

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO
ASOCIADO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y VICIA (*Vicia sativa*) EN
CONDICIONES DE FITOTOLDO Y RIEGO TECNIFICADO**

PRESENTADO POR

Br. BERLY SEGURA ORTEGA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

ASESOR:

Dr. ABRAHAM FILIBERTO MACHACA MAMANI

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico asociado de cobada (*Hordeum Vulgare*) y uña (uña sativa) en condiciones de fitotolbo y riego tecnificado"

Presentado por: Berly Segura Ortega DNI N° 61566194

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Zootecnista

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 29 de Marzo de 2025



Firma

Post firma Abraham Filiberto Machaca Mamani

Nro. de DNI 23838317

ORCID del Asesor 0000-0001-5593-743X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:442963288 ✓

BERLY SEGURA ORTEGA

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO ASOCIADO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:442963288

95 Páginas

Fecha de entrega

26 mar 2025, 7:46 p.m. GMT-5

18.616 Palabras

Fecha de descarga

26 mar 2025, 7:54 p.m. GMT-5

102.539 Caracteres

Nombre de archivo

TESIS FINAL BERLY SEGURA ZOOTECNIA UNSAAC OFF.pdf

Tamaño de archivo

4.4 MB




5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 115 words)

Top Sources

- 5%  Internet sources
- 0%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme culminar uno de mis mayores anhelos en la vida.

A mis padres Walter Segura y Clotilde Ortega por enseñarme el valor de la educación, amor incondicional y el apoyo constante les dedico este triunfo por ser mi fuente de motivación para la formación de mi vida profesional.

A mis hermanos Wilinthon, Cristina, Julieta, Dalia y Allison por su confianza y amistad

Berly Segura Ortega

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en los momentos más difíciles y un agradecimiento muy especial a mis queridos padres WALTER SEGURA y CLOTILDE ORTEGA, por su apoyo incondicional en todos los aspectos.

A todo el equipo de Profesores de la Facultad de Ciencias de Agrarias de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, por sus trascendentales conocimientos compartidos en cada momento de mi formación.

Al Ing. DAVID LUCIANO CASTRO CÁCERES por el apoyo brindado en cada momento de este trabajo de investigación y fuera de ella.

Al Dr. ABRAHAM F. MACHACA MAMANI, por sus orientaciones acertadas, y por sus palabras que fueron más que consejos para superarme personalmente.

A todos mis compañeros, amigos y personas que en particular me apoyaron de una u otra manera e hicieron posible mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema objeto de investigación.....	2
1.1.1. Planteamiento del problema general	2
1.1.2. Planteamiento del problema específico	2

CAPÍTULO II

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos	4
2.1.1. Objetivo General	4
2.1.2. Objetivo Específico	4
2.2. Justificación	4

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Forraje	6
3.2. Hidroponía.....	6
3.3. Cultivos hidropónicos	7
3.4. Forraje Verde Hidropónico.....	8
3.5. Condiciones para la producción de Forraje Verde Hidropónico	9
3.5.1. Luz.....	9
3.5.2. Temperatura	10
3.5.3. Humedad.....	10

3.5.4. Calidad de semilla	10
3.5.5. Calidad de agua	11
3.6. Método de producción de Forraje Verde Hidropónico	11
3.6.1. Selección de semilla	11
3.6.2. Lavado y desinfección de semilla	12
3.6.3. Remojo y pre germinación de la semilla	12
3.6.4. Siembra.....	12
3.6.5. Densidad de siembra.....	13
3.6.6. Germinación.....	13
3.6.7. Riego.....	13
3.6.8. Germinación.....	14
3.6.9. Crecimiento.....	14
3.6.10. Cosecha.....	15
3.7. Semilla.....	15
3.7.1. Concepto de semilla	15
3.8. Cebada.....	15
3.9. Botánica y morfología de la cebada.....	16
3.9.1. Clasificación taxonómica.....	16
3.10. Morfología de la cebada	16
3.10.1. Raíz.....	16
3.10.2. Raíces seminales o primarias.	17
3.10.3. Hojas.....	17
3.10.4. Tallos	18
3.10.5. Inflorescencia	18
3.10.6. Frutos y semillas	18
3.10.7. Valor nutricional de la cebada	19
3.11. Vicia.....	19
3.12. Taxonomía de la vicia.....	20
3.13. Riego.....	20
3.13.1. Sistemas de riegos	20

3.13.2.	Costos de producción parcial	22
---------	------------------------------------	----

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.	Lugar del estudio	24
4.1.1.	Ubicación política.....	24
4.1.2.	Ubicación geográfica.....	24
4.1.3.	Ubicación hidrográfica	25
4.2.	Tipo de investigación	26
4.3.	Materiales y equipos	26
4.3.1.	Instalación de fitotoldo	26
4.3.2.	Construcción y acondicionamiento del módulo.....	26
4.3.3.	Control de la las condiciones ambientales.....	27
	Figura 2 Instalación de fitotoldo y módulo de producción de FVH.....	28
4.3.4.	Equipo y materiales para la producción de Forraje Verde Hidropónico	28
4.3.5.	Materiales biológicos para la producción de Forraje Verde Hidropónico.....	29
4.4.	Producción de Forraje Verde Hidropónico	29
4.4.1.	Pasos de producción de Forraje Verde Hidropónico.....	29
4.5.	Análisis de muestras de Forraje Verde Hidropónico	38
4.5.1.	Determinación de materia seca	38
4.5.2.	Determinación de proteína total en base seca	39
4.5.3.	Determinación de fibra cruda.....	39
4.5.4.	Determinación de extracto etéreo (EE)	40
4.5.5.	Determinación de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).....	41
4.5.6.	Determinación de ceniza.....	41
4.6.	Determinación rendimiento de Forraje Verde Hidropónico por metro cuadrado.....	42
4.7.	Evaluación económica parcial	42
4.8.	Método estadístico	43
4.8.1.	Diseño experimental.....	43
4.9.	Distribución	43
4.10.	Análisis de resultado.....	43

4.10.1.	Diseño experimental.....	43
4.10.2.	Modelo matemático.....	44
4.11.	Variables.....	44
4.11.1.	Variables dependientes.....	44
4.11.2.	Variables independientes.....	45

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.	Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico, en términos de materia verde por kilo de semilla y materia seca metro cuadrado, en diferentes días de producción.....	46
5.1.1.	Rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico por kilo de semilla en diferentes días de producción.....	46
5.1.2.	Rendimiento de materia seca por metro cuadrado de Forraje Verde Hidropónico en diferentes días de Producción.....	47
5.1.3.	Rendimiento de ceniza g/m ²	49
5.2.	Composición de proteína cruda, extracto etéreo, fibra bruta y extracto libre de nitrógeno.....	51
5.2.1.	Composición de proteína cruda g/m ²	51
5.2.2.	Composición de fibra bruta g/m ²	53
5.2.3.	Composición de extracto etéreo g/m ²	55
5.2.4.	Composición de extracto libre de nitrógeno g/m ²	57
5.3.	Evaluación económica por método de presupuestos parciales.....	58

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES.....	61
CAPÍTULO VII.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias ..	19
Tabla 2	Rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico por kilo de semilla.....	46
Tabla 3	Rendimiento de materia seca en los diferentes tratamientos g/m ²	48
Tabla 4	Rendimiento de Ceniza g/m ²	50
Tabla 5	Composición de proteína total (g/m ²) de Forraje Verde Hidropónico.....	52
Tabla 6	Composición de Fibra Bruta (g/m ²) de Forraje Verde Hidropónico.....	54
Tabla 7	Composición de extracto etéreo (g/m ²) de Forraje Verde Hidropónico	56
Tabla 8	Composición de extracto libre de nitrógeno (g/m ²) de Forraje Verde Hidropónico.....	57
Tabla 9	Evaluación económica por método de presupuestos parciales.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del lugar del experimento.....	25
Figura 2 Instalación de fitotoldo y módulo de producción de FVH	28
Figura 3 Selección de semillas cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) y vicia (<i>Vicia sativa</i>)	30
Figura 4 Prueba de germinación de semillas cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) y vicia (<i>Vicia sativa</i>)..	30
Figura 5 Pesado de semillas por tratamiento	31
Figura 6 Lavado de semillas en envase individual por tratamientos	31
Figura 7 Desinfección de las semillas con hipoclorito de sodio (clorox)	32
Figura 8 Semillas enjuagadas listo para el remojo.....	32
Figura 9 Siembra bien distribuida y uniformizada por tratamiento repetición.....	33
Figura 10 Recubrimiento total de la semilla para darle un ambiente oscuro que favorece la germinación	34
Figura 11 Proceso de destapado y presencia de la radícula de las semillas	34
Figura 12 En el proceso de crecimiento usando malla raschel para la sombra y el luxómetro para medir la luminosidad.....	35
Figura 13 Riego tecnificado haciendo uso de la motobomba y temporizador	36
Figura 14 Cosecha a los 12,14 y 16 días de producción de forraje verde hidropónico	37
Figura 15 Obtención y pesado de muestra ala azar de forraje verde hidropónico para el análisis en laboratorio	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Composición fisicoquímica del forraje verde hidropónico	69
Anexo 2 Análisis físico químico y valor nutritivo promedio del forraje verde hidropónico para los 3 tratamientos.....	69
Anexo 3 Peso fresco de forraje Verde Hidropónico en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²)	70
Anexo 4 Peso fresco de la muestra por tratamiento y repeticiones para determinar la materia seca (g)	70
Anexo 5 Peso de materia seca de la muestra por tratamiento y repeticiones para determinar la materia seca (g)	70
Anexo 6 Porcentaje de materia seca de la muestra por tratamientos y repeticiones (%).....	70
Anexo 7 Rendimiento de forraje verde hidropónico por kilo de semilla en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²)	71
Anexo 8 Peso de materia seca en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²)	71
Anexo 9 Peso de ceniza en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²).....	71
Anexo 10 Peso de proteína total en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²)	72
Anexo 11 Peso de fibra bruta en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²).....	72
Anexo 12 Peso de extracto etéreo en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²).....	72
Anexo 13 Peso de extracto libre de nitrógeno en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m ²)	73
Anexo 14 Análisis de varianza rendimiento de forraje verde hidropónico por kilo de semilla...	73

Anexo 15 Análisis de varianza rendimiento de materia seca en los diferentes tratamientos (g/m ²)	74
Anexo 16 Análisis de varianza rendimiento de ceniza en los diferentes tratamientos (g/m ²)	74
Anexo 17 Análisis de varianza rendimiento de proteína total en los diferentes tratamientos (g/m ²)	75
Anexo 18 Análisis de varianza rendimiento de fibra bruta en los diferentes tratamientos (g/m ²)	76
Anexo 19 Análisis de varianza rendimiento de extracto etéreo en los diferentes tratamientos (g/m ²)	76
Anexo 20 Análisis de varianza rendimiento de extracto libre de nitrógeno en los diferentes tratamientos (g/m ²).....	77
Anexo 21 Informe del análisis químico, porcentaje de materia seca, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones del Forraje Verde Hidropónico	78
Anexo 23 Fotografías obtenidas durante el desarrollo del proyecto de investigación	81

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de forraje verde hidropónico (*Hordeum Vulgare*) asociado con 10% y 20% de vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de fitotoldo con riego tecnificado durante 12,14 y 16 días de producción, así mismo, evaluar el rendimiento de materia verde por kilo de semilla, materia seca y la composición de proteína cruda, extracto etéreo, fibra bruta y extracto libre de nitrógeno en gramos por metro cuadrado como también una evaluación económica por el método de presupuestos parciales. Para evaluar el rendimiento se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3x3 con tres repeticiones por tratamiento donde el factor A, constituye las semillas cebada y vicia en diferentes porcentajes y el factor B, días de producción. Por tanto, se tuvo como resultado para la producción de materia verde la asociación de cebada 80% y vicia al 20% con 16 días de producción tiene un valor superior al resto de los tratamientos, asimismo, la asociación de vicia al 10 y 20% con cebada al 90 y 80 % respectivamente tienen valores mayores en cuanto a la proteína total (PT), para la fibra bruta (FB) y extracto etéreo (EE) influye los días de producción en 12 y 14 días teniendo mayores promedios a comparación de 16 días de producción, en el rendimiento de extracto libre de nitrógeno (ELN) se logra tener mayores promedios con 12,14 días de producción y con asociado de cebada con vicia al 10 % y cebada pura. Se concluye que los días de producción de 12,14 y 16 días y la asociación de cebada con vicia al 10 y 20% si influyen en el rendimiento de materia verde y composición química por otra parte en la evaluación económica los costos de la semilla de vicia son elevadas por lo que se consigue mayor beneficio solamente usando la semilla de cebada pura con respecto a los demás tratamientos.

