíz con solución hidropónica comercial, muestra el valor más elevado de grasa cruda, alcanzando un porcentaje de (3.86±0.18%), Este hallazgo sugiere que ciertas condiciones de cultivo, como el tipo de cultivo y el tipo de solución utilizada, pueden influir en el contenido de grasa cruda de manera significativa.

Por otro lado, se registra un menor porcentaje en C₂ (2.85±0.41%) y B₁ (3.20±0.70%), y la combinación C₂B₁, que corresponde a cebada con solución hidropónica comercial, presenta el valor más bajo, con un porcentaje de (2.35±0.10%). Estas diferencias podrían deberse a la interacción compleja entre los factores de cultivo y los bioinsumos utilizados,

destacando la importancia de seleccionar cuidadosamente estas variables para optimizar el contenido de grasa cruda en los cultivos.

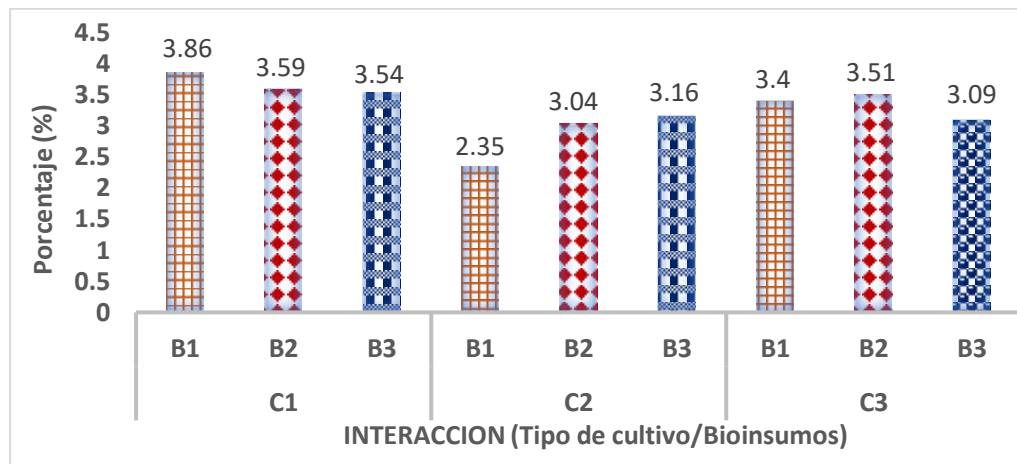


Gráfico 11. Grasa cruda (%)

Leyenda: C₁= Maíz, C₂= Cebada, C₃= Avena, B₁= Solución hidropónica comercial, B₂= Gallinaza, B₃= Cuyaza, R₁= Repetición 1, R₂= Repetición 2.

Para el costo de producción.

a) Costo de producción (S/m²)

En el gráfico 12, se examina el costo de producción de los cultivos hidropónicos por metro cuadrado, destacándose valores más altos en C₃ (S/. 0.94±0.16) y B₂ (S/. 0.89±0.21), mientras que la combinación C₃B₁, que implica avena con solución hidropónica a base de cuyaza, muestra el valor más elevado de costo, alcanzando (S/. 1.14), lo que puede atribuirse a diversos factores, como el tipo de cultivo y el costo de los insumos utilizado.

Por otro lado, se registra un menor costo en C₁ (S/. 0.53±0.11) y B₂ (S/. 0.62±0.17), y la combinación C₁B₂, que corresponde a cebada con solución hidropónica comercial, presenta el valor más bajo, con un costo de (S/. 0.45), lo que podría indicar una mayor eficiencia en la gestión de recursos y una optimización en los procesos de producción. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar no solo el rendimiento de los cultivos, sino

también los costos asociados, para tomar decisiones informadas en la planificación y gestión de los sistemas de producción hidropónica.

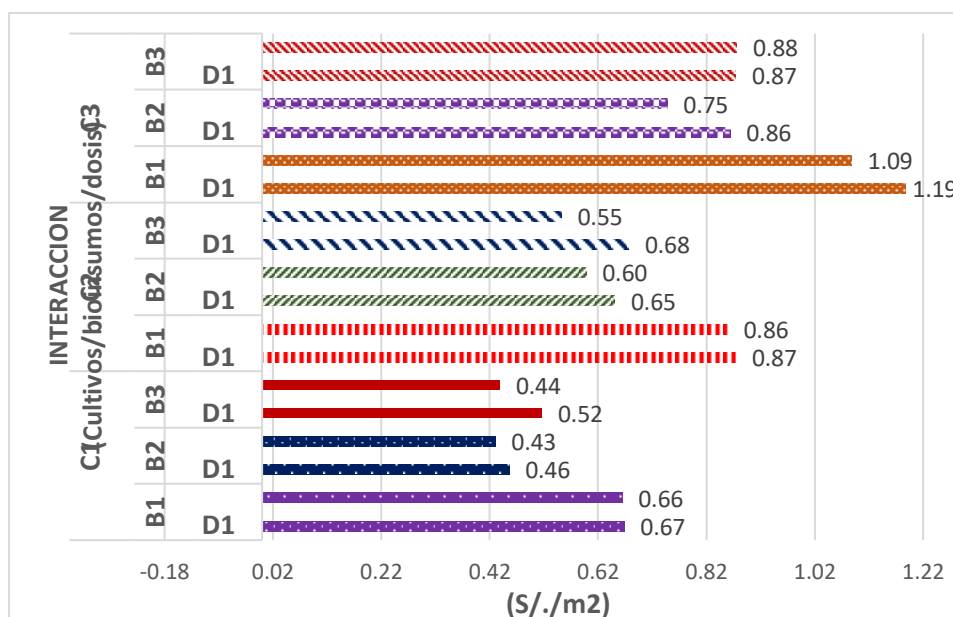


Gráfico 12. Costo de producción (S./m2)

Leyenda: C1= Maíz, C2= Cebada, C3= Avena, B1= Solución hidropónica comercial, B2= Gallinaza, B3= Cuyaza, D1= Dosis de 250 g/L., D2= Dosis de 350 g/L.

4.3. Prueba de hipótesis.

Para la evaluación de la característica agronómica.

Porcentaje de germinación (%).

Al realizar el Análisis de Varianza (ANOVA) con nivel significación de $\alpha = 0.01$ no mostró diferencias significativas entre bioinsumos, dosis ni su interacción, pero sí entre cultivos (bloques). La variabilidad entre unidades experimentales fue baja (1.11 %) y se obtuvo un coeficiente de confiabilidad del 96 %. Detalles en anexos.

La prueba de Tukey (Tabla 5), mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la germinación entre cultivos. Cebada (98.53 %) tuvo el mayor porcentaje, seguida de avena (94.67 %) y maíz (88.31 %). Cebada superó estadísticamente a avena y maíz; avena también fue superior al maíz. Esto indica una mejor

capacidad de germinación de la cebada, posiblemente por su mayor vigor y adaptabilidad.

Tabla 5. Prueba de Tukey para porcentaje de germinación en tipos de cultivos.

Tipo de cultivo (Promedio en %)		
C ₁ (Maíz)	C ₂ (Cebada)	C ₃ (Avena)
88.17	98.00	95.50
88.67	99.17	95.17
88.17	98.67	94.33
89.00	97.67	95.00
88.17	99.17	94.33
87.67	98.50	93.67
88.31 c	98.53 a	94.67 b

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Al aplicar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para los tipos de bioinsumos, se ha aceptado la hipótesis nula (H_0), indicando que no existen diferencias estadísticas entre los bioinsumos B₁ ($94.11 \pm 0.46\%$), B₂ ($93.81 \pm 4.36\%$) y B₃ ($93.58 \pm 4.90\%$). De manera similar, a nivel de dosis, D₁ ($93.83 \pm 4.59\%$) y D₂ ($93.83 \pm 4.42\%$) también resultaron ser iguales, como se muestra en la tabla 5, 6 y anexos.

Tabla 6. Prueba de Tukey para porcentaje de germinación en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.

Tipo de bioinsumo		Dosis de bioinsumos		Promedio
		D ₁	D ₂	
		(250 g/L)	(350 g/L)	
B₁ (Solución hidropónica comercial)	1	88.17	88.67	94.11 a
	2	98.00	99.17	
	3	95.50	95.17	
B₂ (Solución a base de gallinaza)	1	88.17	89.00	93.81 a
	2	98.67	97.67	
	3	94.33	95.00	
B₃ (Solución a base de cuyaza)	1	88.17	87.67	93.58 a
	2	99.17	98.50	
	3	94.33	93.83	
Promedio		93.83 a	93.83 a	93.83

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos bioinsumos), se acepta la hipótesis nula (H_0). Esto indica que no existen diferencias estadísticas entre estas, sin embargo, siendo mayor la combinación B_1D_2 (94.33 %) y menor interacción B_3D_2 (93.28%), ver tabla 7 y anexos.

Tabla 7. Prueba de Tukey para interacción para altura de planta.

Tipos de Bioinsumos	Dosis de bioinsumos	Interacción (B/D)	Promedio Interacción (B/D)
B₁	D₂	B₁D₂	94.33 a
B₁	D₁	B₁D₁	93.89 a
B₂	D₂	B₂D₂	93.89 a
B₃	D₁	B₃D₁	93.89 a
B₂	D₁	B₂D₁	93.72 a
B₃	D₂	B₃D₂	93.28 a

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

a) Tamaño de la raíz (cm).

El ANOVA ($\alpha = 0.01$) mostró diferencias significativas según la dosis, la interacción bioinsumo - dosis y entre cultivos, pero no entre bioinsumos. La variabilidad entre unidades experimentales fue del 15.46 % y el coeficiente de confiabilidad, del 47 %. Detalles en los apéndices.

Tabla 8. Prueba de Tukey para porcentaje de tamaño de raíz en tipo de cultivo

Tipo de cultivo (Promedio)		
C ₁ (Maíz)	C ₂ (Cebada)	C ₃ (Avena)
8.28	7.01	8.52
11.88	9.89	8.75
8.03	8.34	8.88
11.44	9.77	8.26
10.18	8.33	7.42
9.03	7.31	7.48
9.81 a	8.44 ab	8.22 b

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de cultivos (bloques), se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir que C₁ (9.81 ± 1.62 cm) es mayor a solo a C₃ (8.22 ± 0.63 cm); sin embargo, C₂ (8.44 ± 1.20 cm) y C₃ son estadísticamente iguales (Tabla 8).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de bioinsumos (Tabla 9), se acepta la hipótesis nula (H_0). Específicamente, se ha encontrado que B₁ (9.05 ± 1.66 cm) es mayor B₂ (9.12 ± 1.30 cm) y B₃ (8.29 ± 1.14 cm).

Tabla 9. Prueba de Tukey para tamaño de raíz en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.

Tipo de bioinsumo		Dosis de bioinsumos		Promedio
		D ₁ (250 g/L)	D ₂ (350 g/L)	
B₁ (Solución hidropónica comrcial)	1	8.28	11.88	9.06 a
	2	7.01	9.89	
	3	8.52	8.75	
B₂ (Solución a base de gallinaza)	1	8.03	11.44	9.12 a
	2	8,34	9.77	
	3	8.88	8.26	
B₃ (Solución a base de cuyaza)	1	10.18	9.03	8.29 a
	2	8.33	7.31	
	3	7.42	7.48	
Promedio		8.33 b	9.31 a	8.82

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para niveles de dosis (Tabla 9), se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir que D_2 (9.31 ± 1.60 cm) es mayor estadísticamente que D_1 (8.33 ± 0.89 cm).

Tabla 10. Prueba de Tukey para interacción de tamaño de raíz (cm).