Palabras Claves: Forraje verde hidropónico, Cebada y vicia, parámetros productivos, asociado, composición nutricional y rendimiento.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the production of hydroponic green fodder (*Hordeum Vulgare*) associated with 10% and 20% of vetch (*Vicia sativa*) under phyto-tent conditions with technical irrigation for 12, 14 and 16 days of production, as well as to evaluate the yield of green matter per kilo of seed, dry matter and the composition of crude protein, ether extract, crude fiber and nitrogen-free extract in grams per square meter as well as an economic evaluation by the partial budget method. To evaluate the yield, a completely randomized design was used with a 3x3 factorial arrangement with three repetitions per treatment where factor A constitutes the barley and vetch seeds in different percentages and factor B, days of production. Therefore, the result for the production of green matter was the association of barley 80% and vetch at 20% with 16 days of production has a higher value than the rest of the treatments, likewise, the association of vetch at 10 and 20% with barley at 90 and 80 % respectively have higher values in terms of total protein (PT), for crude fiber (FB) and ether extract (EE) it influences the days of production in 12 and 14 days having higher averages compared to 16 days of production, in the yield of nitrogen free extract (ELN) it is possible to have higher averages with 12.14 days of production and with an association of barley with vetch at 10% and pure barley. It is concluded that the production days of 12, 14 and 16 days and the association of barley with vetch at 10 and 20% do influence the yield of green matter and chemical composition. On the other hand, in the economic evaluation, the costs of vetch seed are high, so greater benefit is achieved only by using pure barley seed with respect to the other treatments.

Keywords: Hydroponic green fodder, barley and vetch, productive parameters, association, nutritional composition and yield.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El uso de cultivos de forraje verde hidropónico asociado como la cebada y vicia constituye una buena alternativa para la alimentación de las diferentes especies de animales domésticos. ya que este producto puede ser consumido en toda su extensión la parte aérea (hojas y tallos) los restos de semilla, las envolturas de semillas que germinaron y las que no lo hicieron además de la zona radicular, siendo un alimento de alta aceptabilidad y valor nutritivo, permitiendo proveer al animal una nutrición adecuada que cubra los requerimientos nutricionales de estos, con el propósito de mejorar los parámetros productivos y reproductivos.

La producción de forrajes hoy en día requiere mayores inversiones en cuanto a la extensión del terreno, agua para el riego y por su puesto la mano de obra es mayor; por ende, con el presente trabajo de investigación se pretende producir forraje verde hidropónico en condiciones de Fito toldo en cualquier zona donde el productor requiera, ya que se podrá contar con un adecuado microclima para mayor desarrollo del forraje.

De la misma forma la presente investigación pretende demostrar al forraje verde hidropónico asociado de cebada (*Hordeum vulgare*) y vicia (*Vicia sativa*) como una alternativa para la alimentación de los animales en diferentes etapas fisiológicas, considerando que a través de estos cultivos hidropónicos se obtendrá forrajes de calidad, con menor esfuerzo en menor tiempo posible y a un bajo costo de producción permitiendo al productor obtener mayor rentabilidad, por otra parte, el presente trabajo de investigación en comparación de muchos trabajos similares se realizó en condiciones de Fitotoldo con temperaturas controladas generando un microclima para la buena producción del forraje el cual se puede tomar como una opción para futuras instalaciones en zonas de temperaturas bajas.

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional, producido muy rápidamente (9 a 16 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología FVH es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas para cultivo forrajero convencional. (Villavicencio, 2014).

1.1. Planteamiento del problema objeto de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema general

El incremento de la demanda de alimentos para el consumo animal ha generado la necesidad de buscar alternativas sostenibles y eficientes en la producción de forraje. En este contexto, la producción de forraje verde hidropónico se presenta como una solución innovadora que permite optimizar el uso de recursos naturales como el agua y el suelo, y mejorar la calidad nutritiva del forraje. Sin embargo, la combinación de diferentes especies vegetales para la producción de forraje hidropónico, como la cebada (*Hordeum Vulgare*) y la vicia (*Vicia Sativa*), y su evaluación en condiciones de fitotoldos con riego tecnificado, aún requiere de estudios detallados para determinar su viabilidad y beneficios.

1.1.2. Planteamiento del problema específico

- **Eficiencia en la producción:** ¿Cuál es la eficiencia de la producción de forraje verde hidropónico cuando se asocian cebada y vicia en diferentes proporciones (10% y 20%) con distintos días de producción (12,14 y 16) en condiciones de fitotoldo y riego tecnificado?
- **Calidad nutritiva:** ¿Cómo afecta la asociación de cebada y vicia en la calidad nutritiva del forraje verde hidropónico producido bajo estas condiciones?

- **Uso de recursos:** ¿Qué impacto tiene el uso del fitotoldo y el riego tecnificado en la eficiencia del uso del agua y otros recursos en la producción de forraje verde hidropónico?
- **Viabilidad económica:** ¿Es económicamente viable la producción de forraje verde hidropónico asociado de cebada y vicia en comparación con otros métodos de producción forrajera?

CAPÍTULO II

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo General*

Evaluar la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) asociado con 10% y 20% de vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de Fito toldo con riego tecnificado, durante 12,14 y 16 días de producción.

2.1.2. *Objetivo Específico*

- Evaluar el rendimiento de forraje verde hidropónico, en términos de MV y MS, por kilo de semilla, en diferentes días de producción.
- Evaluar la composición de proteína cruda, extracto etéreo, fibra bruta y extracto libre de nitrógeno.
- Realizar una evaluación económica parcial por el método de presupuestos parciales.

2.2. Justificación

La época de sequía, fenómenos climatológicos (heladas y granizadas) determinan que la producción de forraje sea estacional originándose periodos largos de escases, en estas circunstancias el forraje verde hidropónico bajo condiciones de cultivo en fitotoldo y riego tecnificado surge como una alternativa de solución a estos problemas para generar mayor recurso forrajero.

Por otra parte, la alimentación tiene mayor influencia en los costos de producción ya que para sistemas convencionales de instalación de forraje se requiere mayores inversiones en cuanto a la semilla, terreno, disponibilidad de agua para el riego y mano de obra, en cambio con lo

propuesto en el trabajo de investigación se podrá disminuir considerablemente lo mencionado anteriormente obteniendo un forraje de calidad en menor tiempo en forma continua durante todo el año y que la alimentación de los animales de granja sea a menor costo.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o granos para alimentación animal. Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas, vienen incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales (FAO, 2001).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Forraje

Los forrajes son las especies cultivadas espontáneas que se utilizan para la alimentación del ganado se excluyen pues, tanto los pastos naturales como las plantas, raíces y tubérculos del cultivo que contenga la ración alimenticia de los animales. Las especies vegetales de máximo interés forrajero son las leguminosas (alfalfas, tréboles, esparceta, etc.), las gramíneas (dátilo, ray gras, festucas, etc.). El mismo autor menciona que únicamente poniendo en práctica las técnicas más avanzadas para la conducción de los cultivos forrajeros y para la alimentación racional de los animales es posible afrontar con esperanzas justificadas unos tiempos que se consideren particularmente críticos para el agricultor y el ganadero (Migliorini, 1991).

Por la importancia del tema, la producción de forrajes (leguminosas y gramíneas) se constituye en la base de la alimentación del ganado lechero en nuestro medio, una buena producción de forrajes permite aprovechar toda la capacidad productiva y reproductiva de los animales (Torricos, 2001).

3.2. Hidroponía

Hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico- nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los

nutrientes. Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia. Generalmente asociamos esta forma de cultivo con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología; sin embargo, los orígenes de la hidroponía fueron muy simples en su implementación. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad (Beltrano & Gimenez, 2015).

La Hidroponía es un sistema de cultivo de alto rendimiento que requiere de poco espacio y de una menor cantidad de agua. La producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) representa una alternativa para los ganaderos de regiones en donde se presentan limitaciones en cuanto a disponibilidad de agua, factores climáticos o de tierras laborables (López, 2005).

3.3. Cultivos hidropónicos

El forraje hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. Es considerado un forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (Vega & Quispe, 2010).

El forraje hidropónico (FH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional, producido muy rápidamente (9 a 16 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología FH es complementaria y no competitiva a la producción

convencional de forraje a partir de especies aptas para cultivo forrajero convencional (Villavicencio, 2014).

El forraje hidropónico, se obtiene a partir del crecimiento inicial de semillas de cereales en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas, a partir de semillas viables y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) y en ausencia del suelo, para lo cual usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. Constituye un recurso forrajero de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apta para la alimentación animal (Villavicencio, 2014).

El forraje hidropónico es totalmente diferente a los alimentos tradicionales (pastos-alfalfas-tréboles-henos), ya que el animal consume las primeras hojas verdes (parte aérea), los restos de la semilla y la zona radicular, que constituyen una completa fórmula de carbohidratos, azúcares y proteínas (Aguirre et al., 2014).

3.4. Forraje Verde Hidropónico

El Forraje Verde Hidropónico consiste en la germinación de semillas de especies gramíneas y leguminosas (poáceas y fabáceas) que pueden ser utilizadas como forrajeras, entre ellas, trigo, avena, centeno, cebada, maíz, alfalfa, entre otras. El método, es bastante antiguo, pues se remonta a la época de griegos y romanos, que hacían germinar la semilla para alimentar su ganado (Abarca et al., 2016).

La producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) consiste en la germinación de semillas, especialmente de gramíneas, para generar un alimento verde con alto contenido de humedad y rico en vitaminas y minerales. Es utilizado para alimentación principalmente de ovinos, caprinos, conejos, gallinas y cuyes, en períodos de escases hídrica y falta de forraje verde natural (Aguirre et al., 2014).

El FVH se produce en ausencia del suelo y en condiciones protegidas donde se controlan algunas variables ambientales (luz, temperatura y humedad). Usualmente se utilizan semillas de maíz, avena, cebada, trigo y sorgo. La producción del FVH es una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía. El proceso se realiza en contenedores de plástico rígido (charolas) por un periodo de entre 10 y 14 días, con riegos de agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 cm; a partir de ese momento, se continúan los riegos con una solución nutritiva con el fin de proporcionarle los nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento del forraje. Con esta producción se obtiene en corto tiempo un alimento de alta sanidad y calidad nutricional para el ganado, en cualquier época del año y localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello (Juárez López et al., 2013).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH o “green fodderhydroponics” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (FAO, 2001).

3.5. Condiciones para la producción de Forraje Verde Hidropónico

3.5.1. Luz

Para producir forraje hidropónico óptimamente, es necesario que los primeros 3 días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas, no se debe exponer las bandejas directamente al sol. Si el ambiente es muy cerrado se puede recurrir al uso de luz artificial

(fluorescente), iluminando las bandejas por un máximo de 12 a 15 horas. No se debe exponer las bandejas directamente al sol (Castillo, 2015).

3.5.2. *Temperatura*

Para obtener una óptima producción de forraje hidropónico, la temperatura debe estar entre 22°C y 25°C. En gramíneas es importante por su alto volumen de producción de FVH, aparte de su gran riqueza nutricional requiere de temperaturas que varía entre los 25 y 28° C. Si la temperatura está por encima de los 30°C se presentan problemas en la actividad celular disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces, agregando que las noches no son benéficas para las gramíneas, pues la respiración es muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día (Castillo, 2015).

3.5.3. *Humedad*

Es otro factor importante en la producción de forraje hidropónico, debiendo oscilar entre 65-70%. El cuidado de la humedad en el interior del invernadero es muy importante y se debe tener una humedad relativa de 65 a 70%. Valores superiores a 90% sin una buena ventilación puede causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar (Castillo, 2015).

3.5.4. *Calidad de semilla*

Es un factor muy importante, el porcentaje de germinación de las semillas debe ser de 80 - 90%. Los granos de trigo, avena, cebada, sorgo, maíz y centeno son los más empleados para la producción de FH, porque cumplen fundamentalmente con algunos requisitos que permiten una mayor producción libre de hongos, principal problema que enfrenta el productor que inicia con el sistema. Entonces los siguientes requisitos para la producción de forraje hidropónico (Rodríguez, 2002) son:

- Seguridad de que el grano empleado no contenga agroquímicos tóxicos y de acción residual, ya que el tiempo de producción es corto y puede ocasionar problemas en los animales que se alimenten con el producto.
- Que el porcentaje de germinación del grano sea alto; 90% mínimo.
- Que el grano no se encuentre dañado o roto, porque suelta almidón, y con ello la propagación de enfermedades se presenta fácilmente.

3.5.5. Calidad de agua

La condición básica que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Para el caso en que la calidad de agua no sea la conveniente, será imprescindible realizar un análisis químico detallado de la misma, existen criterios en el uso del agua para cultivos hidropónicos respecto a (1) contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloró y boro); (2) contenido de microorganismos patógenos; (3) concentración de metales pesados y (4) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos. El valor del pH del agua debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse con un pH cercano al 7.5 el resto de las semillas (cereales mayormente), no se comportan eficiente por encima del valor 7 (FAO, 2001)

3.6. Método de producción de Forraje Verde Hidropónico

3.6.1. Selección de semilla

Generalmente se utiliza semillas de cereales y su elección depende de la disponibilidad local y de su precio. Es importante usar semilla de buena calidad, de alta capacidad de germinación, al menos un 75%, limpia, libre de semillas de malezas, de piedras, de paja, de hongos y sin residuos

de pesticidas. Es posible usar granos de producción local o del propio agricultor, cuidando las características mencionadas (Villavicencio, 2014).

3.6.2. *Lavado y desinfección de semilla*

Se enjuagaron con agua las semillas del maíz tres veces después de haberlas sumergido a la solución desinfectante, para quitar el exceso de hipoclorito de sodio en la semilla. Para eliminar hongos y bacterias se realizó una desinfección con hipoclorito de sodio al 1%, donde se utilizó un litro de agua por cada 500 g de semilla. Las semillas utilizadas se sumergieron en la solución descrita por un período de 10 minutos (Mejía Castillo & Orellana Núñez, 2019).

3.6.3. *Remojo y pre germinación de la semilla*

Esta etapa consiste en la inmersión de las semillas en agua para lograr su completa imbibición y desencadenar los procesos fisiológicos de la germinación. Se colocan las semillas en una bolsa de arpillera o tela delgada y se sumergen en agua por 12 horas, en un tambor plástico, no metálico. Luego se sacan y deja escurrir el agua y airear las semillas por una hora, para volver a sumergirlas otras 12 horas. Finalmente sacar y orear nuevamente las semillas por una hora, con ello quedan preparadas para la siembra (Villavicencio, 2014).

3.6.4. *Siembra*

Se esparce una fina capa de semillas de cereales que se va a sembrar. Sobre esta capa se agregan las semillas recién salidas del proceso de pre germinación con una densidad de 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja. Se cubren con periódicos humedecidos. Se tapa con plástico negro para proveer un ambiente sin luz que estimula a las plántulas a brotar (buscando luz), además que así se ahorra agua (Arzola, 2012).

3.6.5. Densidad de siembra

Las densidades óptimas por metro cuadrado oscilan entre dos y cuatro kilos de semilla luego de imbibidas las semillas se siembran en los contenedores o bandejas en capas no superiores a 1,5 cm de espesor, y se cubren con papel de diario para mantener la humedad y temperatura óptimas de germinación. Se debe regar tres veces al día, para mantener humedad, sin aplicar agua en exceso para evitar que se empoce en las bandejas (Villavicencio, 2014).

3.6.6. Germinación

La germinación se inicia desde el momento en que se somete a la semilla a imbibición o hidratación a través del riego. Una vez que han aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta está capacitada para obtener los nutrientes del medio externo y demás elementos para fabricar su propio alimento (fotosíntesis), motivo por el cual se debe exponer a condiciones óptimas de luminosidad, oxigenación y nutrición. Durante esta etapa, las semillas germinadas, tienen un contenido elevado de proteínas, aminoácidos y vitaminas, siendo por lo tanto un alimento potencialmente muy superior a los granos de los que provienen (FAO, 2002).

3.6.7. Riego

Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie resulta muy difícil, dado que dependerá de la época del año durante la que se realice el cultivo y tipo de infraestructura de producción disponible (Villavicencio, 2014). Sin embargo, es posible entregar algunas recomendaciones generales como:

Regar por aspersión, mediante sistema especialmente diseñado para ello o utilizando una bomba de espalda o regadera.

- Evitar empozamiento del agua en bandejas (produce asfixia radicular, ataque de hongos).

- No regar cuando se note follaje húmedo o masa de raíces con alta humedad.
- Los primeros tres días no se debe aplicar más de 0,5 litros/m² aproximadamente.
- Luego llegar a aplicar 1 ó 1,5 litros/m² al día.
- Dividir el volumen de agua diaria en cuatro o cinco aplicaciones de corta duración

3.6.8. Germinación

Las semillas necesitan de ciertos factores externos para poder desarrollar su proceso de germinación. Entre los más importantes se mencionan temperatura, humedad, oxígeno, y oscuridad. Cuando uno o más factores son deficientes, existe la probabilidad que la germinación y la formación de la planta no llegue a buen término. Para el caso de la temperatura, aquella que se produce entre los meses de octubre y abril es suficiente para iniciar el proceso de germinación y crecimiento de las plántulas. Para los meses de mayo a septiembre, ésta debe ser suministrada de forma artificial por equipos generadores de calor. Para la humedad, se recomienda realizar dos riegos diarios (en la etapa de germinación) para mantener la semilla hidratada. Para dar la oscuridad adecuada y suplir la capa de suelo presente en una siembra tradicional, las semillas deben ser ubicadas en una cámara oscura, o se tapan con un plástico color negro. Tanto el material, como el color, otorgarán la temperatura y oscuridad requerida para la germinación de las semillas. El retiro de las semillas germinadas desde la cámara de oscuridad, y traslado a su ubicación final en estanterías o repisas, debe ser hecho cuando el brote alcance un crecimiento de 2 cm aproximadamente (Abarca et al., 2016).

3.6.9. Crecimiento

Concluida la germinación se inicia la fase del “Crecimiento” que coincide con la fotosíntesis, etapa, donde las plántulas germinadas empiezan a crecer a un ritmo muy acelerado

hasta la edad de 10 a 15 días dependiendo de las condiciones climáticas para obtener el forraje con una altura de 20 a 25cm, formando hojas y tallos de alta calidad nutritiva y listo para la cosecha (Rodriguez, 2000).

3.6.10. Cosecha

Cuando el forraje haya alcanzado una altura superior a los 20 cm, que se alcanza aproximadamente en 15 días, se encuentra en condiciones de ser cosechado y en condiciones para ser entregado a los animales.

El forraje no requiere de cortes, la entrega a los animales es total incluyendo las raíces, pues la masa vegetativa queda dispuesta como un bloque, el cual es de fácil entrega (Abarca et al., 2016).

3.7. Semilla

3.7.1. Concepto de semilla

Es el óvulo fecundado, transformado y maduro. Constituye el órgano de dispersión y perpetuación de las angiospermas y representa la culminación de la evolución reproductiva de las plantas. Ésta se forma mediante la embriogénesis cigótica, que comprende los cambios morfológicos, estructurales y de expresión génica que tienen lugar desde la formación del cigoto hasta el final del desarrollo y la maduración del embrión. En las plantas con flores la fecundación es doble: de los gametos masculinos del grano de polen, uno fecunda el gameto femenino, célula huevo u ovocélula, formando el cigoto, y el otro gameto se une a los núcleos polares, formando el endospermo (Courtis, 2013).

3.8. Cebada

La cebada, (*Hordeum vulgare*) en latín, es una planta gramínea perteneciente al grupo de los cereales. Es originaria de Asia, Europa, América y el norte de África. Sus semillas, enteras o

transformadas en harina, se usan tanto en la alimentación humana como en el animal y es en la actualidad el quinto cereal más cultivado del mundo (Salvador, 2015).

La producción de cebada es de gran importancia para la alimentación humana y animal; por lo tanto, se considera como un cultivo de seguridad alimentaria. En el siglo pasado, la cebada se cultivó y utilizó principalmente para la alimentación humana, actualmente la producción es destinada también en la alimentación animal, y productos de malta para la industria cervecera (Pinedo et al., 2020).

3.9. Botánica y morfología de la cebada

3.9.1. Clasificación taxonómica

El cultivo de cebada presenta la siguiente clasificación taxonómica (Pinedo et al., 2020):

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: Hordeum
- Especie: Hordeum vulgare L.

3.10. Morfología de la cebada

3.10.1. Raíz

Las raíces de la cebada presentan un sistema radicular fasciculado, de consistencia fibrosa y alcanzan escasa profundidad en comparación con el maíz y otros cereales.

La profundidad que alcancen las raíces está en función al tipo de preparación del suelo, profundidad de siembra, textura, estructura y fertilidad del suelo, la humedad y las condiciones climáticas. La planta de cebada presenta dos tipos de raíces.

3.10.2. Raíces seminales o primarias.

Son típicamente cinco raíces: la radícula y dos pares laterales. Sirven para que las raíces puedan anclarse al suelo, extraer agua y nutrientes durante las primeras semanas de su vida. En la etapa de planta adulta, las raíces primarias o seminales se marchitan o desaparecen y las raíces adventicias o principales crecen en número y longitud no determinada.

3.10.2.1. Raíces adventicias o principales

Sirven para el anclaje en las primeras semanas y transporte de agua y nutrientes durante y se caracterizan por ser de tipo fasciculado (ramificadas). Dependiendo de la textura y estructura del suelo, las condiciones ambientales y las características del cultivar las raíces pueden alcanzar profundidades mayores a un metro (Pinedo et al., 2020).

3.10.3. Hojas

Las hojas están formadas por la vaina basal y la lámina, unidas por la lígula truncada y corta, además presentan prolongaciones membranosas largas y envolventes llamadas aurículas. En el punto de unión entre el limbo y la vaina se encuentran la lígula y la aurícula. La lígula es una fina membrana blanquecina de borde irregular que se halla en contacto con el tallo; mientras que la aurícula presenta dos prominencias envolventes en forma de hoz, cruzándose en la parte opuesta. Por cada tallo se pueden encontrar de cinco a 10 hojas que pueden ser diferentes en forma y tamaño (Pinedo et al., 2020)

3.10.4. Tallos

Emite tallos a partir de los nudos situados en la base de la planta, este fenómeno es conocido como ahijamiento o macollamiento, resulta tanto más pronunciado cuanto más favorables sean las condiciones de cultivo (Orellana, 2015).

3.10.5. Inflorescencia

La espiga presenta un raquis compuesto por entrenudos, cada uno se caracteriza por tener espiguillas unifloras provistas de raquilla. La espiguilla central carece normalmente, de pedicelo, o es muy corto.

Cada espiguilla consta de dos glumillas, llamadas lemma y palea, que envuelven los órganos sexuales (tres anteras, un pistilo con óvulo único y un estigma pubescente). La lemma puede terminar en una arista más o menos larga. Si todas las espiguillas del nudo son fértiles genera una espiga de seis hileras, si sólo son fértiles las espiguillas centrales, en cada nudo, se dará origen a una espiga de dos hileras (Pinedo et al., 2020).

3.10.6. Frutos y semillas

El grano de cebada es un fruto seco indehisciente denominado cariósipide. Una vez seco el grano, las paredes exteriores remanentes del ovario se unen íntimamente o se pegan con las glumillas, dando lugar a un grano de cebada “normal”, “cubierto” o “vestido”.

Cuando las glumillas no se pegan a la pared del ovario, en grano maduro, podrán desprenderse fácilmente durante la trilla por lo que se llama “grano desnudo”.

Estructuralmente se pueden distinguir en el grano tres partes: las cubiertas (lemma y pálea), el endospermo o tejido de reserva y el embrión ubicado en la parte dorsal del grano (Pinedo et al., 2020).

3.10.7. Valor nutricional de la cebada

En la tabla 2, se observa las diferencias en los parámetros entre del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias, donde se observa diferencias en energía, proteína cruda, digestibilidad kcal digestible y kg proteína digestible.

Tabla 1

Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias

Parámetro	FVH (cebada)	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3.216	3.000	1,680	1,392
Proteína Cruda (%)	25	30,0	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47,0	39,0
Kcal Digestibilidad/kg	488	2,160	400	466
Kg Proteína Digestible/Tm	46,5	216	35,75	12,41

Fuente: Supulveda & Raymundo (1994)

3.11. Vicia

La vicia forrajera es una leguminosa anual, que no resiste las sequías prolongadas, ni el calor excesivo. Proporciona buena cobertura y protección al suelo además de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas favoreciendo los cultivos posteriores. No tolera suelos encharcados y es sensible al pisoteo. Tiene hábito trepador, por ello su cultivo se recomienda en asociación.

Constituye una de las especies forrajeras más importantes para la alimentación de vacas lecheras, ovinos de leche y madres lactantes en animales menores. (INIA, 2013) la vicia o veza, arveja ó alverjilla (*Vicia sativa*) es una leguminosa anual, con hojas imparipinnadas, aunque con el foliolo terminal transformado en zarcillo. Es originaria del centro y sur de Europa y el norte de

África. Se suele cultivar en zonas de clima mediterráneo o con influencia mediterránea y con inviernos no muy fríos. Como anual, tolera perfectamente la sequía, aunque es relativamente exigente en precipitaciones durante su periodo vegetativo, sobre todo en primavera. A pesar de ello, no soporta el encharcamiento, y en climas húmedos es bastante sensible a diversas enfermedades (San Miguel, 2007).

3.12. Taxonomía de la vicia

Desde el punto de vista taxonómico, en el grupo agregado *Vicia sativa* se encuentran una serie de taxones a los que se les ha dado distintos tratamientos según diferentes autores (Bueno, 1979).

- Reino: Plantae
- División: FanérogamaMagnoliophyta
- Clase: Dicotiledónea Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae – Leguminosae
- Género: *Vicia*
- Especie: *Sativa*

3.13. Riego

3.13.1. *Sistemas de riegos*

Los sistemas de riego utilizados en los viveros, todos tiene en común que reutilizan el agua, incidiendo en el control estricto del riego y la fertilización e intentando generar el menor impacto ambiental (Musso & Quillapungi, 2018).

La selección de uno u otro tipo de riego tiene que ver con el tipo de cultivo, dónde se va desarrollar (en invernaderos o en el exterior, en suelo o en cama de propagación), el grado de sectorización, con el coste económico, la uniformidad deseada, la disponibilidad de agua y su calidad. Además, de la mayor o menor exigencia sobre cada uno de estos factores, dependerá el aprovechamiento del agua por la planta y la eficiencia del sistema de riego (Muso & Quillapungi, 2018).

Los sistemas de riego más utilizados se pueden clasificar atendiendo al propio diseño del emisor, al alcance y al tamaño de la gota. Según estos criterios podemos hacer la siguiente clasificación de tipos de riego (Muso & Quillapungi, 2018).

Sistemas de riegos aéreos

Son sistemas de riego en los que el agua se aplica a los cultivos en forma de lluvia, mojando la totalidad de la planta, así como la del sustrato o superficie cultivada.