Tipos de Bioinsumos	Dosis de bioinsumos	Interacción (B/D)	Promedio Interacción (B/D)
B₁	D₂	B₁D₂	10.17 a
B₂	D₂	B₂D₂	9.82 a
B₃	D₁	B₃D₁	8.64 a
B₂	D₁	B₂D₁	8.42 a
B₁	D₁	B₁D₁	7.94 a
B₃	D₂	B₃D₂	7.94 a

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos bioinsumos), se acepta la hipótesis nula (H_0). Esto indica que no existen diferencias estadísticas entre las interacciones, sin embargo, siendo mayor la combinación B_1D_2 (10.17 cm) y menor interacción B_3D_2 (7.94 cm) ver tabla 10 y anexos.

b) Altura de la planta (cm)

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$ evidenció diferencias altamente significativas entre las dosis aplicadas y los tipos de cultivo evaluados. En contraste, no se detectaron diferencias estadísticas entre los bioinsumos ni en la interacción bioinsumo $\times$ dosis. La

variabilidad entre las unidades experimentales fue del 13.64 %, y se obtuvo un coeficiente de confiabilidad del 72 %, conforme se detalla en los anexos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de cultivos (bloques), se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir que C_2 (15.64 ± 2.23 cm) es mayor que C_3 (13.55 ± 1.61 cm) y C_3 mayor que C_1 (10.42 ± 2.31 cm).

Tabla 11. Prueba de Tukey para altura de planta en tipos de cultivo

Tipo de cultivo (Promedio)		
C ₁ (Maíz)	C ₂ (Cebada)	C ₃ (Avena)
10.42	12.23	13.59
12.68	15.88	16.65
8.56	15.00	13.51
13.46	19.11	12.54
7.46	15.17	12.73
9.94	16.43	12.27
10.42 c	15.64 a	13.55 b

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de bioinsumos (Tabla 12), se acepta la hipótesis nula (H_0). Específicamente, se ha encontrado que B_2 (13.70 ± 3.43 cm), B_1 (13.57 ± 2.34 cm) y B_3 (12.33 ± 3.30 cm) son estadísticamente iguales.

Tabla 12. Prueba de Tukey para altura de planta en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.

Tipo de bioinsumo		Dosis de bioinsumos		Promedio
		D ₁	D ₂	
		(250 g/L)	(350 g/L)	
B₁ (Solución hidropónica comercial)	1	10.42	12.68	13.57 a
	2	12.23	15.88	
	3	13.59	16.65	
B₂ (Solución a base de gallinaza)	1	8.56	13.46	13.70 a
	2	15.00	19.11	
	3	13.51	12.54	
B₃ (Solución a base de cuyaza)	1	7.46	9.94	12.33 a
	2	15.17	16.43	
	3	12.73	12.27	
Promedio		12.07 b	14.33 a	13.20

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para niveles de dosis, se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir D_2 (14.33 ± 2.86 cm) es estadísticamente significativo que D_1 (12.07 ± 2.72 cm).

Tabla 13. Prueba Tukey para altura de planta en interacción (tipo de bioinsumos/dosis de bioinsumos).

Tipos de Bioinsumos	Dosis de bioinsumos	Interacción (B/D)	Promedio Interacción (B/D)
B ₁	D ₂	B ₁ D ₂	15.07 a
B ₂	D ₂	B ₂ D ₂	15.04 a
B ₃	D ₂	B ₃ D ₂	12.88 ab
B ₂	D ₁	B ₂ D ₁	12.36 ab
B ₁	D ₁	B ₁ D ₁	12.08 ab
B ₃	D ₁	B ₃ D ₁	11.78 b

Nota: a, b, = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos bioinsumos), se rechaza la hipótesis nula (H_0). Esto indica que la combinación B₁D₂ (17.07 cm) y B₃D₂ (15.04 cm) son estadísticamente iguales, pero solo mayor a la combinación B₃D₁ (11.78 cm), otras combinaciones son estadísticamente iguales, ver tabla 9 y anexos.

c) Rendimiento de forraje verde (km/m²)

Al realizar el ANOVA para rendimiento de forraje verde, se han identificado diferencias altamente significativas entre los tipos de bioinsumos, dosis y cultivos; sin embargo, no existe diferencias estadísticas a nivel de la interacción (tipo de bioinsumo/dosis). Se observa un coeficiente

de variabilidad homogénea en las unidades experimentales (C.V.= 4.99%) y un coeficiente de confiabilidad ($r^2=0.97\%$), ver anexos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir C_1 ($13.24 \pm 2.0.83 \text{ kg/m}^2$) es diferente y mayor a C_2 ($9.96 \pm 0.77 \text{ kg/m}^2$), y C_2 mayor a C_3 ($7.42 \pm 0.63 \text{ kg/m}^2$), ver tabla 14 y anexos.

Tabla 14. Prueba de Tukey para rendimiento de forraje verde en tipos de cultivos.

Tipo de cultivo (Promedio)		
C ₁ (Maíz)	C ₂ (Cebada)	C ₃ (Avena)
13.46	10.30	7.58
13.54	10.48	8.27
13.16	9.22	6.95
13.94	10.03	8.02
11.62	8.87	6.86
13.68	10.86	6.85
13.24 a	9.96 b	7.42 c

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de bioinsumos, se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir B_1 ($10.61 \pm 2.51 \text{ kg/m}^2$) es diferente y mayor a B_3 ($9.79 \pm 2.75 \text{ kg/m}^2$). Sin embargo B_2 ($10.22 \pm 2.80 \text{ kg/m}^2$), es igual a B_3 , ver tabla 15 y anexos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para dosis, se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir D_2 ($10.63 \pm 2.64 \text{ kg/m}^2$) es diferente y mayor a D_1 ($9.78 \pm 2.53 \text{ kg/m}^2$), ver tabla 15 y anexos.

Tabla 15. Prueba de Tukey para porcentaje de rendimiento de forraje verde en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.

Tipo de bioinsumo		Dosis de bioinsumos		Promedio
		D ₁	D ₂	
		(250 g/L)	(350 g/L)	
B₁ (Solución hidropónica comercial)	1	13.46	13.54	10.61 a
	2	10.30	10.48	
	3	7.58	8.27	
B₂ (Solución a base de gallinaza)	1	13.16	13.94	10.22 ab
	2	9.22	10.03	
	3	6.95	8.02	
B₃ (Solución a base de cuyaza)	1	11.62	13.68	9.79 ab
	2	8.87	10.86	
	3	6.86	6.85	
Promedio		9.78 b	10.63 a	10.20

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes (p > 0.05).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos bioinsumos), se rechaza la hipótesis nula (H₀). Esto indica que la combinación B₁D₂ (10.77cm) es mayor estadísticamente a B₂D₁ (9.78 kg/m²) y B₃D₁ (9.12 kg/m²); otras combinaciones son iguales estadísticamente, ver tabla 16 y anexos.

Tabla 16. Prueba de Tukey para rendimiento de forraje verde.

Tipos de Bioinsumos	Dosis de bioinsumos	Interacción (B/D)	Promedio Interacción (B/D)
B₁	D₂	B₁D₂	10.77 a
B₂	D₂	B₂D₂	10.67 ab
B₃	D₂	B₃D₂	10.46 ab
B₁	D₁	B₁D₁	10.45 ab
B₂	D₁	B₂D₁	9.78 bc
B₃	D₂	B₃D₁	9.12 c

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes (p > 0.05).

d) Rendimiento de materia seca (kg/m²)

Después de realizar el análisis de varianza (ANOVA) para rendimiento de materia seca, se han identificado diferencias altamente significativas entre las dosis y cultivos; sin embargo, no existe diferencias estadísticas a nivel de tipos de bioinsumos y la interacción (tipo de bioinsumo/dosis). Se observa un coeficiente de variabilidad homogénea en las unidades experimentales (C.V.= 8.87%) y un coeficiente de confiabilidad ($r^2=0.97\%$), ver anexos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir C_1 (4.41 ± 0.30 kg/m²) es diferente y mayor a C_2 (1.81 ± 0.10 kg/m²); sin embargo, C_2 y C_3 (1.79 ± 0.18 kg/m²) son estadísticamente iguales, ver tabla 17 y anexos.

Tabla 17. Prueba de Tukey para porcentaje de rendimiento de materia seca en tipos de cultivos.

Tipo de cultivo (Promedio)		
C ₁ (Maíz)	C ₂ (Cebada)	C ₃ (Avena)
4.60	1.63	1.70
4.51	1.83	2.07
4.16	1.84	1.62
4.42	1.92	1.67
3.98	1.84	1.72
4.79	1.81	1.94
4.41_a	1.81_b	1.79_b

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de bioinsumos, se acepta la hipótesis nula (H_0); es decir B_1 (2.72 ± 1.43 kg/m²), B_3 (2.68 ± 1.35 kg/m²) y B_2 (2.61 ± 1.31 kg/m²) son estadísticamente iguales, ver tabla 18 y anexos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para dosis, se rechaza la hipótesis nula (H_0); es decir D_2 (2.77 ± 1.36 kg/m²) es diferente y mayor a D_1 (2.57 ± 1.27 kg/m²), ver tabla 18 y anexos.

Tabla 18. Prueba de Tukey para rendimiento de materia seca en tipo de bioinsumos y dosis de bioinsumos.

Tipo de bioinsumo		Dosis de bioinsumos		Promedio
		D ₁ (250 g/L)	D ₂ (350 g/L)	
B₁ (Solución hidropónica comercial)	1	4.60	4.51	2.72 a
	2	1.63	1.83	
	3	1.70	2.07	
B₂ (Solución a base de gallinaza)	1	4.16	4.42	2.61 a
	2	1.84	1.92	
	3	1.62	1.67	
B₃ (Solución a base de cuyaza)	1	3.98	4.79	2.68 a
	2	1.84	1.81	
	3	1.72	1.94	
Promedio		2.57 b	2.77 a	2.67

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos bioinsumos), se acepta la hipótesis nula (H_0); es decir todas las combinaciones son iguales estadísticamente, ver tabla 19 y anexos.

Tabla 19. Prueba de Tukey para rendimiento de Materia seca.

Tipos de Bioinsumos	Dosis de bioinsumos	Interacción (B/D)	Promedio Interacción (B/D)
B₃	D₂	B₃D₂	2.85 a
B₁	D₂	B₁D₂	2.81 a
B₂	D₂	B₂D₂	2.67 a
B₁	D₁	B₁D₁	2.64 a
B₂	D₁	B₂D₁	2.54 a
B₃	D₁	B₃D₁	2.51 a

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Para calidad nutritiva.

a) Porcentaje de proteína (%).

Al realizar el ANOVA ($\alpha = 0.01$) para el porcentaje de proteína, se han identificado diferencias altamente significativas entre los tipos de cultivo y a nivel de interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumos); sin embargo, no se observaron diferencias entre tipos de bioinsumos.

Es importante destacar que los resultados revelaron una homogeneidad en el coeficiente de variabilidad en las unidades experimentales, (C.V. = 1.47%). Además, la confiabilidad de los datos se encuentra respaldada por un coeficiente de determinación ($r^2 = 0.87\%$), lo que indica un alto nivel de concordancia entre los datos y el modelo utilizado. Para mayor detalle, se pueden consultar los anexos adjuntos, ver anexos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H_0), esto indica que existe diferencias estadísticas significativas entre éstas. Específicamente, los análisis revelan que el cultivo C_1 exhibe un porcentaje de proteína significativamente mayor ($15.72 \pm 0.19\%$) en comparación con el cultivo C_2 ($15.13 \pm 0.56\%$) y al cultivo C_3 ($15.01 \pm 0.34\%$). Sin embargo, el C_2 y C_3 son estadísticamente iguales, ver tabla 20 y anexos.