- Aspersión
- Mini aspersión
- Nebulización
- Pulverización

Aspersión: sistema apropiado para el riego de cultivos en el exterior.

Mini aspersión: sistema apropiado para el riego de todo tipo de cultivos en invernadero.

Nebulización: sistema apropiado para el riego de plántulas, semilleros y plantas en macetas de pequeño formato, que precisen un fino tamaño de gota, o también en aquellas situaciones en las que la anchura de riego no deba superar los 2 metros.

La nebulización es un sistema de regulación climática que se usa en los invernaderos para evitar, en la medida posible la elevada temperatura y escasa humedad que, a veces, se produce en los invernaderos. Es por lo que este sistema de relación climática resulta muy interesante para resolver los problemas de alta temperatura y/o baja humedad que se encuentran durante determinadas épocas en los invernaderos. El manejo de la nebulización debe ser cuidadoso, puesto que su uso incorrecto puede causar más problemas que beneficios (Gomes, 2021).

Al sistema de riego nebulizado o micro aspersion se le instala una tubería aproximadamente de 35 a 40 cm altura de las charolas forrajeras y se le instalan los nebulizadores o micro aspersores; para los sistemas de un nivel será un nebulizador por charola, pero para los sistemas que van en anaqueles puedes utilizar un nebulizador por dos charolas forrajeras.

Los sistemas de riego por microaspersión y nebulizado son de los que han dado mejores resultados; porque a diferencia de otros sistemas el riego es proporcional, uniforme y el tamaño de la gota no ocasiona ningún daño a la semilla, además que ayuda a incrementar humedad relativa del invernadero (Hidroenvironment, 2017).

Pulverización: Sistema apropiado para el riego de todo tipo de cultivos en el exterior o en invernadero, que requieran una elevada precipitación o un riego rápido (efecto ducha) (Boix Aristu, 2015).

3.13.2. Costos de producción parcial

El análisis de costos de producción parcial de FVH, es importante considerar los riesgos de sequias, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que debe ser considerada por los productores. En el desglose de los costos se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción por su bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales

de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente (FAO, 2001).

El costo de producción como el desembolso o gasto de dinero que hace en la adquisición de los insumos o recursos empleados, para producir bienes y servicios. Sin embargo, el termino costo es más amplio, ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado (Tito, 2016).

Los costos de producción varían de acuerdo a la tecnología y herramienta utilizada, ya que estas prácticas influyen en el rendimiento y beneficios (Sotomayor, 1992).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar del estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro De Lumbricultura (Cisa Faz UNSAAC) del Centro Agronómico K'ayra de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

4.1.1. Ubicación política

- Región : Cusco
- Provincia : Cusco
- Distrito : San Jerónimo
- Lugar : Centro Agronómico K'ayra - UNSAAC

4.1.2. Ubicación geográfica

- Latitud Sur 13° 33'
- Longitud Oeste 71° 52'
- Altitud 3203 m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación del lugar del experimento



Fuente: (Google Earth, 2023)

4.1.3. Ubicación hidrográfica

- Cuenca : Vilcanota
- Subcuenta : Huatanay
- Microcuenca : Huanacaure

4.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación empleado para el presente trabajo es una investigación experimental. se ha seleccionado este enfoque porque permite crear condiciones específicas y controladas, a fin de evaluar los efectos directos de la asociación de cebada y vicia en la producción de forraje verde hidropónico. Este método se distingue por su rigor y precisión al medir los resultados.

En la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Alonso et al., 2012).

4.3. Materiales y equipos

4.3.1. Instalación de fitotoldo

Para la producción de forraje verde hidropónico se acondicionó un fitotoldo usando plástico Agro fil blanco al 30 % y malla Raschel en un área de 21 m² para generar sombra; altura promedio de 3 metros, dentro del fitotoldo hubo módulos para poner las bandejas que tienen las dimensiones de largo 40 cm y ancho 28 cm.

4.3.2. Construcción y acondicionamiento del módulo

En la construcción del módulo se usó madera o listones para la estructura las cuales son unidos por pernos, el módulo tiene 3 metros de largo, 2 metros de altura y 1 metro de ancho.

Tiene además tres pisos para poner las bandejas los cuales son de cable con una ligera inclinación para que pueda escurrirse el agua de la bandeja y no haya encharcamiento del mismo.

4.3.3. *Control de la las condiciones ambientales*

Termómetro: Se utilizó el termómetro para medir la temperatura ambiental dentro del fitotoldo donde se obtuvo parámetro de 20.65 °C en promedio con el cual aseguramos las condiciones óptimas para el desarrollo del forraje verde hidropónico. Este tipo de cultivo requiere un control preciso de la temperatura para favorecer el crecimiento saludable y nutritivo del forraje.

Además, el monitoreo constante de la temperatura permite hacer ajustes necesarios en la ventilación y el riego, optimizando el ambiente interno del fitotoldo y mejorando la eficiencia del cultivo. La tecnología de medición, como los termómetros, juega un papel crucial en la agricultura moderna, facilitando la producción sostenible y de alta calidad.

Hidrómetro: Se utilizó el hidrómetro para medir la humedad relativa ambiental dentro del fitotoldo donde se pudo obtener un valor de 80.02 % garantizando así un entorno adecuado para el crecimiento del forraje verde hidropónico. Un control preciso de la humedad relativa permite ajustar los sistemas de riego dentro del fitotoldo, asegurando condiciones óptimas para el desarrollo del forraje.

Luxómetro: Con el uso del luxómetro, se midió la intensidad de luz tanto dentro como fuera del fitotoldo, obteniendo así datos precisos en ambos casos. Los resultados mostraron que la cantidad de luz fuera del fitotoldo fue de 50,018.04 luxes, mientras que dentro del fitotoldo se registraron 7,299.02 luxes. Las mediciones se realizaron en diferentes horarios del día: 8:00 a.m., 11:00 a.m. y 4:00 p.m. Para controlar la intensidad lumínica durante las horas de alta radiación, se utilizó la malla Rachel, asegurando así que no se afecte el desarrollo normal del forraje verde hidropónico.

Figura 2

Instalación de fitotoldo y módulo de producción de FVH



Fuente: Alonso et al. (2012)

4.3.4. Equipo y materiales para la producción de Forraje Verde Hidropónico

- Módulo de FVH.
- Bandejas de plástico.
- Baldes de 18 lt.
- Cámara fotográfica.
- Balanza electrónica.
- Malla raschel.
- Plástico agro fil blanco al 30%.
- Termómetro.

- Hidrómetro.
- Luxómetro.
- Sistema de riego.

4.3.5. *Materiales biológicos para la producción de Forraje Verde Hidropónico*

- Granos de cebada
- Granos de vicia

4.4. Producción de Forraje Verde Hidropónico

4.4.1. *Pasos de producción de Forraje Verde Hidropónico*

4.4.1.1. Selección de semilla

Se utilizó semillas de cebada (*Hordeum Vulgare*) y vicia (*Vicia Sativa*) provenientes de lotes limpio de maleza y libres de plagas y enfermedades.

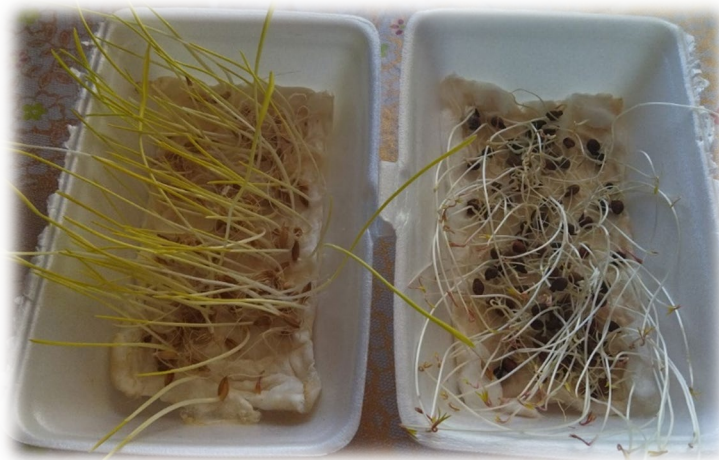
Una vez realizada la prueba de germinación para ver el potencial del grano como semilla, se procedió a utilizar el que tuvo mayor porcentaje de germinación, con un 95% de germinación se dio inicio al presente trabajo de investigación.

Figura 3

*Selección de semillas cebada (*Hordeum vulgare*) y vicia (*Vicia sativa*)*

**Figura 4**

*Prueba de germinación de semillas cebada (*Hordeum vulgare*) y vicia (*Vicia sativa*)*



4.4.1.2. Pesado

Este paso se realizó con la finalidad de obtener el peso seco haciendo uso de una balanza electrónica según el requerimiento de ambas semillas por cada tratamiento y repeticiones (figura 5).

Figura 5
Pesado de semillas por tratamiento



4.4.1.3. Lavado

Se procedió a realizar el lavado de las semillas por separado para cada especie (dos a tres veces o hasta ver que el agua usada se vea limpio), con el fin de retirar todas las impurezas como envoltura de semillas, pajas y granos partidos que quedan flotando en la superficie.

Figura 6
Lavado de semillas en envase individual por tratamientos



4.4.1.4. Desinfección

Se realizó la desinfección de las semillas con hipoclorito de sodio con el fin de desinfectar, el legía se usó 10 gotas por 1 litro de agua el cual se deja actuar por 5 minutos.

Figura 7

Desinfección de las semillas con hipoclorito de sodio (clorox)



4.4.1.5. Enjuague

Lavar con agua normal 2 a 3 veces para quitar la lejía, ya que esta puede influir en la capacidad de germinación de la semilla.

Figura 8

Semillas enjuagadas listo para el remojo



4.4.1.6. Remojo

Se realizó el remojo en un depósito amplio por un periodo de 24 horas el cual puede ser variable dependiendo a la capacidad de imbibición de la semilla, la cantidad de agua a utilizar fue 2 a 3 veces más que la semilla con la finalidad de activar el estado de latencia del embrión así estimular el crecimiento de la semilla.

4.4.1.7. Escurrido y oreo

El escurrido se realizó durante 12 horas lo cual puede variar dependiendo a la temporada, hasta 24 horas en temporada de lluvia y hasta 8 horas en temporada seca.

4.4.1.8. Pesado y división por bandeja

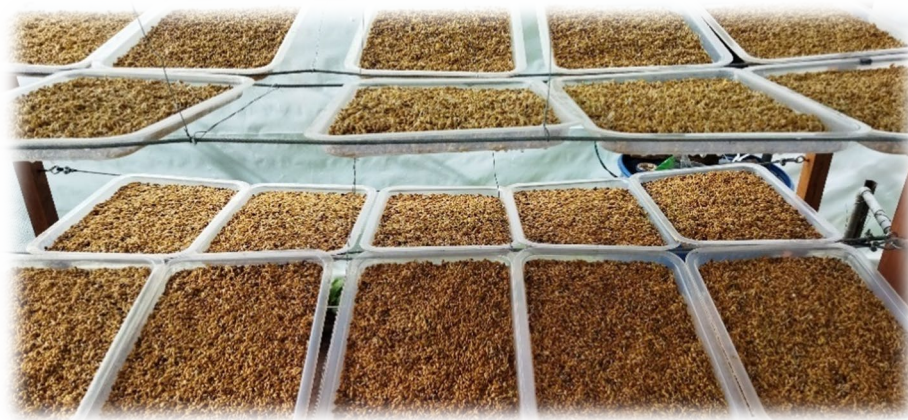
Se procedió a pesar para poder hacer la división y poner a la bandeja

4.4.1.9. Siembra

La siembra se realiza en las bandejas de acuerdo a los tratamientos

Figura 9

Siembra bien distribuida y uniformizada por tratamiento repetición



4.4.1.10. Tapado

Se hace el tapado para prevenir la acción directa de los rayos solares ya que la radícula tiene fototropismo contrario, esta fase oscura dura 2 días o 48 horas.

Figura 10

Recubrimiento total de la semilla para darle un ambiente oscuro que favorece la germinación



4.4.1.11. Destapado y germinación

Durante el periodo del tapado, la semilla se enraíza y empieza el proceso de emergencia de la radícula es en ese momento donde se realiza el destapado para que empiece el periodo de crecimiento.