Tabla 20. Prueba de Tukey para porcentaje de proteína, para tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁ (Solución hidropónica comercial)	B ₂ (Solución a base de gallinaza)	B ₃ (Solución a base de cuyaza)	
C ₁ (Maíz)	1	15.35	15.93	15.63	15.72 a
	2	15.79	15.85	15.75	
C ₂ (Cebada)	1	14.63	15.13	15.56	15.33 b
	2	14.90	15.51	16.22	
C ₃ (Avena)	1	15.22	14.98	14.75	15.01 b
	2	15.14	15.16	14.83	
Promedio		15.17 a	15.43 a	15.46 a	

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipo de bioinsumo, se acepta la hipótesis nula (H_0). Esto indica que no existen diferencias estadísticas entre estas, se ha encontrado que el bioinsumo B₃ (15.46 ± 0.57 %) es mayor a B₁ (15.43 ± 0.40 %) y B₂ (15.17 ± 0.40 %), ver tabla 20 y anexos.

Tabla 21. Prueba de Tukey para porcentaje de proteína, (tipos de cultivo/ tipos de bioinsumos).

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	15.89 a
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	15.89 a
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	15.69 a
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	15.67 ab
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	15.32 ab
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	15.18 ab
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	15.07 ab
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	14.79 b
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	14.77 b

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

A la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos de bioinsumos) en porcentaje de proteína, se rechaza la hipótesis nula (H_0). Esto indica que existen diferencias estadísticas significativas entre las diferentes combinaciones de tipos de cultivos y tipos de bioinsumos. En particular, se ha encontrado que la combinación cebada (C_2) y bioinsumo cuyasa (B_3) presenta un mayor y diferente porcentaje con promedio (15.89 %) en comparación con las otras combinaciones de cultivos y tipos de bioinsumos, ver tabla 21 y anexos.

b) Porcentaje de fibra cruda (%).

El ANOVA realizado con un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$ para el porcentaje de fibra cruda reveló diferencias altamente significativas entre los tipos de cultivo y a nivel de interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumos). Sin embargo, no se observaron diferencias entre los tipos de bioinsumos. Es relevante señalar que los resultados mostraron una uniformidad en el coeficiente de variabilidad en las unidades experimentales (C.V. = 1.36%). Además, la confiabilidad de los datos se respalda con un coeficiente de determinación ($r^2 = 0.95\%$), lo que indica un alto grado de concordancia entre los datos y el modelo utilizado. Para obtener más detalles, se pueden consultar los anexos adjuntos.

Tabla 22. Prueba de Tukey para porcentaje de fibra cruda, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

Tipo de cultivo		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁	B ₂	B ₃	
		(Solución hidropónica comercial)	(Solución a base de gallinaza)	(Solución a base de cuyaza)	
C ₁ (Maíz)	1	19.14	17.44	17.42	18.12 b
	2	19.30	17.76	17.74	
C ₂ (Cebada)	1	18.34	19.98	19.64	19.39 a
	2	18.46	20.22	19.68	
C ₃ (Avena)	1	19.32	18.79	18.83	19.17 b
	2	19.40	19.73	18.93	
Promedio		15.46 a	18.98 a	18.99 a	18.71

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Al realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para los tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existe una diferencia altamente significativa entre estos tipos. Específicamente, los análisis revelan que el cultivo C₂ muestra un porcentaje de proteína significativamente mayor (19.39 ± 0.79 %) en comparación con el cultivo C₁ (18.12 ± 0.83 %) y el cultivo C₃ (19.17 ± 0.38 %). Sin embargo, los cultivos C₂ y C₃ son estadísticamente iguales. Se pueden consultar más detalles en la tabla 22 y los anexos adjuntos.

Realizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para el tipo de bioinsumo, se acepta la hipótesis nula (H_0), lo que indica que no existen diferencias estadísticas entre ellos. En otras palabras, los bioinsumos B₂ (18.99 ± 1.18 %), B₁ (18.98 ± 0.46 %) y B₃ (18.71 ± 0.95 %) son

estadísticamente iguales. Puede consultarse más información en la tabla 22 y los anexos adjuntos.

Tabla 23. Prueba de Tukey para porcentaje de fibra cruda, para la interacción (tipos de cultivo/ tipo de bioinsumo).

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	20.10 a
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	19.66 ab
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	19.36 abc
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	19.26 abc
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	19.17 abc
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	18.88 bc
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	18.40 cd
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	17.60 d
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	17.58 d

Nota: a, b, c, d = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

En cuanto a la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para la interacción (tipos de cultivo/tipos de bioinsumos) en el porcentaje de proteína, se rechaza la hipótesis nula (H_0). Esto indica que existen diferencias significativas entre las diferentes combinaciones de tipos de cultivos y tipos de bioinsumos. Se observa que la combinación de cebada (C₂) con el bioinsumo gallinaza (B₂) presenta un mayor y diferente porcentaje con un promedio de (20.10%), en comparación con las otras combinaciones. Más detalles se pueden encontrar en la tabla 23 y los anexos adjuntos.

c) Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)

Al realizar el ANOVA ($\alpha = 0.01$) en el porcentaje de digestibilidad in vitro de la materia seca, se han identificado diferencias estadísticas significativas entre los tipos de cultivo, los tipos de bioinsumos y a nivel de interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumo). Además, se observó una homogeneidad en el coeficiente de variabilidad en las unidades experimentales, con un valor del 1.10%. La confiabilidad de los datos está respaldada por un coeficiente de determinación ($r^2 = 100\%$), lo que indica un alto nivel de concordancia entre los datos y el modelo utilizado. Para obtener más detalles, se pueden consultar los anexos adjuntos.

Tabla 24. Prueba de Tukey para porcentaje digestibilidad in vitro de materia seca, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

Tipo de cultivo		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁	B ₂	B ₃	
		(Solución hidropónica comercial)	(Solución a base de gallinaza)	(Solución a base de cuyaza)	
C ₁ (Maíz)	1	69.98	74.80	78.08	74.32 a
	2	70.14	74.76	78.14	
C ₂ (Cebada)	1	74.80	78.08	58.54	59.86 b
	2	74.76	78.14	58.42	
C ₃ (Avena)	1	78.08	58.54	61.20	58.53 c
	2	78.14	58.42	61.34	
Promedio		63.29 a	64.26 b	65.25 a	

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Por otro lado, al realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para los tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existe una diferencia estadística entre los tipos de cultivo. Se observó que el porcentaje más alto se encontró en el cultivo C₁ (74.32 ± 3.62

%), seguido por el cultivo C₂ (59.86±1.25%) y luego por el cultivo C₃ (58.53±2.01 %). Se pueden encontrar más detalles en la tabla 24 y los anexos adjuntos.

Tras realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para el tipo de bioinsumo, se rechaza la hipótesis nula (H₀), lo que indica que existe una diferencia estadística escalonada entre los bioinsumos. Específicamente, se observa una diferencia en el orden de los valores, siendo B₃ (68.25±10.00 %) el bioinsumo con el porcentaje más alto, seguido por B₂ (64.26±8.39 %) y luego por B₁ (63.20±5.44 %). Los detalles se encuentran en la tabla 24 y los anexos adjuntos.

Tabla 25. Prueba de Tukey para porcentaje digestibilidad in vitro de materia seca, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	78.11 a
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	74.78 b
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	70.06 c
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	61.27 d
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	61.06 d
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	59.84 e
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	58.48 f
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	57.80 g
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	56.74 h

Nota: a, b, c, d, e, f, g, h = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

En cuanto a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción entre los tipos de cultivo y los tipos de bioinsumos en la digestibilidad in vitro, también se rechaza la hipótesis nula (H₀), lo que indica que existen diferencias estadísticas entre las diferentes combinaciones de cultivos y bioinsumos. Específicamente, se encontró que la combinación de maíz (C₁) con

bioinsumo cuyaza (B₃) presenta un porcentaje mayor y diferente, con un promedio de (78.11%), en comparación con las otras combinaciones. Los detalles se pueden encontrar en la tabla 25 y los anexos adjuntos.

d) Extracto libre de nitrógeno (%)

Al analizar el ANOVA ($\alpha = 0.01$) para el porcentaje de extracto libre de nitrógeno, se han identificado diferencias altamente significativas entre los tipos de cultivo, tipos de bioinsumos y a nivel de interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumos).

Es relevante señalar que los resultados mostraron una uniformidad en el coeficiente de variación en las unidades experimentales, con un C.V. de 0.31%. Además, la fiabilidad de los datos está respaldada por un coeficiente de determinación ($r^2 = 100\%$), lo que sugiere un alto grado de concordancia entre los datos y el modelo utilizado. Para obtener más detalles, se pueden consultar los anexos adjuntos.

Tabla 26. Prueba de Tukey para porcentaje de extracto libre de nitrógeno, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁	B ₂	B ₃	
Tipo de cultivo		(Solución hidropónica comercial)	(Solución a base de gallinaza)	(Solución a base de cuyaza)	
C ₁ (Maíz)	1	54.46	67.60	66.62	63.04 a
	2	54.58	68.26	66.70	
C ₂ (Cebada)	1	67.60	66.62	55.18	52.74 c
	2	68.26	66.70	55.34	
C ₃ (Avena)	1	66.62	55.18	52.17	54.71 b
	2	66.70	55.34	52.27	
Promedio		54.55 b	57.84 a	58.10 a	

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Al realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H₀), lo que indica la presencia de diferencias

estadísticamente significativas entre ellos. Se observa una tendencia escalonada en los porcentajes de extracto libre de nitrógeno, siendo más alto en C₁ (63.04±6.62 %), seguido por C₃ (54.71±1.71 %) y luego C₂ (52.74±2.06 %). Los detalles se encuentran disponibles en la tabla 26 y en los anexos adjuntos.

Al realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tipos de bioinsumos, se rechaza la hipótesis nula (H₀), indicando diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Se observa que los bioinsumos B₃ (58.10±7.18 %) y B₂ (57.84±7.84 %) presentan una igualdad estadística, siendo ambos mayores que el bioinsumo B₁ (54.55±0.62 %). Los detalles se encuentran disponibles en la tabla 25 y en los anexos adjuntos.

Tabla 27. Prueba de Bonferroni para extracto libre de nitrógeno, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	67.93 a
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	66.66 b
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	56.89 c
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	55.26 d
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	54.52 e
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	53.88 ef
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	53.36 f
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	52.22 g
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	50.75 h

Nota: a, b, d, e, f, g, h = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Al realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción entre tipos de cultivo y tipos de bioinsumos en cuanto al extracto libre de nitrógeno, se rechaza la hipótesis nula (H_0), indicando diferencias estadísticas significativas entre las diversas combinaciones. Específicamente, se ha observado que la combinación de maíz (C_1) con bioinsumo de gallinaza (B_2) presenta un porcentaje promedio significativamente mayor (67.93%) en comparación con las otras combinaciones. Los detalles completos se encuentran disponibles en la tabla 26 y en los anexos adjuntos.

e) Porcentaje de cenizas (%)

Al realizar el ANOVA ($\alpha = 0.01$) para porcentaje de cenizas, se han identificado diferencias significativas entre los tipos de cultivo y a nivel de interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumos) sin embargo, no se observaron diferencias entre tipos de bioinsumos. Existe una homogeneidad en las unidades experimentales (C.V. = 4.66%) y una alta confiabilidad de los datos ($r^2 = 0.99\%$), lo que indica un alto nivel de concordancia entre los datos y el modelo utilizado. Para mayor detalle, se pueden consultar los anexos adjuntos.