Figura 11

Proceso de destapado y presencia de la radícula de las semillas



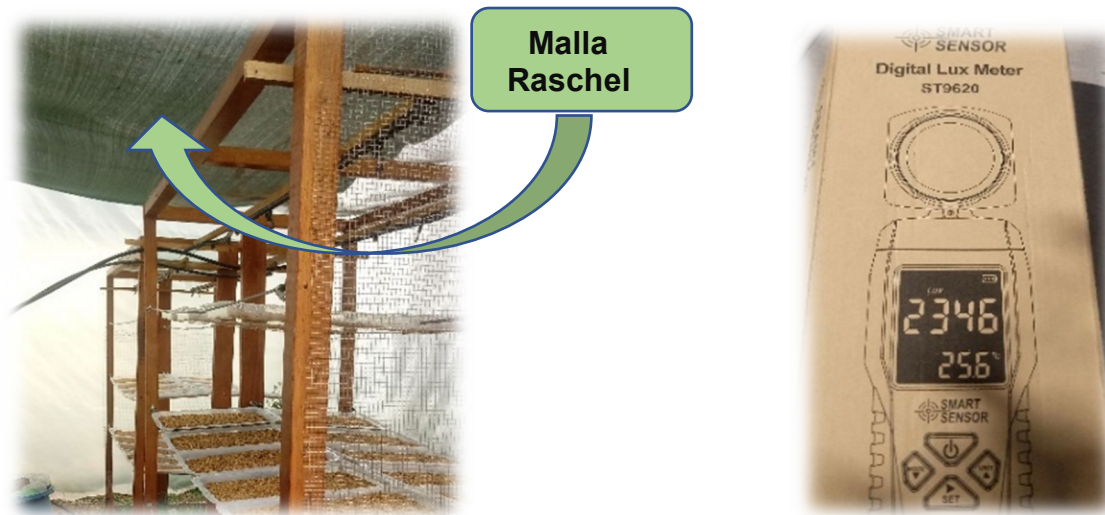
4.4.1.12. Crecimiento

Durante el proceso de crecimiento, la intensidad lumínica fue crucial para la fotosíntesis. Por esta razón, se utilizó una malla Rachel para proporcionar sombra en días muy calurosos, de acuerdo con la cantidad de luz medida por el luxómetro. Teniendo como promedio 7,299 de lux dentro del fitotoldo en donde se produjo el forraje verde hidropónico y 50,187 lux fuera del fitotoldo.

La mayor eficacia fotosintética se obtiene, en general, a baja intensidad luminosa de 10,000 a 20,000 lux, correspondientes a 0.15-0.3 cal/cm²/min. Cuando la intensidad luminosa está por encima de 5,000 lux se realiza la fotosíntesis, por debajo de esa cantidad de luz hay necesidad de restablecer la iluminación si se requiere que la fotosíntesis siga su proceso (De León, 2005).

Figura 12

En el proceso de crecimiento usando malla raschel para la sombra y el luxómetro para medir la luminosidad



4.4.1.13. Riegos

Para realizar un riego tecnificado se usó una motobomba, temporizador y nebulizadores. Los riegos en todo el periodo de crecimiento fueron ajustados de acuerdo al crecimiento del forraje verde hidropónico teniendo así los diferentes periodos de riego, 4 veces al día con una duración de 2 minutos a las 8 am, 10 am 2 pm y 5pm.

Posteriormente cuando se tenía un crecimiento del forraje los riegos se ajustaron a 5 veces al día con una duración de 2 minutos.

Figura 13

Riego tecnificado haciendo uso de la motobomba y temporizador



4.4.1.14. Cosecha

La cosecha se realizó a los 12, 14 y 16 días, ya que son los tiempos de producción que se empleó en el presente trabajo obteniendo tres capas, el tapete radicular, las semillas que no germinaron y por último la capa aérea del forraje verde hidropónico.

Figura 14

Cosecha a los 12,14 y 16 días de producción de forraje verde hidropónico



4.4.1.15. Obtencion de muestras

Las muestras se obtuvieron mediante un corte de 8 x 8 cm al azar, con la finalidad de obtener un peso aproximado de 100 g de forraje verde hidropónico el cual fue llevado a pesar a la balanza electrónica para tomar el dato de su peso.

Figura 15

Obtención y pesado de muestra ala azar de forraje verde hidropónico para el análisis en laboratorio



4.5. Análisis de muestras de Forraje Verde Hidropónico

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Unidad De Presentaciones De Servicio De Análisis Químico Departamento Académico De Química, su análisis físico químico y nutricional que fueron procesadas de acuerdo a los métodos establecidos por AOAC INTERNATIONAL.

4.5.1. Determinación de materia seca

La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco (materia verde), ya sea pradera, ensilaje, heno o granos, a la que se le ha extraído el agua mediante secado forzado. A lo largo del año, el contenido de materia seca de una pradera cambia. En otoño e invierno la planta se encuentra en estado vegetativo y los contenidos de materia seca oscilan entre 13 a 16%. A medida que se acerca la primavera, la planta incrementa su desarrollo e inicia su proceso reproductivo induciendo la espigadura, que a su vez aumentará el contenido de materia seca (17 a 25%). En la primavera tardía e inicios del verano la planta pasa a un estado reproductivo (espiga

extendida y formando sus semillas), llegando en años secos a un 30% o más de materia seca. (Escobar et al., 2020).

La materia seca se determina debido a que en ella se concentran todos los nutrientes utilizados en nutrición animal (proteína, grasas, minerales, fibra, entre otros). De esta forma, a excepción de la energía, el contenido de nutrientes que contiene un forraje se expresa en relación porcentual en base materia seca (Escobar et al., 2020).

El horno de microondas mostro ser un método de obtención de MS de alta repetibilidad, conjuntamente con la estufa convencional, sin embargo, los protocolos sugeridos para su utilización presentan fluctuaciones que pueden generar diferencias en los resultados obtenidos, por lo que se recomienda estandarizar la metodología de acuerdo con las características de la muestra a analizar. (Posada et al., 2007)

4.5.2. Determinación de proteína total en base seca

El contenido proteínico de los alimentos puede determinarse por medio de diversos métodos. El método Kjeldahl se basa en la determinación del nitrógeno. La determinación del contenido de nitrógeno en muestras de naturaleza orgánica es importante en muchos campos de análisis, como los relacionados con las industrias agroalimentaria o farmacológica o con el medio ambiente, entre otros. En este artículo se describe el fundamento del método Kjeldahl, recogiendo el nitrógeno sobre ácido bórico y valorándolo con una disolución de ácido clorhídrico o sulfúrico. También se explican los cálculos necesarios para obtener el porcentaje de proteínas de un alimento a partir del valor del contenido en nitrógeno obtenido. (Garcia M & Fernandez S, n.d.)

4.5.3. Determinación de fibra cruda

La determinación de fibra cruda mediante hidrólisis ácida con un 1,25% de H₂SO₄ para la extracción de azúcares y almidón, seguida de la hidrólisis alcalina con un 1,25% de NaOH, que

elimina las proteínas y parte de la hemicelulosa y de la lignina. La fibra cruda se suele emplear habitualmente para evaluar la calidad de los alimentos de origen vegetal partiendo de la premisa de que constituye su parte menos digerible. Las sustancias extractivas libres de nitrógeno (SELN) se calculan obteniendo la diferencia (total) de los carbohidratos menos la fibra cruda. (Möller, 2014)

4.5.4. Determinación de extracto etéreo (EE)

Los constituyentes grasos de los alimentos consisten en diversas sustancias lípidas. El contenido de "grasa" (algunas veces llamado extracto etéreo o grasa cruda) se puede considerar como compuesto de lípidos "libres", o sea aquéllos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares como éter c. petróleo y éter dietílico, mientras que los lípidos "combinados necesitan disolventes más polares tales como alcoholes para su extracción. Las uniones de los lípidos pueden romperse por hidrólisis o algún otro tratamiento químico para producir lípidos libres. Por lo anterior, la cantidad de lípidos que se obtenga son la extracción para determinar grasa dependerá de método de análisis que se utilice (Márquez, 2007).

Sirve para medir la cantidad de grasa contenida en un alimento o verificar la pureza de alguna grasa o aceite. Se realizan extracciones con éter etílico. Para el análisis proximal de materiales vegetales, siempre debe hacerse referencia al "extracto etéreo" y no al de "grasa", para designar la porción extraída; esto se debe que además de grasa, el éter extrae pigmentos vegetales, ceras, etc. Este método se aplica para la determinación de extracto etéreo en alimentos balanceados, forrajes y materias primas para animales excepto para alimentos extrusados, productos del secado de leche o contenido de urea (CINA, 2012).

4.5.5. Determinación de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

El extracto libre de nitrógeno es una categoría del sistema Weende que se encuentra por diferencia; $ELN = 100 - (\text{ceniza} + \text{extracto etéreo} + \text{proteína} + \text{fibra})$. Esta fracción no contiene ninguna celulosa, pero puede contener hemicelulosa y algo de lignina, además puede contener todos los productos solubles en agua que son insolubles en éter como por ejemplo vitaminas hidrosolubles. La mayor parte del ELN se compone de almidón y azúcares. (CINA, 2012)

En el ELN se encuentra una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales no figura ninguna que contenga nitrógeno. Estas se caracterizan por disolverse en las soluciones acidas y alcalinas durante la determinación de la FB. La determinación directa es imposible a causa de las diversas sustancias químicas que lo forman y además la dificultad que presenta aislarla analíticamente (Sanchez & Mendieta, 2000).

4.5.6. Determinación de ceniza

La fracción ceniza del análisis proximal representa los constituyentes inorgánicos del alimento, esta determinación se realiza colocando la muestra en un crisol de porcelana e incinerada en una mufla a temperaturas entre 550 -600°C, la materia orgánica es oxidada y al residuo que contiene la materia mineral se le llama cenizas. La importancia de la determinación de cenizas radica en que permite conocer el contenido de materia orgánica del alimento; la ceniza puede ser utilizada para determinación de minerales en particular se utiliza para la estimación del ELN. (Sanchez & Mendieta, 2000).

El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo, en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán

estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación. (Marquez S., 2014)

4.6. Determinación rendimiento de Forraje Verde Hidropónico por metro cuadrado

Para la determinación del rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado se tomó en cuenta el peso obtenido de forraje verde hidropónico por bandeja el cual tiene 0.112 metros cuadrados y el peso de las semillas cultivadas por bandejas.

4.7. Evaluación económica parcial

Para la determinación de la evaluación económica parcial, se consideraron únicamente las variables independientes: cebada al 100%, vicia al 90% y vicia al 80%, las cuales presentan precios variables. Esto se debe a que las condiciones como temperatura, humedad relativa, el riego y la construcción de fitotoldo para la producción de forraje verde hidropónico en sus distintas proporciones fueron las mismas.

La evaluación económica constituye la parte final de toda una secuencia de análisis de factibilidad en los proyectos de inversión, en la cual, una vez concentrada toda la información generada en los capítulos anteriores, se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través del tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada y su probable rendimiento durante su vida útil. Especialmente, en los proyectos de carácter lucrativo, la parte que corresponde a la evaluación económica es fundamental; puesto que con los resultados que de ella se obtienen, se toma la decisión de llevar a cabo o no la realización de un proyecto determinado (CIFE, 2014).

4.8. Método estadístico

4.8.1. Diseño experimental

Donde:

Factor A	Semilla
A1	Cebada
A2	Cebada 90% + 10% vicia
A3	Cebada 80% + 20% vicia

Factor B	Días de crecimiento
B1	12 días
B2	14 días
B3	16 días

4.9. Distribución

	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1									
R2									
R3									

4.10. Análisis de resultado

4.10.1. Diseño experimental

Para el presente estudio se planteó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (3x3) donde el factor A corresponde a semillas (cebada – cebada 90% + vicia 10% y cebada 80% + vicia 20%) y el factor B correspondientes a días de producción (12,14 y 16 días), con tres repeticiones. Este diseño experimental se aplicará a las variables de respuesta utilizándose la prueba de significancia de Tukey con una probabilidad de 0.05.

4.10.2. Modelo matemático

Se utilizó un análisis de varianza utilizando el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B.

μ : Efecto constante denominado media global.

A_i : Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A,

B_j : Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B,

$(AB)_{ij}$: Efecto producido por la interacción de factor A y B

E_{ijk} : Error experimental.

Se eligió en modelo aditivo lineal porque se tiene dos factores a evaluar los cuales son días de producción (12,14 y 16 días) y semillas (cebada pura, 90% de cebada + 10 % de vicia y 80% de cebada + 20% de vicia)

4.11. Variables

El diseño estadístico factorial se utilizó para evaluar las siguientes variables.

4.11.1. Variables dependientes

- Materia seca
- Proteína total
- Fibra cruda
- ELN
- Ceniza

- Carbohidratos
- Grasa

4.11.2. Variables independientes

- FVH de semilla de cebada pura
- FVH de asociado (cebada 90% y vicia 10%)
- FVH de asociado (cebada 80% y vicia 20%)

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico, en términos de materia verde por kilo de semilla y materia seca metro cuadrado, en diferentes días de producción

5.1.1. Rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico por kilo de semilla en diferentes días de producción

Los resultados con respecto al rendimiento de la producción de materia verde de forraje verde hidropónico, obtenidos en el presente trabajo de investigación se muestran en la tabla N°2.

Tabla 2

Rendimiento de materia verde de Forraje Verde Hidropónico por kilo de semilla

Descripción	Promedio	DS	CV
A1B1 Cebada 100 % con 12 días de producción	3.31	0.11	3.29
A1B2 Cebada 100 % con 14 días de producción	3.55	0.08	2.36
A1B3 Cebada 100 % con 16 días de producción	3.74	0.21	5.73
A2B1 Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	3.28	0.20	6.18
A2B2 Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	3.25	0.30	9.31
A2B3 Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	3.67	0.08	2.24
A3B1 Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	3.66	0.26	7.11
A3B2 Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	3.76	0.09	2.44
A3B3 Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	4.12	0.25	6.05

A1: cebada pura, A2:90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada +20%vicia, B1:12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad

En la Tabla N°2 se puede observar los rendimientos de materia verde del forraje verde hidropónico en el presente trabajo de investigación con valores de gran homogeneidad entre los promedios.

En el análisis de varianza correspondiente (Anexo 13) se observa significancia estadística ($p < 0.05$) entre los promedios correspondientes a los factores de semilla y días de producción. En la cebada con 20% de vicia obtiene un valor superior que la cebada y cebada con 10% de vicia siendo estas últimas iguales.

La cosecha del FVH por lo general se realiza entre los días 12 a 14, en la cual concluye el rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada cosechado a los 12 días lograrían un peso neto de 8.26, por cada kg de semilla sembrado el cual supera a en rendimiento al experimento en evaluación, porque a los 12 días se tuvo un peso de 3.77 kg, y dejando hasta los 18 días se llegó a los 5.19 kg, eso muestra que casi se duplica el peso (FAO, 2001).

Por otro lado, se comparó con el trabajo de investigación de Quillahuaman y Condori (2019), reportando valores menores a la investigación teniendo en cuenta que agrego niveles de fertilización.

5.1.2. Rendimiento de materia seca por metro cuadrado de Forraje Verde Hidropónico en diferentes días de Producción

Los resultados respecto a la producción de materia seca en los diferentes tratamientos y repeticiones, obtenidos en el presente trabajo de investigación se da a conocer en la tabla N°3.

Tabla 3*Rendimiento de materia seca en los diferentes tratamientos g/m²*

Descripción		Promedio	DS	CV
A1B1	Cebada 100 % con 12 días de producción	3203.74	502.89	15.70
A1B2	Cebada 100 % con 14 días de producción	2862.67	192.73	6.73
A1B3	Cebada 100 % con 16 días de producción	2688.74	258.36	9.61
A2B1	Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	3501.45	294.03	8.40
A2B2	Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	3237.05	359.56	11.11
A2B3	Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	2806.36	305.86	10.90
A3B1	Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	2655.12	229.60	8.65
A3B2	Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	3238.74	566.40	17.49
A3B3	Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	2606.87	275.27	10.56

A1: cebada pura, A2: 90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada + 20% vicia, B1: 12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad

El análisis estadístico empleado en el (Anexo 14). Análisis de varianza del rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico por metro cuadrado, indica que no se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (factores e interacción) para el factor semilla, las condiciones en las cuales se realizó el presente trabajo de investigación las cantidades de semilla utilizadas de cebada y cebada con vicia en los dos niveles empleados, no tuvieron influencia en el rendimiento de materia seca. Igualmente sucede con el factor de días de producción (12, 14 y 16 días). Así mismo, la interacción semilla por días no arroja diferencias estadísticas entre los promedios de rendimiento de materia seca.

Al comparar los resultados con Cente y Cornejo (2016), en su trabajo de investigación realizado bajo condiciones de invernadero, en donde el techo dejaba ingresar mucha intensidad lumínica por lo que el fuerte contacto con los rayos solares y utilizando concentraciones de biol en 5 tratamiento en diferentes tiempos de cosecha de cosecha registro valores entre 10% a 12% de materia seca siendo estas superiores al presente trabajo. Sin embargo, Ramirez (2015) reporto valores de 7.57% y 9.49% utilizando ambos cultivos, cebada y vicia , evidentemente los valores son superiores a los obtenidos en la presente investigación.

El consumo de materia seca es el factor limitante más importante en la mayoría de raciones para vacas y además es el factor clave para incrementar la energía. Con forraje de buena calidad, el consumo total de energía tiende a nivelarse al máximo, cuando la proporción de concentrado de la dieta se acerca al 40% del consumo total. Con forraje de regular calidad, el concentrado debe ser el 60% de la materia seca total, para nivelar la energía requerida (Almeida & Parreño, 2011) .

5.1.3. Rendimiento de ceniza g/m²

En la tabla N°4 se puede presenciar la producción de ceniza g/m² en los diferentes tratamientos.

Tabla 4*Rendimiento de Ceniza g/m²*

Descripción		Promedio	DS	CV
A1B1	Cebada 100 % con 12 días de producción	126,87	19,91	15,70
A1B2	Cebada 100 % con 14 días de producción	104,49	7,03	6,73
A1B3	Cebada 100 % con 16 días de producción	115,35	11,08	9,61
A2B1	Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	129,20	10,85	8,40
A2B2	Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	136,60	15,17	11,11
A2B3	Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	125,73	13,70	10,90
A3B1	Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	119,75	10,35	8,65
A3B2	Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	142,50	24,92	17,49
A3B3	Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	116,79	12,33	10,56

A1: cebada pura, A2: 90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada + 20% vicia, B1: 12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad.

El análisis estadístico empleado en el (Anexo 15). Análisis de varianza del rendimiento de ceniza del forraje verde hidropónico por metro cuadrado, no se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los tratamientos, de tal manera que bajo las condiciones en las cuales se realizó el presente trabajo de investigación los promedios de rendimiento de ceniza (g/m²) entre la cebada y vicia asociado, no tuvieron influencia en rendimiento de ceniza.

Al comparar estas evidencias con Castillo (2017), este representa al conjunto de sales minerales presentes en la muestra. Al analizar los datos presentes se observa que los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 8 el porcentaje de cenizas esta entre el 15 y el 18%, mientras que el los tratamientos 5,

6 y 7 el porcentaje de cenizas es bajo. Este análisis es importante ya que es próximo a la evaluación nutricional.

Es el residuo de la calcinación de la muestra, es decir la eliminación de la materia orgánica y el agua. Nutricionalmente esta fracción carece de importancia, ya que no indica que minerales la componen y en qué proporción se encuentran, sin embargo, es el punto de partida en la determinación de minerales específicos, además es necesario para el cálculo de la materia orgánica de un alimento (Medina, 2008).

5.2. Composición de proteína cruda, extracto etéreo, fibra bruta y extracto libre de nitrógeno

5.2.1. Composición de proteína cruda g/m²

En la tabla N°5 se muestra los promedios de rendimiento de proteína total por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

Tabla 5*Composición de proteína total (g/m²) de Forraje Verde Hidropónico*

Descripción		Promedio	DS	CV
A1B1	Cebada 100 % con 12 días de producción	277,12	43,50	15,70
A1B2	Cebada 100 % con 14 días de producción	259,36	17,46	6,73
A1B3	Cebada 100 % con 16 días de producción	250,86	24,10	9,61
A2B1	Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	393,91	33,08	8,40
A2B2	Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	381,32	42,36	11,11
A2B3	Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	351,64	38,32	10,90
A3B1	Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	369,86	31,98	8,65
A3B2	Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	473,50	82,81	17,49
A3B3	Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	347,76	36,72	10,56

A1: cebada pura, A2: 90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada + 20% vicia, B1: 12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad

De acuerdo con el análisis estadístico empleado se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, para los factores de semilla y días de producción. La prueba de Tukey en el (Anexo 16). indica que el tratamiento de cebada más 20% de vicia tiene un promedio de rendimiento de proteína total por metro cuadrado superior al de la cebada, siendo igual a la asociación cebada con 10% de vicia y esta a su vez igual a la cebada. Esta comparación se repite de igual manera para los días de producción.

Al comparar estas evidencias, Vera (2002) registra valores inferiores al presente trabajo de investigación mientras que Quillahuaman y Condori (2019) reportan en rendimiento de proteína

total en su tratamiento n°7,100% de cebada, valores inferiores a la presente investigación mas no en el asociado con vicia siendo similares a los registrados en el presente trabajo, teniendo en cuenta la cantidad de días de producciones las cuales fueron 15. En virtud de los resultados obtenidos indica que los tratamientos obtenidos con mayor rendimiento de proteína total son aquellas que tienen una relación inherente a la familia de las fabáceas las cuales ostentan mayos contenido proteico en comparación a otras familias.

Según Castillo (2017) observa de acuerdo a los datos registrados de la cantidad de proteína en todos los tratamientos oscila entre (18 y 24) %, siendo un porcentaje óptimo buena para la alimentación animal.

5.2.2. *Composición de fibra bruta g/m²*

En la tabla N°6 se muestra los promedios de rendimiento de fibra bruta por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

Tabla 6*Composición de Fibra Bruta (g/m²) de Forraje Verde Hidropónico*

Descripción		Promedio	DS	CV
A1B1	Cebada 100 % con 12 días de producción	660,61	103,69	15,70
A1B2	Cebada 100 % con 14 días de producción	587,71	39,57	6,73
A1B3	Cebada 100 % con 16 días de producción	572,16	54,98	9,61
A2B1	Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	732,85	61,54	8,40
A2B2	Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	689,49	76,59	11,11
A2B3	Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	602,81	65,70	10,90
A3B1	Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	584,13	50,51	8,65
A3B2	Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	731,31	127,89	17,49
A3B3	Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	545,10	57,56	10,56

A1: cebada pura, A2:90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada +20%vicia, B1:12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad.

El análisis estadístico empleado en el (Anexo 17). Análisis de varianza del rendimiento de fibra cruda del forraje verde hidropónico por metro cuadrado, se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los promedios correspondientes a días de producción, obteniéndose en la comparación de medias (Tukey 0.05), mayores promedios a menores días. (Anexo 10) (posiblemente debido a las envolturas de la semilla).

Los resultados obtenidos por Doberti (1971) en siembras asociadas de avena – vicia, da a conocer el mejor resultado en su proporción (50%-50%) con 14,97 % de proteína; similares a los resultados de (Ruiz et al., 1994) en su evaluación de soiling de avena – vicia reportó un 15,95 %

de proteína. Estos resultados fueron inferiores o iguales comparando con nuestro resultado para los diferentes tratamientos.

Aroni (2016) quien consideró como factor en estudio las variedades de avena asociadas con *Vicia sativa* sembradas en surcos y se eligió el tipo de siembra en surcos porque presentó mejores resultados con 19,29 % de proteína para Avena sativa + *Vicia sativa*. Estos resultados son casi similares en el % de proteína bruta con las mismas especies evaluadas.

Según Castillo 2017), el contenido de fibra y su grado de lignificación son los dos factores que determinan el valor nutritivo de los forrajes. A medida que la planta crece el porcentaje de fibra aumenta debido a su creciente lignificación, disminuyendo su valor nutricional. En se observa que el porcentaje de fibra en los tratamientos 2 y 4 son altos en comparación con los otros tratamientos.

Cabe mencionar que, de acuerdo a estudios realizados, los forrajes contienen poca cantidad de fibra por lo que es necesario suministrarla con otros medios (Fundacion Produce, 2011).

5.2.3. *Composición de extracto etéreo g/m²*

En la tabla N°7 se muestra los promedios de rendimiento de extracto etéreo por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

Tabla 7*Composición de extracto etéreo (g/m²) de Forraje Verde Hidropónico*

Descripción		Promedio	DS	CV
A1B1	Cebada 100 % con 12 días de producción	113,09	17,75	15,70
A1B2	Cebada 100 % con 14 días de producción	98,76	6,65	6,73
A1B3	Cebada 100 % con 16 días de producción	96,53	9,28	9,61
A2B1	Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	129,55	10,88	8,40
A2B2	Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	119,12	13,23	11,11
A2B3	Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	105,24	11,47	10,90
A3B1	Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	103,02	8,91	8,65
A3B2	Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	126,96	22,20	17,49
A3B3	Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	95,67	10,10	10,56

A1: cebada pura, A2:90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada +20%vicia, B1:12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad.

El análisis estadístico empleado en el (Anexo 18). Análisis de varianza del rendimiento de extracto etéreo del forraje verde hidropónico por metro cuadrado, se encontró diferencia estadística ($p < 0.05$) entre los promedios correspondientes al factor de días de producción, obteniéndose un mayor promedio a menores días.

Según Cerrillo et al. (2012) que reportó el 10,1% de EE para el cultivo hidropónico de avena, resultando ser similar a lo encontrado en el presente estudio, cuyo contenido fue de 8,78% de EE y a la vez tiene similitud con los valores obtenidos por que fueron 7,76% en 13 días de cosecha y 6,30% en 16 días de cosecha. Así mismo la asociación trigo/vicia (proporción 100/0)

son similares a los valores reportados por Cerrillo et al. (2012) para cultivo hidropónico de trigo 2,0% de EE y el reporte del presente estudio fue, 2,34% de EE.

Según Castillo (2017) el análisis refiere a la cantidad de grasa que contiene el forraje, y represente el componente energético de la ración, como se puede observar en los tratamientos 5, 6, 7 y 8 la cantidad de extracto etéreo es alta, por lo tanto, contendrá mayor componente energético.

5.2.4. Composición de extracto libre de nitrógeno g/m²

En la tabla N°8 se muestra los promedios de rendimiento de extracto etéreo por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

Tabla 8

Composición de extracto libre de nitrógeno (g/m²) de Forraje Verde Hidropónico

Descripción		Promedio	DS	CV
A1B1	Cebada 100 % con 12 días de producción	2025,73	317,97	15,70
A1B2	Cebada 100 % con 14 días de producción	1812,36	122,02	6,73
A1B3	Cebada 100 % con 16 días de producción	1653,85	158,92	9,61
A2B1	Cebada 90 % y Vicia 10% con 12 días de producción	2105,42	176,80	8,40
A2B2	Cebada 90 % y Vicia 10% con 14 días de producción	1910,51	212,21	11,11
A2B3	Cebada 90 % y Vicia 10% con 16 días de producción	1621,24	176,69	10,90
A3B1	Cebada 80 % y Vicia 20% con 12 días de producción	1478,37	127,84	8,65
A3B2	Cebada 80 % y Vicia 20% con 14 días de producción	1765,11	308,69	17,49
A3B3	Cebada 80 % y Vicia 20% con 16 días de producción	1501,56	158,56	10,56

A1: cebada pura, A2: 90% cebada + 10% vicia, A3: 80% cebada+20%vicia, B1: 12 días, B2: 14 días, B3: 16 días, DS: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variabilidad.