Realizado la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tipos de cultivo, se rechaza la hipótesis nula (H_0), esto indica que existe una diferencia estadística escalonada entre C_2 ($5.02 \pm 0.33\%$) en comparación con el C_1 ($2.27 \pm 0.17\%$) y al cultivo C_3 ($4.10 \pm 0.64\%$), ver tabla 28 y anexos.

Tabla 28. Prueba de Tukey para porcentaje de cenizas, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

Tipo de cultivo		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁	B ₂	B ₃	
		(Solución hidropónica comercial)	(Solución a base de gallinaza)	(Solución a base de cuyaza)	
C ₁ (Maíz)	1	2.09	2.34	2.4	2.27 c
	2	2.03	2.41	2.34	
C ₂ (Cebada)	1	2.34	2.4	4.76	5.02 a
	2	2.41	2.34	4.86	
C ₃ (Avena)	1	2.4	4.76	4.96	4.10 b
	2	2.34	4.86	4.88	
Promedio		3.93 a	3.66 a	3.80 a	

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Tras realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el tipo de bioinsumo, se concluye que se acepta la hipótesis nula (H_0), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Se observa que los bioinsumos B₁ ($3.93 \pm 1.45\%$), B₂ ($3.66 \pm 1.14\%$), y B₃ ($3.80 \pm 1.34\%$) son estadísticamente equivalentes. Los detalles completos se pueden encontrar en la tabla 28 y en los anexos adjuntos.

A la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos de bioinsumos) para porcentaje de ceniza, se rechaza la hipótesis nula (H_0). Esto indica que existen diferencias estadísticas entre las diferentes combinaciones (tipos de cultivos/tipos de bioinsumos). En particular, se ha encontrado que la combinación Cebada (C₂) y bioinsumo cuyaza (B₃) presenta un mayor y diferente porcentaje con promedio (5.33%) en comparación con las otras combinaciones, ver tabla 29 y anexos

Tabla 29. Prueba Tukey para porcentaje de cenizas, para la interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumo).

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	5.33 a
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	4.92 a
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	4.92 a
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	4.81 a
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	3.71 b
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	3.68 b
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	2.38 c
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	2.37 c
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	2.06 c

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

f) Grasa cruda (%)

Después de realizar el análisis de ANOVA ($\alpha = 0.01$) para el porcentaje de grasa cruda, se han detectado diferencias significativas entre los tipos de cultivo y a nivel de interacción (tipo de cultivo/tipo de bioinsumos); sin embargo, no se observaron diferencias entre los tipos de bioinsumos. Es importante destacar que se encontró una homogeneidad en las unidades experimentales, con un coeficiente de variación (C.V.) del 3.52%, y una alta confiabilidad de los datos ($r^2 = 96\%$), lo que sugiere un alto nivel de concordancia entre los datos y el modelo utilizado. Para más detalles, se puede consultar los anexos adjuntos.

Luego, al realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tipos de cultivo (Tabla 30), se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existen

diferencias graduales entre los cultivos. Se observan diferencias escalonadas entre los cultivos C₁ (3.66±0.18%), C₂ (2.85±0.41 %) y C₃ (3.33±0.20 %). Los detalles completos se encuentran en la tabla 29 y en los anexos adjuntos.

Tabla 30. Prueba Tukey para porcentaje de grasa cruda, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

Tipo de cultivo		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁	B ₂	B ₃	
		(Solución hidropónica comercial)	(Solución a base de gallinaza)	(Solución a base de cuyaza)	
C ₁	1	3.73	3.55	3.59	3.66 a
	2	3.99	3.63	3.49	
(Maíz)					
C ₂	1	3.55	3.59	2.28	2.85 c
	2	3.63	3.49	2.42	
(Cebada)					
C ₃	1	3.59	2.28	3.02	3.33 b
	2	3.49	2.42	3.06	
(Avena)					
Promedio		3.20 a	3.38 a	3.26 a	

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Después de realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el tipo de bioinsumo, se concluye que se acepta la hipótesis nula (H₀), lo que indica que no hay diferencias estadísticas significativas entre el bioinsumo B₂ (3.38±0.27%), B₃ (3.26±0.24 %) y B₁ (3.20±0.70 %). Estos resultados detallados se encuentran en la tabla 30 y en los anexos correspondientes.

Tabla 31. Prueba de Bonferroni para grasa cruda, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	3.86 a
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	3.59 ab
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	3.54 abc
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	3.51 abc
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	3.40 bcd
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	3.16 bcd
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	3.09 cd
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	3.04 d
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	2.35 e

Nota: a, b, c, d, e = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Después de realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la interacción (tipos de cultivo/tipos de bioinsumos) en el porcentaje de cenizas, se concluye que se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existen diferencias significativas entre las combinaciones de tipos de cultivos y tipos de bioinsumos. Específicamente, se ha observado que la combinación de maíz (C₁) y bioinsumo hidropónico comercial (B₁) muestra un porcentaje mayor y diferente (3.86%) en comparación con las demás combinaciones. Estos hallazgos detallados se encuentran registrados en la tabla 31 y los anexos correspondientes.

Para el costo de producción.

f) Costo de producción (S/.)

Al realizar el ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$ para el costo de producción, se han identificado diferencias altamente significativas tanto entre los tipos de cultivos como entre los tipos de bioinsumos. Sin embargo, a nivel de interacción entre los tipos de cultivos y los tipos de bioinsumos, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas. Es importante destacar que se ha observado una homogeneidad en las unidades experimentales, con un coeficiente de variabilidad (C.V.) del 3.54%, y se ha obtenido un alto grado de confiabilidad en los datos, con un coeficiente de determinación (r^2) del 99%. Todos estos detalles adicionales se encuentran documentados en los anexos adjuntos al estudio.

Realizada la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para el tipo de cultivo (Tabla 32), se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existen diferencias estadísticas entre los tipos de cultivo. Se observa que el costo de producción para el cultivo C_3 (S/. 0.94 ± 0.16) es significativamente mayor que para el cultivo C_2 (S/. 0.70 ± 0.13), mientras que el costo de producción para C_2 es estadísticamente igual al de C_1 (S/. 0.53 ± 0.11).

Tabla 32. Prueba de Tukey para costos de producción, por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo.

		Tipo de bioinsumo			Promedio
		B ₁ (Solución hidropónica comercial)	B ₂ (Solución a base de gallinaza)	B ₃ (Solución a base de cuyaza)	
C ₁ (Maíz)	1	0.67	0.46	0.52	0.53 ^c
	2	0.66	0.43	0.44	
C ₂ (Cebada)	1	0.87	0.65	0.68	0.70 ^b
	2	0.86	0.60	0.55	
C ₃ (Avena)	1	1.19	0.86	0.87	0.94 ^a
	2	1.09	0.75	0.88	
Promedio		0.89 ^a	0.62 ^a	0.66 ^a	0.72

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Por otro lado, en cuanto al tipo de bioinsumo, se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existen diferencias estadísticas entre los bioinsumos. Se encuentra que el costo de producción para el bioinsumo B_1 (S/. 0.89 ± 0.21) es significativamente mayor que para el bioinsumo B_3 (S/. 0.66 ± 0.19), mientras que el costo de producción para B_2 es estadísticamente igual al de B_2 (S/. 0.63 ± 0.17). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los bioinsumos B_3 y B_2 . Todos estos detalles pueden ser consultados en la tabla 32 y los anexos adjuntos.

Tabla 33. Prueba de Tukey para costos de producción, para la interacción (por tipos de cultivo y tipo de bioinsumo).

Tipos de cultivo	Tipo de bioinsumo	Interacción (C/B)	Promedio
C ₃	B ₁	C ₃ B ₁	1.14 a
C ₃	B ₃	C ₃ B ₃	0.88 b
C ₂	B ₁	C ₂ B ₁	0.87 bc
C ₃	B ₂	C ₃ B ₂	0.81 bcd
C ₁	B ₁	C ₁ B ₁	0.67 cde
C ₂	B ₂	C ₂ B ₂	0.63 def
C ₂	B ₃	C ₂ B ₃	0.62 def
C ₁	B ₃	C ₁ B ₃	0.48 ef
C ₁	B ₂	C ₁ B ₂	0.54 f

Nota: a, b, c, d, e, f = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Realizada la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para la interacción entre tipos de cultivo y tipos de bioinsumos en los costos de producción, se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indica que existen diferencias estadísticas entre las diferentes combinaciones de tipos de

cultivos y tipos de bioinsumos. Específicamente, se ha observado que la combinación de avena (C_3) con el bioinsumo comercial (B_1) presenta un costo mayor y diferente (S/. 1.14) en comparación con las otras combinaciones. Todos estos resultados se detallan en la tabla 33 y los anexos correspondientes.

4.4. Discusión de resultados.

Para la evaluación de las características agronómicas

a) Porcentaje de germinación (%).

Se han observado variaciones en las características germinativas entre diferentes tipos de cultivos, lo que sugiere que los tratamientos con cultivos distintos producen resultados diversos en términos de germinación de semillas. Entre estos, el cultivo C_2 , que es cebada, mostró el mayor porcentaje de germinación con un promedio del 98.53%, indicando un alto nivel de germinación. Sin embargo, este resultado es ligeramente inferior al obtenido por De La Cruz (2022), quien reportó una tasa del 100%. Además, el tratamiento C_2 superó el porcentaje de germinación registrado por Silva (2013), cuyo promedio fue del 97.67%, lo que resalta el potencial de la cebada en términos de germinación. En cuanto al bioinsumo, el B_1 , que es una solución hidropónica comercial, demostró los mayores promedios de germinación con un valor medio del 94.11%, lo que sugiere que el uso adecuado de bioinsumos puede influir significativamente en la germinación del cultivo. Sin embargo, estos porcentajes son más bajos que los reportados por Silva (2013), quien logró un 97.67% de germinación utilizando el bioinsumo Goteo Plus.

b) Tamaño de raíz (cm).

El estudio reveló diferencias estadísticamente significativas en el tamaño de las raíces entre los diversos cultivos evaluados, lo que indica que las diferentes especies generaron variaciones significativas en el crecimiento radicular. El cultivo C₁, que es maíz, mostró la longitud de raíz más extensa, llegando a los 9.81 cm. Sin embargo, este valor fue considerablemente menor que el promedio obtenido por Rodríguez *et al.* (2012), que fue de 27.56 cm. Aunque el cultivo C₁ mostró un impacto positivo en el crecimiento radicular en comparación con otros cultivos, este efecto no fue tan pronunciado como en el estudio anterior. Las razones de estas diferencias podrían incluir condiciones de cultivo, composición de bioinsumos o métodos de aplicación.

En cuanto a los bioinsumos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero el B₂, una solución a base de gallinaza, tuvo el tamaño de raíz promedio más alto, alcanzando 9.12 cm. Este resultado fue considerablemente menor que el reportado por Aliaga y Mamani (2017), quien obtuvo un promedio de 27.28 cm con un bioinsumo a base de Jiracha. Esto indica que el B₂ utilizado en el estudio tiene un efecto positivo en el desarrollo del tamaño de la raíz, aunque no tan notable como el informado por Aliaga y Mamani (2017). Las discrepancias pueden deberse a diferencias en los tipos de bioinsumos y sus contenidos bioquímicos.

c) Altura de planta (cm).

Se destaca que la cebada (C₂) mostró ser especialmente efectiva en generar una altura promedio significativamente mayor en las plantas, alcanzando una media de 15.64 cm. Sin embargo, es crucial mencionar que estos resultados no superaron la altura registrada por Gutiérrez y Camacho

(2019). En su estudio, el tratamiento (V₁D₃) logró una altura promedio de 23.04 cm.

En cuanto a los bioinsumos, no se observaron diferencias significativas en los promedios obtenidos. Es relevante señalar que el bioinsumo B₂, elaborado a partir de gallinaza, alcanzó la altura promedio más alta para las plantas, con 13.70 cm. No obstante, esta medida es inferior a la obtenida por De La Cruz (2022), quien registró una altura promedio de 29.24 cm utilizando Giber Plus en su investigación.

Estas discrepancias en los resultados pueden atribuirse a diversos factores, como las diferencias en la composición y concentraciones de los bioinsumos, las especies de plantas estudiadas, las condiciones de crecimiento y los métodos de aplicación.

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

Los resultados del estudio mostraron que el cultivo C₁, que es maíz, exhibió un desempeño notable en la producción de materia verde, con un promedio de 13.24 kg/m². No obstante, estos valores fueron inferiores a los obtenidos por Vargas (2008), quien registró una ganancia promedio de materia verde de 17.20 kg/m² en su investigación.

A pesar del rendimiento satisfactorio observado en el cultivo C₁ en este estudio, es relevante destacar que estos resultados estuvieron por debajo de los obtenidos por Vargas (2008). La discrepancia entre los resultados podría estar influenciada por varios factores, como las especies vegetales estudiadas, las condiciones de crecimiento y los métodos de evaluación.

En cuanto al bioinsumo, el B₁, una solución hidropónica comercial, mostró los promedios más altos en rendimiento de materia verde, con un

valor promedio de 10.61 kg/m². Esto resalta la importancia del uso adecuado de bioinsumos. Sin embargo, estos valores son menores que los reportados por Aliaga y Mamani (2017), quien logró 26.12 kg/m² de materia verde en su T₂, utilizando un biol como bioinsumo.

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

Nuestro estudio reveló diferencias estadísticamente significativas entre los diversos cultivos evaluados en términos de rendimiento de materia seca. El cultivo que sobresalió notablemente fue el C₁, maíz, con un peso promedio de 4.41 kg/m². Sin embargo, estos valores son inferiores a los reportados por Vargas (2008), quien obtuvo un rendimiento de materia seca de 11.74 kg/m² en su estudio.

En cuanto a los bioinsumos, no se encontraron diferencias significativas, aunque el B1, una solución hidropónica comercial, mostró el rendimiento más alto en materia seca con 2.72 kg/m². Estos valores están por debajo de los obtenidos por Aliaga y Mamani (2017), quien logró un promedio de 3.28 kg/m² utilizando un bioinsumo de biol.

Estos hallazgos destacan la importancia de considerar una variedad de factores que pueden influir en el rendimiento de materia seca al utilizar diferentes bioinsumos y cultivos. Aunque nuestros resultados sugieren un impacto positivo, no lograron superar las investigaciones previas debido a diversos factores como el tipo de cultivo y las condiciones de cultivo.

Para la calidad nutritiva

a) Porcentaje de proteína (%).

Nuestra investigación destacó diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de proteína entre los diferentes cultivos evaluados. Es

particularmente notable que el cultivo C₁, maíz, mostró el porcentaje de proteína más alto en el estudio, alcanzando un valor del 15.72%.

Es importante señalar que nuestro cultivo C₁ superó los porcentajes de proteína reportados por Vargas (2008), quien registró un contenido proteico del 9.61% en su grupo de control. Sin embargo, el cultivo C₁ no logró superar el porcentaje de proteína informado por Preciado *et al.* (2014), quienes obtuvieron un contenido proteico del 16.00%.

Por otro lado, en cuanto al mejor rendimiento de porcentaje de proteína, se observó una igualdad estadística entre las interacciones C₂B₃ y C₁B₂, ambas con un promedio del 15.89%. Estos promedios fueron superiores a los reportados por Gutiérrez y Camacho (2019), quienes lograron un valor del 12.15% en su tratamiento V2T.

Estos resultados resaltan la eficacia de los cultivos y la importancia del uso de los bioinsumos adecuados en su desarrollo productivo para mejorar el contenido proteico. Sugieren su potencial para su uso en la producción agrícola y ganadera con el fin de maximizar el valor nutricional del forraje.

b) Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)

Nuestro estudio reveló diferencias estadísticamente significativas entre los diversos cultivos en términos de digestibilidad in vitro. El cultivo C₁ de maíz mostró el valor promedio más alto, con un 74.32%. Además, la interacción C₁B₃ alcanzó el porcentaje más alto de digestibilidad in vitro de materia seca, con un 78.11%.

c) Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (ELN) (%)

Los resultados de nuestro estudio revelaron diferencias altamente significativas entre los diversos cultivos en cuanto al porcentaje de extracto

libre de nitrógeno. El cultivo C₁, maíz, demostró ser el más efectivo al generar un porcentaje más alto del 63.04%.

Es importante destacar que este rendimiento favorable del cultivo C₁ superó el valor más alto reportado por Chavarría y Castillo (2018), quienes registraron un porcentaje de 62.6% en su investigación. Esta comparación resalta observaciones interesantes: aunque nuestro estudio encontró diferencias significativas entre los cultivos en términos de extracto libre de nitrógeno, el valor más alto obtenido con el cultivo C₁ fue superior al reportado por Chavarría y Castillo (2018). Esto sugiere que la elección de ciertos cultivos puede influir en la composición del extracto libre de nitrógeno, pero también indica que otros factores podrían estar en juego.

d) Porcentaje de ceniza (%).

Los resultados de nuestra investigación revelaron diferencias altamente significativas entre los diferentes cultivos en términos del porcentaje de ceniza. El cultivo C₂, correspondiente a la cebada, registró el valor más alto de ceniza con un 5.02%.

Es relevante señalar que el valor más alto reportado por Silva (2013) fue superior al obtenido en nuestro estudio, alcanzando un 5.98%. Del mismo modo, nuestro valor más alto de ceniza, obtenido por la interacción entre cultivo y bioinsumo (C₂B₃), fue de 5.33%, superando el 5.00% encontrado por Gutiérrez y Camacho (2019) en su tratamiento V₁D₂, que contenía una dosis del 10% de AOLA.

La comparación de estos resultados revela tendencias interesantes. Aunque nuestra investigación encontró diferencias significativas entre los cultivos, el valor más alto obtenido en el C₂ fue superado por el porcentaje

de ceniza reportado por Silva (2013) en su estudio. Esto sugiere que el uso de ciertos cultivos no garantiza un aumento en el contenido de ceniza en el forraje.

Además, aunque nuestro valor fue superior al obtenido por Gutiérrez y Camacho, las diferencias podrían atribuirse a la composición de los bioinsumos y las condiciones de cultivo.

e) Grasa cruda (%)

Nuestro estudio destacó diferencias estadísticamente significativas en cuanto al porcentaje de grasa entre los diferentes cultivos evaluados. Es particularmente notable que el C₁, correspondiente al maíz, exhibió el porcentaje de grasa más alto en el contexto del estudio, alcanzando un valor de 3.66%.

Es importante señalar que los valores encontrados en nuestro estudio fueron inferiores a los registrados por Chavarría y Castillo (2018), quienes obtuvieron un porcentaje de grasa igual a 5.4% en su investigación.

En cuanto al mejor rendimiento de porcentaje de grasa, se observó en la interacción C₁B₁ con un promedio de 3.86%. Sin embargo, estos promedios fueron menores a los reportados por Pérez *et al.* (2012), quienes lograron obtener un valor de 4.31% en su tratamiento SQ, basado en una solución química.

Para costo de producción

a) Costo de producción (S/.)

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de considerar tanto los tipos de cultivos como los tipos de bioinsumos en la gestión de costos en la producción agrícola. Además, sugieren que la elección de la combinación

adecuada de cultivo y bioinsumo puede influir significativamente en los costos de producción, lo que podría tener implicaciones importantes para la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola.

CONCLUSIONES

a) Para las características agronómicas.

Se observaron diferencias significativas en parámetros de crecimiento y rendimiento de los cultivos:

- No se encontraron diferencias entre los diferentes tipos de bioinsumos en el porcentaje de germinación, pero sí hubo variaciones significativas entre los distintos tipos de cultivos.
- En el tamaño de la raíz, se identificaron diferencias notables en relación con la dosis y los diferentes tipos de cultivos, pero no entre los tipos de bioinsumos.
- La altura de la planta también mostró diferencias significativas entre las dosis y los tipos de cultivos, con alturas mayores observadas en la dosis D₂ y el cultivo C₂.
- Se encontraron diferencias altamente significativas en el rendimiento de forraje verde, donde la combinación B₁D₂ mostró el mejor rendimiento y el cultivo C₃ mostró el peor.
- En el rendimiento de materia seca, se identificaron diferencias significativas entre las dosis y los cultivos, con el cultivo C₁ mostrando el mayor rendimiento y C₂ el menor.

b) Para la calidad nutritiva

Se han observado diferencias significativas en varios parámetros relacionados con la composición nutricional de los cultivos y su interacción con los bioinsumos utilizados.

- Se encontraron diferencias altamente significativas en el porcentaje de proteína, donde el cultivo C₁ mostró los valores más altos, y la combinación de cebada con el bioinsumo cuyaza tuvo el mayor porcentaje de proteína.

- Se identificaron diferencias notables en la fibra cruda, con el cultivo C₂ exhibiendo el mayor porcentaje.
- La digestibilidad in vitro de la materia seca también varió significativamente, siendo más alta en el cultivo C₁ y con el bioinsumo B₃.
- En el porcentaje de extracto libre de nitrógeno, se observó una tendencia escalonada con el cultivo C₁ mostrando los valores más altos y el bioinsumo B₃ presentando el mayor porcentaje.
- El porcentaje de cenizas fue más alto en el cultivo C₂ y en la combinación de cebada con el bioinsumo cuyaza.
- Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grasa cruda, con el cultivo C₂ mostrando los valores más bajos.

c) Para costo de producción.

- El análisis mostró que tanto los tipos de cultivos como los tipos de bioinsumos tuvieron una influencia significativa en el costo de producción de forma independiente. No obstante, la interacción entre ambos factores (tipos de cultivos por tipos de bioinsumos) no presentó diferencias estadísticas relevantes.

RECOMENDACIONES

Considerando las diferencias significativas observadas en los parámetros agronómicos y de calidad nutritiva de los cultivos, así como en el costo de producción, se sugiere lo siguiente:

- Optimizar el crecimiento y rendimiento ajustando la dosis de bioinsumos a 350 g/L según las necesidades del cultivo y seleccionando aquellos que se adapten mejor a las condiciones locales.
- Priorizar variedades con mayor contenido proteico y digestibilidad in vitro de materia seca, considerando bioinsumos como B₃, que mostraron efectos positivos en calidad nutricional.
- Reducir costos combinando cultivos de alto rendimiento con bioinsumos efectivos y aplicando prácticas eficientes, como fertilización precisa y manejo adecuado del riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M. (1995). *Sustratos para el cultivo sin suelo*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa.
- Aliaga, J. T., y Mamani, A. T. (2017). *Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz: Johnny Ticona Aliaga, Adriana Ticona Mamani*. *Apthapi*, 3(2), 538-544.
- Castillo, J. (2017). *Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de Avena sativa L. y Hordeum vulgare L. con dos cortes sucesivos*. Universidad Nacional de Loja.
- Céspedes Apaza, R. (2021). *Evaluación de la productividad y la calidad nutritiva de la cebada (Hordeum vulgare) como forraje verde, con aplicación de riego y biol en la Estación Experimental Choquenaira*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Chavarría Tórrez, A., & Castillo Castro, S. D. S. (2018). *El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja*.
- De La Cruz Huatay, A. N. (2022). *Efecto de la concentración del tratamiento pregerminativo de las semillas de avena (Avena sativa) y cebada (Hordeum vulgare) en cultivo hidropónico*.
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2001). *Forraje verde hidropónico*. Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos. Manual Técnico. Portal de conocimiento FAO BETA. En: <https://openknowledge.fao.org/home>
- García, J. I. (2021). *Producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.), Cebada (Hordeum vulgare L.) y Avena (Avena sativa L.) En Temascaltepec, México en época de verano e invierno*.
- Gutiérrez, S. F., & Camacho, E. C. (2019). *Aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico, en dos variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) en el Centro Experimental de Cota Cota*. *Apthapi*, 5(1), 1430-1440.
- INTAGRI. (2017). *La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida*. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