El análisis estadístico empleado en el (Anexo 19) (Análisis de varianza del rendimiento de extracto libre de nitrógeno del forraje verde hidropónico por metro cuadrado), se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los tratamientos, entre los factores de semilla y días de producción. De acuerdo a la comparación de medias (Tukey 0.05), para el factor semilla, el menor promedio se obtuvo con la asociación de cebada con 20% de vicia, compartiendo mayores y diferentes valores la cebada con la asociación cebada 10% de vicia. Para el factor días de producción, tenemos menor promedio de extracto libre de nitrógeno a mayores días.

5.3. Evaluación económica por método de presupuestos parciales

Tabla 9

Evaluación económica por método de presupuestos parciales

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Pr/S	FVH		
				A1 (cebada 100%)	A2 (cebada 90% y vicia 10%)	A3(cebada 80% y vicia 20%)
RUBRO						
Egresos						
Semilla						
cebada	kilo	1	2	4	3.6	3.2
Vicia	kilo	1	7	0	0.4	0.8
costo total semilla				8	10	12
Ingresos						
Rendimiento/m2 de FVH	kilo			14.13	13.6	15.39
Precio FVH	kilo	1	1.5	1.5	1.5	1.5
Ingreso total FVH				21.195	20.4	23.085
Retribución Económica				13.195	10.4	11.085
Merito Economico S/.				2.649375	2.04	1.92375
	%			137.72%	106.04%	100%

El análisis económico es considerado como uno de los más importantes, debido a que proporciona información económica, procurando siempre hacerlo desde la perspectiva del agricultor para poder informar de los beneficios que podría obtener

En la tabla anterior, se puede apreciar los costos de presupuesto parcial donde están incluidos los egresos y variables para la producción de un metro cuadrado de FVH de vicia y cebada. Se puede apreciar los costos de semilla tanto de cebada y vicia los cuales varían según el tratamiento y porcentaje de asociación de semillas (variables dependientes). para la producción de forraje verde hidropónico en el A1 (cebada pura) se requiere 4 kilos de semilla con un costo de 8 soles el cual tiene un rendimiento de 14.13 kg/m² por lo que nos da un ingreso de 21.19 soles con una retribución económica de 13.19 soles el cual es 37.72% más con respecto al tratamiento A3 (cebada 80% y vicia 20%). Para la producción de forraje verde hidropónico en el A2 (cebada 90% y vicia 10%) se requiere 3.6 kilos de semilla de cebada y 0.4 kilos de vicia teniendo un costo de 13.6 soles el cual tiene un rendimiento de 13.6 kg/m² por lo que nos da un ingreso de 20.4 soles con una retribución económica de 10.04 soles el cual es 6.04 % más con respecto al tratamiento A3 (cebada 80% y vicia 20%). Para la producción de forraje verde hidropónico en el A3 (cebada 80% y vicia 20%) se requiere 3.2 kilos de semilla de cebada y 0.8 kilos de vicia teniendo un costo de 15.39 soles el cual tiene un rendimiento de 15.39 kg/m² por lo que nos da un ingreso de 23.088 soles con una retribución económica de 11.085.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

1. El uso de las semillas de cebada asociado con vicia en el cultivo de forraje verde hidropónico si influye significativamente en el rendimiento final de materia verde (g/m²) en los diferentes días producción.
2. En la producción de materia seca y ceniza no influye los diferentes porcentajes de asociación de las semillas cebada más vicia.
3. El cultivo de forraje verde hidropónico cebada y vicia asociada en sus diferentes proporciones es el que tuvo el mayor rendimiento de proteína total entre los tratamientos y repeticiones en los días de su producción.
4. El cultivo de forraje verde hidropónico de cebada, cebada y vicia asociada tienen similar rendimiento de extracto etéreo, grasa, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno en los días de su producción.
5. En la evaluación económica el costo de las semillas de vicia es alto por lo que se consigue mayor retribución económica y mérito económico en el tratamiento A1 el cual corresponde a la cebada pura con respecto a los demás tratamientos como son las asociaciones de semillas en sus diferentes proporciones.

RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de investigación en la producción de forraje hidropónico según las necesidades de los productores considerando los sistemas de producción y las condiciones climáticas de cada zona agroecológica.
2. Realizar estudios de lux con diferentes fuentes de iluminación.
3. Realizar pruebas biológicas productivas en diferentes especies de animales con las diferentes asociaciones utilizadas en el presente trabajo de investigación

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, P., Silva, L., Aguirre, C., Mora, D., & Carrasco, J. (2016). Producción de forraje verde hidropónico para la pequeña agricultura. *Instituto de investigaciones agropecuarias*, 56(321), 159–184. <http://www2.inia.cl/medios/informativos/rayentue/Info-56-Forraje-Verde-Hidroponico-para-la-peque%F1a-agricultura.pdf>
- Aguirre, C., Abarca, P., Mora, D., Silva, L., & Olguin, J. (2014). Producción de forraje verde hidropónico (FVH). *INIA*, 1–2. <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producción-de-forraje-verde-hidropónico.pdf>
- Almeida, J., & Parreño, A. (2011). *Manejo integrado de ganado*. 24. https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/GanadoLechero/Manejo_integrado_de_ganado_vacuno.pdf
- Alonso, A., Garcia, L., Leon, I., Garcia, E., Gil, B., & Rios, L. (2012). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de la investigación educativa*, 167–193. <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>
- Aroni, Y. (2016). Efecto de tres variedades de avena forrajera asociadas con Vicia sativa sobre parámetros productivos y químicos en dos tipos de siembra. *Universidad Nacional de Huancavelica – Huancavelica Perú.*, 1–61.
- Arzola, F. (2012). *Selección de semilla para forraje hidropónico*. [c:%5CUsers%5CUSER%5CDesktop%5CForraje verde hidropónico.htm](c:%5CUsers%5CUSER%5CDesktop%5CForraje%20verde%20hidropónico.htm).
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Cultivo en hidroponía. In *Cultivo en hidroponía*. <https://doi.org/10.35537/10915/46752>
- Boix, E. (2015). Operaciones básicas de producción y mantenimiento de plantas en viveros y

- centros de jardinería. *España: Ediciones Paraninfo, S.A*, 57-59.
- Bueno, M. (1979). Taxonometria y cariologia en el género *Vicia*. *Universidad Complutense de Madrid*.
- Castillo, J. (2015). Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de *Avena sativa* L. y *Hordeum vulgare* L. *Universidad Nacional de Loja*, 2015, 103.
<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/james%2520rodrigo%2520castillo%2520valdivieso.pdf>
- Castillo, J. (2017). Produccion 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*. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/james rodrigo castillo valdivieso.PDF](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/james%20rodrigo%20castillo%20valdivieso.PDF)
- Cente, M., & Cornejo, D. (2016). Influencia de diferentes concentraciones de biol y tiempo de cosecha en la composición química y producción de cebada hidropónica. *Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú*.
- Cerrillo, M., Juarez, A., Rivera, J., Guerrero, M., Ramirez, R., & Bernal, H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia, Venezuela*.
- CIFE. (2014). *Evaluación Económica*.
<http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap4.pdf>
- CINA. (2012). Laboratorio de Química. *Centro de investigacion en nutricion animal - Universidad de Costa Rica*. <https://cina.ucr.ac.cr/index.php/es/servicios/laboratorio-de-quimica>
- Courtis, A. (2013). Germinacion de semillas. *UNNE*, 1–22.

- De Leon, M. (2005). Influencia del sombreado y la fertilización sobre el crecimiento y productividad del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*). *Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro*.
- Doberti, H. (1971). Asociación Avena – Vicia como forraje suplementario en Magallanes. *Estación experimental Magallanes del instituto de investigación agropecuaria, Casilla 616, Punta Arenas, Chile*.
- Escobar, P., Etcheverría, P., Vial, M., & Daza, J. (2020). Concepto de materia seca y su uso: guía práctica. *INIA, Mv*, 1–3.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/3982/NR42143.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2001). El manual técnico producción de forraje verde hidropónico. *Fao, 066*, 55.
<http://www.fao.org/3/a-ah472s.pdf>
- FAO. (2001). Manual tecnico forraje verde hidroponico. *Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile.*, 066, 55.
<https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
- FAO. (2001). *Manual tecnico forraje verde hidroponico*. 55.
<https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
- FAO. (2002). *El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios*. 108, 24. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/180>
- Fundacion Produce. (2011). Bloques multinutricionales y forraje verde hidropónico. *Colombia*.
<https://www.youtube.com/watch?v=fiR65JsuMao>
- García, M., & Fernández, S. (n.d.). Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. *Universitat Politecnica de Valencia*.

Gomes. (2021). *Control climático mediante nebulización*.

http://www.horticom.com/pdf/h155_a.pdf Google

Hydroenvironment. (2017). *Que es el forraje verde hidropónico*. 2017.

http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=125-127

INIA. (2013). Tecnología producción de semilla de vicia forrajera. *Hoja divulgativa*, 3, 6.

Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Cruz, E., Juárez, C., Aguirre, J., Alejo, G., & Ortiz, M. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. *Revista Fuente Nueva Época*, 4(13), 1–11.

Lopez, L. (2005). Produccion de forraje verde hidropónico. *Centro de investigacion en quimica aplicada*, 1–32.

Márquez, M. (2007). Manual practico de analisis de alimentos 1. *Neurocomputing*, 319, 74–83.

<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.07.005>

Marquez, M. (2014). Refrigeracion y congelacion de alimentos: Terminologia, definiciones y explicaciones. *Universidad Nacional de San Agustin*, 3–165.

Medina, M. (2008). Análisis de alimentos. *Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de tecnología de alimentos*.

<http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica6humedade>

Mejía, H., & Orellana, F. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 5(9), 1103–1120.

<https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7947>

Migliorini, F. (1991). Forrajes. *Editorial de Vecchi. Barcelona*, 178.

Möller, J. (2014). Comparación de los métodos para la determinación de fibra en pienso y en los alimentos. *Dedicated Analytical Solutions, December*, 1–5. <https://docplayer.es/82653469->

Comparacion-de-los-metodos-para-la-determinacion-de-fibra-en-pienso-y-en-los-alimentos.html

- Muso, J. & Quillapungi, E. (2018). *Diseño e implementación del control de humedad en un invernadero del campus salache.*
- Orellana, E. (2015). Evaluación de tres niveles de fertilización en forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*). *Universidad Politecnica Salesiana*, 113.
- Pinedo, R., Rojas, F., & Bautista, M. (2020). Cultivo de cebada. In *Universidad Nacional Agraria La Molina.*
- Posada, S., Angulo, J., & Restrepo, L. (2007). *Validación de métodos de secado para la determinación de materia seca en especies forrajeras.*
<https://doi.org/10.1080/00102208008946937>
- Quillahuaman, A., & Condori, M. (2019). Producción del forraje verde hidropónico con la utilización de tres tipos de ormos - en el Centro Agronómico Kayra - Cusco. *Unsaac.*
- Ramirez, M. (2015). *Efecto de utilización de forraje verde hidropónico de hordeum vulgare asociado a la vicia sativa sobre la ganancia de peso vivo en cavia porcellus destetados.*
- Rodriguez, A. (2000). *Hidroponía.* 1–29.
- Rodriguez, L. (2002). Hidroponía agricultura y bienestar. *Universidad Autónoma de Chihuahua - México*, 649.
- Ruiz, I., Chachin, G., & Pedraza, C. (1994). Variación de la composición química y digestibilidad de algunos forrajes durante su temporada de uso en dos lecherías de la región metropolitana”. *Estación experimental La Platina, Santiago Chile.*
- Salvador, C. (2015). Cuéntame cebada. In *Fundación Empresas Polar.*
<https://bibliofep.fundacionempresaspoler.org/media/1280184/cebada.pdf>

- San Miguel, A. (2007). Leguminosas de interés para la Implantación de Praderas. *Universidad Politecnica de Madrid*.
- Sanchez R., & Mendieta A., (2000). Determinación del valor nutritivo de los alimentos. In *Universidad Nacional Agraria* (pp. 1–77). <http://repositorio.una.edu.ni/3125/>
- Sotomayor, J. (1992). Estudio de formato a la producción y apoyo a la producción de quinua. *CORDEPAZ*, 1–159. https://doi.org/10.20595/jjbf.19.0_3
- Supulveda, R., & Raymundo, S. (1994). *Notas sobre producción de forraje hidropónico Comparación*.
- Tito, A. (2016). 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. *Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia*, 267. <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10505/T-2341.pdf?sequence=3>
- Torricos, G. (2001). Produccion de forrajes. *Journal of the American Chemical Society*, 123(10), 2176–2181. <https://cursa.ihmc.us/rid=1R440PDZR-13G3T80-2W50/4>. Pautas-para-evaluar-Estilos-de-Aprendizajes.pdf
- Vega, R., & Quispe, W. (2010). Guia y manual técnico produccion de forraje verde hidroponico en un modulo automatizado. In *U.M.S.A. Ingenieria Industrial* (Issue Primera Edición, p. 25).
- Vera, A. (2002). Abonamiento orgánico e inorganico en el cultivo asociado cebada (*Hordeum Vulgare* L.) – vicia (*Vicia Sativa* L.) bajo condiciones de invernaderi e hidroponía. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru*.
- Villavicencio, A. (2014). Produccion de forraje verde hidroponico. *INIA*.