- Izquierdo, J. (2001). *El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios*. Por Oficial de Producción Vegetal, Publicado por la FAO en 2001.
- Limachi Huanca, J. P. (2018). *Evaluación de tres niveles de biol aplicada a la producción de forraje hidropónico en avena (Avena sativa L.) y cebada (Hordeum vulgare L.) en ambiente atemperado*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- López, R. A. R., & Guatemala, O. D. (2014). *Comparación del rendimiento y valor Nutricional de maíz (Zea mays L.), avena (Avena Sativa L.) Y sorgo (Sorghum vulgare L.) Cultivados por hidroponía en San Martín Jilotepeque*. Chimaltenango (Doctoral dissertation, Tesis de Licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Machaca Tomaylla, R. M. (2021). *Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de Triticum aestivum “trigo”, Hordeum vulgare “cebada” y Zea mays “maíz”. Ayacucho - 2019*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Martinez, L. A. (2005). *Producción de forraje verde hidropónico*. Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Mejía Castillo, H. J., & Orellana Núñez, F. S. (2019). *Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático*.
- P.D.L.A. (2005). *Producción de Forrajes Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano*. Editorial Grafica Offset “VELOZ” Oruro – Bolivia. Pp. 80 – 95
- Pedraza, R. O., Estrada Bonilla, G. A., & Bonilla Buitrago, R. R. (2021). *Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola*. Cundinamarca: Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- Pérez, L. S., Rivera, J. R. E., Rangel, P. P., Reyna, V. D. P. Á., Velázquez, J. A. M., Martínez, J. R. V., & Ortiz, M. M. (2012). *Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) producido en invernadero bajo fertilización orgánica*. Interciencia, 37(3), 215-220.
- Preciado Rangel, P., García Hernández, J. L., Segura Castruita, M. Á., Salas Pérez, L., Ayala Garay, A. V., Esparza Rivera, J. R., & Troyo Diéguez, E. (2014). *Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero*. Terra Latinoamericana, 32(4), 333-338.

- Quispe, H. (2013). *Rendimiento de cebada y avena como forraje verde hidropónico en relación a la densidad de Siembra en carpa solar*. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo, Carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés UMSA. La Paz – Bolivia p 95.
- Ramos, N. R., & Castellanos, Y. F. (2022). *Efecto de diferentes concentraciones de Giberelina en la producción de forraje verde hidropónico de avena (Avena sativa), cebada (Hordeum vulgare) y trigo (Triticum aestivum)*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Rodríguez, H. J. M., Danés, A. A. G., López, P. J., Olguin, J. L. L., & de Coss, A. L. (2012). *Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (Zea maíz L.) con diferente concentración de solución nutritiva*. Abanico veterinario, 2(3), 20-28.
- Ríos GC. (2018). Evaluación de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en cebada forrajera CV. Nacional (*Hordeum vulgare L.*) producida como forraje verde hidropónico en la región Arequipa [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM.
- Roy, D. (2022). *Hydroponics: Soil-less Farming Technique*. AgriCos e-Newsletter, 43-45.
- Salazar, E. (2005). *Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal*. ECAG-Informa, 32, 36–39.
- Silva Segarra, L. O. (2013). *Tratamiento pre germinativo de las semillas de trigo (Triticum sativum), avena (Avena sativa) y cebada (Hordeum vulgare) en cultivos hidropónicos (Bachelor's thesis)*.
- Tapia Pinto, D. (2018). *Evaluación del efecto de tres tipos de bioinsumos en el cultivo hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) en el Centro Experimental de Cota Cota*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Tarrillo, H. (2005). *Forraje Hidropónico. Manual de Producción de Forraje Verde Hidropónico*. Segunda Edición, Editorial EIRL. Lima – Perú. 41 p.
- Valdivia, B. E. (1997). *Producción de Forraje Verde Hidropónico*. Conferencia Internacional en hidroponía comercial 6 - 8 agosto Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Vargas Rodríguez, C. F. (2008). *Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero*. Agronomía mesoamericana, 19(2), 233-240.

ANEXOS

Anexo 1. DATOS ORIGINALES

a) Porcentaje de germinación (%)

CULTIVO	C1						C2						C3					
BIOINSUMO	B1		B2		B3		B1		B2		B3		B1		B2		B3	
DOSIS	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
Repetición	87.67	89.00	88.00	89.33	89.00	88.00	97.67	99.00	99.33	97.00	99.33	97.67	94.33	94.67	93.67	95.33	93.00	95.00
	88.67	88.33	88.33	88.67	87.33	87.33	98.33	99.33	98.00	98.33	99.00	99.33	96.67	95.67	95.00	94.67	95.67	92.33
Promedio	88.17	88.67	88.17	89.00	88.17	87.67	98.00	99.17	98.67	97.67	99.17	98.50	95.50	95.17	94.33	95.00	94.33	93.67
Desv. Estandar	0.71	0.47	0.24	0.47	1.18	0.47	0.47	0.24	0.94	0.94	0.24	1.18	1.65	0.71	0.94	0.47	1.89	1.89

b) Tamaño de la raíz (cm)

CULTIVO	C1						C2						C3					
BIOINSUMO	B1		B2		B3		B1		B2		B3		B1		B2		B3	
DOSIS	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
8.57	11.05	9.12	12.47	10.08	8.13	6.32	12.70	8.30	8.70	7.48	8.40	9.12	8.10	7.88	8.83	7.15	7.35	8.57
8.00	12.70	6.95	10.42	10.27	9.92	7.70	7.08	8.38	10.83	9.18	6.22	7.92	9.40	9.87	7.68	7.68	7.60	8.00
8.28	11.88	8.03	11.44	10.18	9.03	7.01	9.89	8.34	9.77	8.33	7.31	8.52	8.75	8.88	8.26	7.42	7.48	8.28
0.40	1.17	1.53	1.45	0.13	1.26	0.98	3.97	0.06	1.51	1.20	1.54	0.85	0.92	1.40	0.81	0.38	0.18	0.40

c) Altura de la planta (cm)

CULTIVO	C1						C2						C3					
BIOINSUMO	B1		B2		B3		B1		B2		B3		B1		B2		B3	
DOSIS	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
Repetición	9.60	12.50	7.87	11.87	7.90	9.75	12.00	16.93	15.53	17.95	13.93	16.98	12.30	16.33	13.07	11.55	13.32	10.97
	11.23	12.85	9.25	15.05	7.02	10.13	12.47	14.83	14.47	20.27	16.40	15.88	14.88	16.97	13.95	13.53	12.13	13.57
Promedio	10.42	12.68	8.56	13.46	7.46	9.94	12.23	15.88	15.00	19.11	15.17	16.43	13.59	16.65	13.51	12.54	12.73	12.27
Desv. Estandar	1.15	0.25	0.98	2.25	0.62	0.27	0.33	1.48	0.75	1.64	1.74	0.78	1.83	0.45	0.62	1.40	0.84	1.84

d) Rendimiento de forraje verde (m²)

CULTIVO	C1						C2						C3					
BIOINSUMO	B1		B2		B3		B1		B2		B3		B1		B2		B3	
DOSIS	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
Repetición	13.63	13.40	12.67	13.96	10.84	13.66	10.15	10.34	9.18	10.25	8.48	10.84	7.86	8.29	6.96	7.96	7.06	7.03
	13.30	13.69	13.66	13.93	12.40	13.69	10.44	10.61	9.25	9.81	9.25	10.88	7.29	8.26	6.93	8.09	6.66	6.66
Promedio	13.46	13.54	13.16	13.94	11.62	13.68	10.30	10.48	9.22	10.03	8.87	10.86	7.58	8.27	6.95	8.02	6.86	6.85
Desv. Estandar	0.23	0.21	0.70	0.02	1.10	0.02	0.21	0.19	0.05	0.30	0.54	0.02	0.40	0.02	0.02	0.09	0.28	0.26

e) Rendimiento de materia seca (m²)

CULTIVO	C1						C2						C3					
BIOINSUMO	B1		B2		B3		B1		B2		B3		B1		B2		B3	
DOSIS	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
Repetición	4.54	4.47	4.22	4.65	3.61	4.55	1.69	1.90	1.84	1.88	1.84	1.63	1.70	2.35	1.51	1.72	1.77	2.11
	4.65	4.56	4.10	4.18	4.34	5.02	1.57	1.77	1.85	1.96	1.85	1.99	1.70	1.79	1.73	1.62	1.67	1.78
Promedio	4.60	4.51	4.16	4.42	3.98	4.79	1.63	1.83	1.84	1.92	1.84	1.81	1.70	2.07	1.62	1.67	1.72	1.94
Desv. Estandar	0.08	0.07	0.09	0.34	0.51	0.33	0.09	0.09	0.01	0.06	0.01	0.26	0.00	0.40	0.16	0.08	0.07	0.23

f) Porcentaje de proteína (%)

CULTIVO	C1			C2			C3		
BIOINSUMO	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetición	15.35	15.93	15.63	14.63	15.13	15.56	15.22	14.98	14.75
	15.79	15.85	15.75	14.9	15.51	16.22	15.14	15.16	14.83
PROM.	15.57	15.89	15.69	14.765	15.32	15.89	15.18	15.07	14.79
D.E.	0.31	0.06	0.08	0.19	0.27	0.47	0.06	0.13	0.06

g) Porcentaje de fibra cruda (%)

CULTIVO	C1			C2			C3		
BIOINSUMO	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetición	19.14	17.44	17.42	18.34	19.98	19.64	19.32	18.79	18.83
	19.2	17.76	17.74	18.46	20.22	19.68	19.4	19.73	18.93
PROM.	19.17	17.6	17.58	18.4	20.1	19.66	19.36	19.26	18.88
D.E.	0.04	0.23	0.23	0.08	0.17	0.03	0.06	0.66	0.07

h) Digestibilidad in vitro

CULTIVO	C1			C2			C3		
BIOINSUMO	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetición	69.98	74.8	78.08	58.54	61.2	59.82	61.1	56.72	57.76
	70.14	74.76	78.14	58.42	61.34	59.86	61.02	56.76	57.84
PROM.	70.06	74.78	78.11	58.48	61.27	59.84	61.06	56.74	57.8
D.E.	0.11	0.03	0.04	0.08	0.10	0.03	0.06	0.03	0.06

i) Extracto libre de nitrógeno (%)

CULTIVO	C1			C2			C3		
BIOINSUMO	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetición	54.46	67.6	66.62	55.18	52.17	50.66	53.84	53.42	56.92
	54.58	68.26	66.7	55.34	52.27	50.84	53.92	53.3	56.86
PROM.	54.52	67.93	66.66	55.26	52.22	50.75	53.88	53.36	56.89
D.E.	0.08	0.47	0.06	0.11	0.07	0.13	0.06	0.08	0.04

j) Porcentaje ceniza (%)

CULTIVO	C1			C2			C3		
BIOINSUMO	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetición	19.14	17.44	17.42	18.34	19.98	19.64	19.32	18.79	18.83
	19.2	17.76	17.74	18.46	20.22	19.68	19.4	19.73	18.93
PROM.	19.17	17.6	17.58	18.4	20.1	19.66	19.36	19.26	18.88
D.E.	0.04	0.23	0.23	0.08	0.17	0.03	0.06	0.66	0.07

k) Porcentaje de grasa (%)

CULTIVO	C1			C2			C3		
BIOINSUMO	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Repetición	2.09	2.34	2.4	4.76	4.96	4.98	4.99	3.64	3.78
	2.03	2.41	2.34	4.86	4.88	5.68	4.85	3.72	3.64
PROM.	2.06	2.375	2.37	4.81	4.92	5.33	4.92	3.68	3.71
D.E.	0.04	0.05	0.04	0.07	0.06	0.49	0.10	0.06	0.10

Anexo 2. DATOS PROCESADOS

Análisis de la varianza y prueba de Tukey

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PORCENTAJE DE GERMINACIÓN ..	36	0.96	0.95	1.00	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	642.92	7	91.85	104.96	<0.0001
BIOINSUMO	1.69	2	0.85	0.97	0.3922
DOSIS	2.8E-06	1	2.8E-06	3.2E-06	0.9986
BIOINSUMO*DOSIS	1.80	2	0.90	1.03	0.3716
CULTIVO	639.43	2	319.71	365.37	<0.0001
Error	24.50	28	0.88		
Total	667.42	35			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.94493

Error: 0.8750 gl: 28

BIOINSUMO Medias n E.E.

B1 94.11 12 0.27 A

B2	93.81	12	0.27	A
----	-------	----	------	---

B3	93.58	12	0.27	A
----	-------	----	------	---

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63872

Error: 0.8750 gl: 28

DOSIS Medias n E.E.

D1	93.83	18	0.22	A
----	-------	----	------	---

D2	93.83	18	0.22	A
----	-------	----	------	---

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.65041

Error: 0.8750 gl: 28

BIOINSUMO DOSIS Medias n E.E.

B1	D2	94.33	6	0.38	A
----	----	-------	---	------	---

B1	D1	93.89	6	0.38	A
----	----	-------	---	------	---

B2	D2	93.89	6	0.38	A
----	----	-------	---	------	---

B3	D1	93.89	6	0.38	A
----	----	-------	---	------	---

B2	D1	93.72	6	0.38	A
----	----	-------	---	------	---

B3	D2	93.28	6	0.38	A
----	----	-------	---	------	---

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.94493

Error: 0.8750 gl: 28

CULTIVO Medias n E.E.

C2 98.53 12 0.27 A

C3 94.67 12 0.27 B

C1 88.31 12 0.27 C

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>
TAMAÑO DE RAIZ (cm)	36	0.47	0.33	15.46

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	45.30	7	6.47	3.48	0.0083
BIOINSUMO	5.13	2	2.56	1.38	0.2683
DOSIS	8.61	1	8.61	4.63	0.0401
BIOINSUMO*DOSIS	13.76	2	6.88	3.70	0.0375
CULTIVO	17.80	2	8.90	4.79	0.0163
Error	52.05	28	1.86		
Total	97.35	35			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.37733

Error: 1.8591 gl: 28

BIOINSUMO Medias n E.E.

B2	9.12	12	0.39	A
B1	9.06	12	0.39	A
B3	8.29	12	0.39	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.93099

Error: 1.8591 gl: 28

DOSIS Medias n E.E.

D2	9.31	18	0.32	A
D1	8.33	18	0.32	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.40562

Error: 1.8591 gl: 28

BIOINSUMO DOSIS Medias n E.E.

B1	D2	10.17	6	0.56	A
B2	D2	9.82	6	0.56	A
B3	D1	8.64	6	0.56	A
B2	D1	8.42	6	0.56	A
B1	D1	7.94	6	0.56	A
B3	D2	7.94	6	0.56	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.37733

Error: 1.8591 gl: 28

CULTIVO Medias n E.E.

C1 9.81 12 0.39 A

C2 8.44 12 0.39 A B

C3 8.22 12 0.39 B

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

ALTURA DE PLANTA (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTA (cm)	36	0.72	0.65	13.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	231.18	7	33.03	10.19	<0.0001
BIOINSUMO	13.69	2	6.84	2.11	0.1400
DOSIS	45.77	1	45.77	14.12	0.0008
BIOINSUMO*DOSIS	6.18	2	3.09	0.95	0.3977
CULTIVO	165.55	2	82.77	25.53	<0.0001
Error	90.78	28	3.24		
<u>Total</u>	<u>321.96</u>	<u>35</u>			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.81888

Error: 3.2422 gl: 28

BIOINSUMO Medias n E.E.

B2 13.70 12 0.52 A

B1 13.57 12 0.52 A

B3 12.33 12 0.52 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.22946

Error: 3.2422 gl: 28

DOSIS Medias n E.E.

D2 14.33 18 0.42 A

D1 12.07 18 0.42 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.17682

Error: 3.2422 gl: 28

BIOINSUMO DOSIS Medias n E.E.

B1 D2 15.07 6 0.74 A

B2 D2 15.04 6 0.74 A

B3 D2 12.88 6 0.74 A B

B2 D1 12.36 6 0.74 A B

B1 D1 12.08 6 0.74 A B

B3 D1 11.78 6 0.74 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.81888

Error: 3.2422 gl: 28

CULTIVO Medias n E.E.

C2	15.64	12	0.52	A
C3	13.55	12	0.52	B
C1	10.42	12	0.52	C

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

RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE (kg/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO DE FORRAJE VER..	36	0.97	0.96	4.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	216.12	7	30.87	119.09	<0.0001
BIOINSUMO	4.01	2	2.01	7.74	0.0021
DOSIS	6.54	1	6.54	25.21	<0.0001
BIOINSUMO*DOSIS	1.58	2	0.79	3.05	0.0632
CULTIVO	203.99	2	102.00	393.40	<0.0001
Error	7.26	28	0.26		
Total	223.38	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51435

Error: 0.2593 gl: 28

BIOINSUMO Medias n E.E.

B1	10.61	12	0.15	A
B2	10.22	12	0.15	A B
B3	9.79	12	0.15	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34767

Error: 0.2593 gl: 28

DOSIS Medias n E.E.

D2	10.63	18	0.12	A
D1	9.78	18	0.12	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.89836

Error: 0.2593 gl: 28

BIOINSUMO DOSIS Medias n E.E.

B1	D2	10.77	6	0.21	A
B2	D2	10.67	6	0.21	A B
B3	D2	10.46	6	0.21	A B
B1	D1	10.45	6	0.21	A B
B2	D1	9.78	6	0.21	B C
B3	D1	9.12	6	0.21	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51435

Error: 0.2593 gl: 28

CULTIVO Medias n E.E.

C1	13.24	12	0.15	A
C2	9.96	12	0.15	B
C3	7.42	12	0.15	C

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

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (kg/m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO DE MATERIA SEC..	36	0.97	0.97	8.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54.91	7	7.84	139.81	<0.0001
BIOINSUMO	0.09	2	0.04	0.78	0.4698
DOSIS	0.39	1	0.39	6.96	0.0134
BIOINSUMO*DOSIS	0.07	2	0.04	0.65	0.5317
CULTIVO	54.36	2	27.18	484.42	<0.0001
Error	1.57	28	0.06		
Total	56.48	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23928

Error: 0.0561 gl: 28

BIOINSUMO Medias n E.E.

B1	2.72	12	0.07	A
B3	2.68	12	0.07	A
B2	2.61	12	0.07	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16174

Error: 0.0561 gl: 28

DOSIS Medias n E.E.

D2	2.77	18	0.06	A
D1	2.57	18	0.06	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41792

Error: 0.0561 gl: 28

BIOINSUMO DOSIS Medias n E.E.

B3	D2	2.85	6	0.10	A
----	----	------	---	------	---

B1	D2	2.81	6	0.10	A
B2	D2	2.67	6	0.10	A
B1	D1	2.64	6	0.10	A
B2	D1	2.54	6	0.10	A
B3	D1	2.51	6	0.10	A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23928

Error: 0.0561 gl: 28

CULTIVO Medias n E.E.

C1	4.41	12	0.07	A
C2	1.81	12	0.07	B
C3	1.79	12	0.07	B

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

PORCENTAJE DE PROTEINA (%)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R²</u>	<u>Aj</u>	<u>CV</u>
PORCENTAJE DE PROTEINA (%)..	18	0.87	0.75	1.47	

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	3.02	8	0.38	7.45	0.0034
TIPO DE CULTIVO	1.49	2	0.75	14.70	0.0015

TIPO BIOINSUMO	0.29	2	0.15	2.90	0.1065
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	1.24	4	0.31	6.10	0.0117
Error	0.46	9	0.05		
Total	3.48	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36294

Error: 0.0507 gl: 9

TIPO DE CULTIVO Medias n E.E.

C1	15.72	6	0.09	A
C2	15.33	6	0.09	B
C3	15.01	6	0.09	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36294

Error: 0.0507 gl: 9

TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.

B3	15.46	6	0.09	A
B2	15.43	6	0.09	A
B1	15.17	6	0.09	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.89072

Error: 0.0507 gl: 9

TIPO DE CULTIVO	TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
C2	B3	15.89	2	0.16	A
C1	B2	15.89	2	0.16	A
C1	B3	15.69	2	0.16	A
C1	B1	15.57	2	0.16	A B
C2	B2	15.32	2	0.16	A B
C3	B1	15.18	2	0.16	A B
C3	B2	15.07	2	0.16	A B
C3	B3	14.79	2	0.16	B
C2	B1	14.77	2	0.16	B

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

PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PORCENTAJE DE FIBRA CRUDA ..	18	0.95	0.91	1.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.23	8	1.53	23.28	<0.0001
TIPO DE CULTIVO	5.53	2	2.76	42.09	<0.0001
TIPO BIOINSUMO	0.30	2	0.15	2.31	0.1554
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	6.40	4	1.60	24.35	0.0001
Error	0.59	9	0.07		
Total	12.82	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41307

Error: 0.0657 gl: 9

TIPO DE CULTIVO Medias n E.E.

C2	19.39	6	0.10	A
C3	19.17	6	0.10	A
C1	18.12	6	0.10	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41307

Error: 0.0657 gl: 9

TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.

B2	18.99	6	0.10	A
B1	18.98	6	0.10	A
B3	18.71	6	0.10	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.01376

Error: 0.0657 gl: 9

TIPO DE CULTIVO TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.

C2	B2	20.10	2	0.18	A
C2	B3	19.66	2	0.18	A B

C3	B1	19.36	2	0.18	A	B	C
C3	B2	19.26	2	0.18	A	B	C
C1	B1	19.17	2	0.18	A	B	C
C3	B3	18.88	2	0.18		B	C
C2	B1	18.40	2	0.18		C	D
C1	B2	17.60	2	0.18			D
C1	B3	17.58	2	0.18			D

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

DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE M.S. (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE...	18	1.00	1.00	0.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1013.07	8	126.63	28210.51	<0.0001
TIPO DE CULTIVO	919.56	2	459.78	102426.54	<0.0001
TIPO BIOINSUMO	12.61	2	6.31	1404.96	<0.0001
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	80.89	4	20.22	4505.27	<0.0001
Error	0.04	9	4.5E-03		
Total	1013.11	17			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10800

Error: 0.0045 gl: 9

TIPO DE CULTIVO Medias n E.E.

C1	74.32	6	0.03	A
C2	59.86	6	0.03	B
C3	58.53	6	0.03	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10800

Error: 0.0045 gl: 9

TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.

B3	65.25	6	0.03	A
B2	64.26	6	0.03	B
B1	63.20	6	0.03	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.26505

Error: 0.0045 gl: 9

TIPO DE CULTIVO TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.

C1	B3	78.11	2	0.05	A
C1	B2	74.78	2	0.05	B
C1	B1	70.06	2	0.05	C
C2	B2	61.27	2	0.05	D

C3	B1	61.06	2	0.05	D
C2	B3	59.84	2	0.05	E
C2	B1	58.48	2	0.05	F
C3	B3	57.80	2	0.05	G
C3	B2	56.74	2	0.05	H

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

EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EXTRACTO LIBRE DE NITROGEN..	18	1.00	1.00	0.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	613.21	8	76.65	2514.07	<0.0001
TIPO DE CULTIVO	358.31	2	179.15	5876.04	<0.0001
TIPO BIOINSUMO	46.86	2	23.43	768.43	<0.0001
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	208.05	4	52.01	1705.92	<0.0001
Error	0.27	9	0.03		
Total	613.49	17			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28147

Error: 0.0305 gl: 9

<u>TIPO DE CULTIVO Medias n E.E.</u>				
C1	63.04	6	0.07	A
C3	54.71	6	0.07	B
C2	52.74	6	0.07	C

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28147

Error: 0.0305 gl: 9

<u>TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.</u>				
B3	58.10	6	0.07	A
B2	57.84	6	0.07	A
B1	54.55	6	0.07	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.69077

Error: 0.0305 gl: 9

<u>TIPO DE CULTIVO TIPO BIOINSUMO Medias n E.E.</u>					
C1	B2	67.93	2	0.12	A
C1	B3	66.66	2	0.12	B
C3	B3	56.89	2	0.12	C
C2	B1	55.26	2	0.12	D
C1	B1	54.52	2	0.12	E
C3	B1	53.88	2	0.12	E F

C3	B2	53.36	2	0.12	F
C2	B2	52.22	2	0.12	G
C2	B3	50.75	2	0.12	H

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

PORCENTAJE DE CENIZAS (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PORCENTAJE DE CENIZAS (%)	18	0.99	0.98	4.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.99	8	3.25	103.67	<0.0001
TIPO DE CULTIVO	23.56	2	11.78	375.86	<0.0001
TIPO BIOINSUMO	0.22	2	0.11	3.54	0.0735
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	2.21	4	0.55	17.63	0.0003
Error	0.28	9	0.03		
Total	26.27	17			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28536

Error: 0.0313 gl: 9

TIPO DE CULTIVO Medias n E.E.

C2	5.02	6	0.07	A
C3	4.10	6	0.07	B
C1	2.27	6	0.07	C

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28536

Error: 0.0313 gl: 9

TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
B1	3.93	6	0.07	A
B3	3.80	6	0.07	A
B2	3.66	6	0.07	A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70033

Error: 0.0313 gl: 9

TIPO DE CULTIVO	TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
C2	B3	5.33	2	0.13	A
C3	B1	4.92	2	0.13	A
C2	B2	4.92	2	0.13	A
C2	B1	4.81	2	0.13	A
C3	B3	3.71	2	0.13	B
C3	B2	3.68	2	0.13	B
C1	B2	2.38	2	0.13	C

C1	B3	2.37	2	0.13	C
C1	B1	2.06	2	0.13	C

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

PORCENTAJE DE GRASA CRUDA (%)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PORCENTAJE DE GRASA CRUDA ..	18	0.96	0.93	3.52	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.08	8	0.39	28.79	<0.0001
TIPO DE CULTIVO	2.01	2	1.00	75.05	<0.0001
TIPO BIOINSUMO	0.10	2	0.05	3.62	0.0702
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	0.98	4	0.24	18.24	0.0002
Error	0.12	9	0.01		
Total	3.20	17			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18644

Error: 0.0134 gl: 9

TIPO DE CULTIVO Medias n E.E.

C1 3.66 6 0.05 A

C3	3.33	6	0.05	B
C2	2.85	6	0.05	C

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18644

Error: 0.0134 gl: 9

TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
B2	3.38	6	0.05	A
B3	3.26	6	0.05	A
B1	3.20	6	0.05	A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.45757

Error: 0.0134 gl: 9

TIPO DE CULTIVO	TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
C1	B1	3.86	2	0.08	A
C1	B2	3.59	2	0.08	A B
C1	B3	3.54	2	0.08	A B C
C3	B2	3.51	2	0.08	A B C
C3	B1	3.40	2	0.08	B C D
C2	B3	3.16	2	0.08	B C D
C3	B3	3.09	2	0.08	C D
C2	B2	3.04	2	0.08	D
C2	B1	2.35	2	0.08	E

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

COSTO PRODUCCION (kg/m2 (S/.))

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COSTO PRODUCCION (kg/m2 (S/..	18	0.97	0.94	7.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.77	8	0.10	35.27	<0.0001
TIPO DE CULTIVO	0.51	2	0.25	93.25	<0.0001
TIPO BIOINSUMO	0.25	2	0.13	46.07	<0.0001
TIPO DE CULTIVO*TIPO BIOIN..	0.01	4	2.4E-03	0.88	0.5134
Error	0.02	9	2.7E-03		
Total	0.79	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08419

Error: 0.0027 gl: 9

TIPO DE CULTIVO	Medias	n	E.E.	
C3	0.94	6	0.02	A
C2	0.70	6	0.02	B
C1	0.53	6	0.02	C

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08419

Error: 0.0027 gl: 9

TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
B1	0.89	6	0.02	A
B3	0.66	6	0.02	B
B2	0.63	6	0.02	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20662

Error: 0.0027 gl: 9

TIPO DE CULTIVO	TIPO BIOINSUMO	Medias	n	E.E.	
C3	B1	1.14	2	0.04	A
C3	B3	0.88	2	0.04	B
C2	B1	0.87	2	0.04	B C
C3	B2	0.81	2	0.04	B C D
C1	B1	0.67	2	0.04	C D E
C2	B2	0.63	2	0.04	D E F
C2	B3	0.62	2	0.04	D E F
C1	B3	0.48	2	0.04	E F
C1	B2	0.45	2	0.04	F

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

Anexo 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

 LABNUT Laboratorio de Análisis de Alimentos y Nutrición de la Universidad Nacional de Trujillo	INFORME DE ANALISIS	 UNIVERSIDAD NACIONAL TRUJILLO FACULTAD DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS Y NUTRICIÓN
		Página 1 de 2

INFORME DE ANÁLISIS N°: **LABNUT-2024-04**

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE : ADRIAN SANTIAGO BALDEON
YESENIA ALANIA OSOSRIO

RUC / DNI : 41902446

TIPO DE MUESTRA : PASTOS

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : MUESTRAS MOLIDAS

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 17/01/2024

FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA : 18/01/2024 - 31/01/2024

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 01/02/2024

Parámetro	Método	Unidad de medida	ID Muestra	Valor promedio
Humedad	Método Oficial AOAC 930.15 2005 (Equipo estufa)	%	C1B1R1	4.86
			C1B1R2	4.76
			C1B2R1	3.31
			C1B2R2	3.35
			C1B3R1	4.47
			C1B3R2	4.51
			C2B1R1	4.43
			C2B1R2	4.39
			C2B2R1	4.41
			C2B2R2	4.39
			C2B3R1	5.25
			C2B3R2	5.17
			C3B1R1	4.69
			C3B1R2	4.75
			C3B2R1	5.09
			C3B2R2	5.15
C3B3R1	4.65			
C3B3R2	4.61			
Cenizas	Método Oficial AOAC 942.05(2019) (Equipo Mufia)	%	C1B1R1	2.09
			C1B1R2	2.03
			C1B2R1	2.34
			C1B2R2	2.41
			C1B3R1	2.40
			C1B3R2	2.34
			C2B1R1	4.76
			C2B1R2	4.86
			C2B2R1	4.96

			C2B2R2	4.88
			C2B3R1	4.98
			C2B3R2	5.68
			C3B1R1	4.99
			C3B1R2	4.85
			C3B2R1	3.64
			C3B2R2	3.72
			C3B3R1	3.78
			C3B3R2	3.64
			C1B1R1	3.73
			C1B1R2	3.99
			C1B2R1	3.55
			C1B2R2	3.63
			C1B3R1	3.59
			C1B3R2	3.49
			C2B1R1	2.28
			C2B1R2	2.42
			C2B2R1	3.02
			C2B2R2	3.06
			C2B3R1	2.99
			C2B3R2	3.33
			C3B1R1	3.35
			C3B1R2	3.45
			C3B2R1	3.47
			C3B2R2	3.55
			C3B3R1	3.06
			C3B3R2	3.12
			C1B1R1	15.35
			C1B1R2	15.79
			C1B2R1	15.93
			C1B2R2	15.85
			C1B3R1	15.63
			C1B3R2	15.75
			C2B1R1	14.63
			C2B1R2	14.90
			C2B2R1	15.13
			C2B2R2	15.51
			C2B3R1	15.56
			C2B3R2	16.22
			C3B1R1	15.22
			C3B1R2	15.14
			C3B2R1	14.98
			C3B2R2	15.16
			C3B3R1	14.75
Grasa cruda	Official Crude Fat Extraction (AOCS Am 5-04)	%		
Proteína cruda	Método Oficial AOAC 928.08 2015	%		

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras enviadas.

Fibra cruda	Método 7 Ankom (Ankom A200)	%	C3B3R2	14.83
			C1B1R1	19.14
			C1B1R2	19.20
			C1B2R1	17.44
			C1B2R2	17.76
			C1B3R1	17.42
			C1B3R2	17.74
			C2B1R1	18.34
			C2B1R2	18.46
			C2B2R1	19.98
			C2B2R2	20.22
			C2B3R1	19.64
			C2B3R2	19.68
			C3B1R1	19.32
			C3B1R2	19.40
			C3B2R1	18.79
			C3B2R2	19.73
Extracto libre de Nitrógeno	Método Oficial AOAC 923.03 - 2005	%	C3B3R1	18.83
			C3B3R2	18.93
			C1B1R1	54.46
			C1B1R2	54.58
			C1B2R1	67.60
			C1B2R2	68.26
			C1B3R1	66.62
			C1B3R2	66.70
			C2B1R1	55.18
			C2B1R2	55.34
			C2B2R1	52.17
			C2B2R2	52.27
			C2B3R1	50.66
			C2B3R2	50.84
			C3B1R1	53.84
			C3B1R2	53.92
			C3B2R1	53.42
Digestibilidad in vitro	Método Ankom - Equipo	%	C3B2R2	53.30
			C3B3R1	56.92
			C3B3R2	56.86
			C1B1R1	69.98
			C1B1R2	70.14
			C1B2R1	74.80
			C1B2R2	74.76
			C1B3R1	78.08
			C1B3R2	78.14
			C2B1R1	58.54

 LABNUT	INFORME DE ANALISIS			 UNIVERSIDAD NACIONAL TERRENO INTERMUNICIPAL DE MANABITA DE AMAZONIA
de la materia seca	ANKOM Daisy II	%	Página 4 de 2	
			C281R2	58.42
			C282R1	61.20
			C282R2	61.34
			C283R1	59.82
			C283R2	59.86
			C381R1	61.10
			C381R2	61.02
			C382R1	56.72
			C382R2	56.76
			C383R1	57.76
			C383R2	57.84

OBSERVACIONES: Los resultados están expresados en base seca.



Ph.D. Ives J. Yoplac Tafur
Responsable del LABNUT

Anexo 4. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Regando y midiendo la temperatura del ambiente.



Fotografía 2. Tomando datos de la altura de la planta.



Fotografía 3. Tomando datos de tamaño de la raíz.



Fotografía 4. Mostrando bandejas de los tres cultivos hidropónicos.



Fotografía 5. Secado de las muestras en la estufa.



Fotografía 6. Muestras preparadas para envío a laboratorio para su análisis.



Fotografía 7. Suministro de cultivo hidropónico a los vacunos del INIGOX UNDAC.



Fotografía 8. Suministro de cultivo hidropónico a los vacunos del INIGOX UNDAC.