ANEXOS

Anexo 1*Composición fisicoquímica del forraje verde hidropónico*

Se realizó el análisis de la composición fisicoquímica para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, se determinó los porcentajes de materia seca, proteína total, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda, carbohidratos y extracto libre de nitrógeno, se muestra en la siguiente tabla.

Anexo 2*Análisis físico químico y valor nutritivo promedio del forraje verde hidropónico para los 3 tratamientos*

Tratamiento 1			
Análisis físico químico en ms 12 días			
	A1 B1	A2B1	A3 B1
Proteína (%)	8.65	11.25	13.93
Grasa (%)	3.53	3.7	3.88
Ceniza (%)	3.96	3.69	4.51
Fibra (%)	20.62	20.93	22
Carbohidratos (%)	83.85	81.06	77.68
ELN (%)	63.23	60.13	55.68
Tratamiento 2			
Análisis físico químico en ms 14 días			
	A1 B2	A2B2	A3 B2
Proteína (%)	9.06	11.78	14.62
Grasa (%)	3.45	3.68	3.92
Ceniza (%)	3.65	4.22	4.4
Fibra (%)	20.53	21.3	22.58
Carbohidratos (%)	83.84	80.32	77.05
ELN (%)	63.31	59.02	54.5
TRATAMIENTO 3			
Análisis físico químico en ms 16 días			
	A1 B3	A2B3	A3 B3
Proteína (%)	9.33	12.53	13.34
Grasa (%)	3.59	3.75	3.67
Ceniza (%)	4.29	4.48	4.48
Fibra (%)	21.28	21.48	20.91
Carbohidratos (%)	82.79	79.25	78.51
ELN (%)	61.51	57.77	57.6

Anexo 3*Peso fresco de forraje Verde Hidropónico en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	1828	1988	2166	1672	1944	1993	2126	2101	2320
R2	1855	1929	2023	1802	1614	1969	2021	2001	2339
R3	1741	1898	1934	1892	1766	2056	1845	2055	2094

Anexo 4*Peso fresco de la muestra por tratamiento y repeticiones para determinar la materia seca (g)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	102	105	102	106	105	100	104	103	104
R2	96	103	105	96	107	107	102	99	98
R3	99	99	109	98	104	100	101	96	102

Anexo 5*Peso de materia seca de la muestra por tratamiento y repeticiones para determinar la materia seca (g)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	16.32	17.75	19.34	14.93	17.36	17.79	18.98	18.76	20.71
R2	16.56	17.22	18.06	16.09	14.41	17.58	18.04	17.87	20.88
R3	15.54	16.95	17.27	16.89	15.77	18.36	16.47	18.35	18.70

Anexo 6*Porcentaje de materia seca de la muestra por tratamientos y repeticiones (%)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	17.65	16.19	15.69	23.58	16.98	17	13.46	14.56	11.54
R2	21.88	18.45	15.24	22.92	26.17	14.95	14.71	18.18	13.27
R3	19.19	16.16	15.6	16.33	22.12	16	17.82	19.79	14.71

Anexo 7

Rendimiento de forraje verde hidropónico por kilo de semilla en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	3.35	3.64	3.97	3.06	3.56	3.65	3.89	3.85	4.25
R2	3.40	3.53	3.71	3.30	2.96	3.61	3.70	3.66	4.28
R3	3.19	3.48	3.54	3.47	3.23	3.77	3.38	3.76	3.84
Promedio	3.31	3.55	3.74	3.28	3.25	3.67	3.66	3.76	4.12

Anexo 8

Peso de materia seca en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	2823.78	2736.96	2974.13	3321.59	2833.82	3025.09	2457.01	2652.31	2298.18
R2	3774.01	3084.56	2621.32	3840.76	3524.33	2456.86	2601.59	3281.19	2826.85
R3	3013.45	2766.48	2470.78	3341.99	3353.00	2937.14	2906.75	3782.73	2695.56
Promedio	3203.74	2862.67	2688.74	3501.45	3237.05	2806.36	2655.12	3238.74	2606.87

Anexo 9

Peso de ceniza en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	111.82	99.90	127.59	122.57	119.59	135.52	110.81	116.70	102.96
R2	149.45	112.59	112.45	141.72	148.73	110.07	117.33	144.37	126.64
R3	119.33	100.98	106.00	123.32	141.50	131.58	131.09	166.44	120.76
Promedio	126.87	104.49	115.35	129.20	136.60	125.73	119.75	142.50	116.79

Anexo 10*Peso de proteína total en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	244.26	247.97	277.49	373.68	333.82	379.04	342.26	387.77	306.58
R2	326.45	279.46	244.57	432.09	415.17	307.84	362.40	479.71	377.10
R3	260.66	250.64	230.52	375.97	394.98	368.02	404.91	553.03	359.59
Promedio	277.12	259.36	250.86	393.91	381.32	351.64	369.86	473.50	347.76

Anexo 11*Peso de fibra bruta en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	582.26	561.90	632.90	695.21	603.60	649.79	540.54	598.89	480.55
R2	778.20	633.26	557.82	803.87	750.68	527.73	572.35	740.89	591.10
R3	621.37	567.96	525.78	699.48	714.19	630.90	639.49	854.14	563.64
Promedio	660.61	587.71	572.16	732.85	689.49	602.81	584.13	731.31	545.10

Anexo 12*Peso de extracto etéreo en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	99.68	94.43	106.77	122.90	104.28	113.44	95.33	103.97	84.34
R2	133.22	106.42	94.11	142.11	129.70	92.13	100.94	128.62	103.75
R3	106.37	95.44	88.70	123.65	123.39	110.14	112.78	148.28	98.93
Promedio	113.09	98.76	96.53	129.55	119.12	105.24	103.02	126.96	95.67

Anexo 13*Peso de extracto libre de nitrógeno en los diferentes tratamientos y repeticiones (g/m²)*

A	A1			A2			A3		
B	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
R1	1785.47	1732.77	1829.39	1997.27	1672.52	1747.59	1368.06	1445.51	1323.75
R2	2386.30	1952.84	1612.37	2309.45	2080.06	1419.33	1448.57	1788.25	1628.27
R3	1905.40	1751.46	1519.78	2009.54	1978.94	1696.79	1618.48	2061.59	1552.64
Promedio	2025.73	1812.36	1653.85	2105.42	1910.51	1621.24	1478.37	1765.11	1501.56

Anexo 14*Análisis de varianza rendimiento de forraje verde hidropónico por kilo de semilla*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
Tratamiento						
A	0.94	2	0.47	12.44	0.0004	S
B	0.91	2	0.46	12.04	0.0005	S
A x B	0.07	4	0.02	0.46	0.7641	NS
Error	0.68	18	0.04			
Total	2.6	26				

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para rendimiento factor días de producción

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
B3	3.84	0.23	a
B2	3.52	0.23	b
B1	3.42	0.23	b

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para rendimiento factor semillas

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
A3	3.85	0.23	a
A1	3.53	0.23	b
A2	3.40	0.23	b

Anexo 15*Análisis de varianza rendimiento de materia seca en los diferentes tratamientos (g/m²)*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
Tratamiento						
A	592863	2	296432	2.39	0.1201	NS
B	1037602	2	518801	4.19	0.0512	NS
A x B	854970	4	213743	1.72	0.1894	NS
Error	2230756	18	123931			
Total	4716191	26				

Anexo 16*Análisis de varianza rendimiento de ceniza en los diferentes tratamientos (g/m²)*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
Tratamiento						
A	1070.4	2	535.2	2.43	0.1164	NS
B	348.6	2	174.3	0.79	0.469	NS
A x B	1776.17	4	444.04	2.01	0.1362	NS
Error	3969.62	18	220.53			
Total	7164.79	26				

Anexo 17*Análisis de varianza rendimiento de proteína total en los diferentes tratamientos (g/m²)*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
Tratamiento						
A	94148	2	47074	25.89	<.0001	S
B	13487.3	2	6743.63	3.71	0.0448	S
A x B	17461.2	4	4365.31	2.4	0.0882	NS
Error	32727.1	18	1818.17			
Total	157824	26				

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para proteína total factor días de producción

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
B2	371.40	51.41	a
B1	346.96	51.41	ab
B3	316.75	51.41	b

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para proteína total factor semillas

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
A3	397.04	51.41	a
A2	375.63	51.41	ab
A1	262.45	51.41	b

Anexo 18*Análisis de varianza rendimiento de fibra bruta en los diferentes tratamientos (g/m²)*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
Tratamiento						
A	23530.6	2	11765.3	2.05	0.1577	NS
B	50155.3	2	25077.7	4.38	0.0282	S
A x B	47389.3	4	11847.3	2.07	0.1273	NS
Error	103066	18	5725.88			
Total	224141	26				

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para fibra bruta factor días de producción

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
B2	669.50	91.24	a
B1	659.20	91.24	ab
B3	573.36	91.24	b

Anexo 19*Análisis de varianza rendimiento de extracto etéreo en los diferentes tratamientos (g/m²)*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
tratamiento						
A	1056.81	2	528.41	3.08	0.0707	NS
B	1524.52	2	762.26	4.44	0.0271	S
A x B	1458.7	4	364.68	2.12	0.1203	NS
Error	3089.82	18	171.66			
Total	7129.85	26				

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para extracto etéreo factor días de producción

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
B1	115.22	15.8	a
B2	114.95	15.8	ab
B3	99.15	15.8	b

Anexo 20*Análisis de varianza rendimiento de extracto libre de nitrógeno en los diferentes tratamientos (g/m²)*

F variación	SC	GL	CM	F C	P	Diferencia
tratamiento						
A	458272	2	229136	5.35	0.015	S
B	404821	2	202411	4.73	0.0223	S
A x B	312451	4	78112.6	1.82	0.169	NS
Error	771077	18	42837.6			
Total	1946621	26				

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para extracto libre de nitrógeno factor días de producción.

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
B1	1869.84	249.56	a
B2	1829.33	249.56	a
B3	1592.21	249.56	b

Cuadro de significancia de tukey (0,05) para extracto libre de nitrógeno factor semillas

Factor	Promedio	HSD 0,05	Significancia
A2	1879.05	249.56	a
A1	1869.84	249.56	a
A3	1581.68	249.56	b

Anexo 21

Informe del análisis químico, porcentaje de materia seca, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones del Forraje Verde Hidropónico


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú


UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS
 Nº0105-21-LAQ

SOLICITANTE: BERLY SEGURA ORTEGA
TESIS : EVALUACION DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO ASOCIADO DE CEBADA(Hordeum vulgare) Y VICIA(Vicia sativa)EN CONDICIONES DE FITOLDO Y RIEGO TECNIFICADO.
MUESTRA : FORRAJE HIDROPONICO CRECIMIENTO 12 DIAS
FECHA : C/05/07/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T1R1	T2R1	T3R1
Humedad %	12.23	12.84	15.00
Proteína %	7.59	9.81	11.84
Grasa %	3.10	3.22	3.30
Ceniza %	3.48	3.53	3.83
Fibra %	18.10	18.24	18.70
Carbohidratos %	73.60	70.60	66.03

BASE HUMEDA.
ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS F.L.HART/I.J.FISHER
 Cusco, 20 de Julio 2021

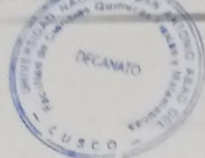

 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Analisis

Melquiades Herrera Arivilca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0107-21-LAQ

SOLICITANTE: BERLY SEGURA ORTEGA

TESIS : EVALUACION DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE
 HIDROPONICO ASOCIADO DE CEBADA (Hordeum vulgare) Y
 VICIA (Vicia sativa) EN CONDICIONES DE FITOLDO Y RIEGO
 TECNIFICADO.

MUESTRA : FORRAJE HIDROPONICO CRECIMIENTO 16 DIAS

FECHA : C/05/07/2021

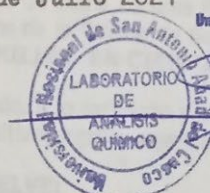
RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T ₁ R ₁	T ₂ R ₁	T ₃ R ₁
Humedad %	15.80	14.67	11.11
Proteína %	7.86	10.69	11.86
Grasa %	3.02	3.20	3.26
Ceniza %	3.61	3.82	3.98
Fibra %	17.92	18.33	18.59
Carbohidratos %	69.71	67.62	69.79

BASE HUMEDA

ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS F.L.HART/I.J.FISHER

Cusco, 20 de Julio 2021



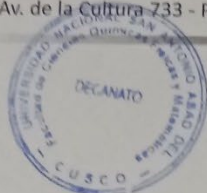
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Analíticos

Milagros Herrera Antico
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANALISIS QUIMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0106-21-LAQ

SOLICITANTE: BERLY SEGURA ORTEGA
 TESIS : EVALUACION DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE
 HIDROPONICO ASOCIADO DE CEBADA(*Hordeum vulgare*) Y
 VICIA(Vicia sativa)EN CONDICIONES DE FITOLDO Y RIEGO
 TECNIFICADO.
 MUESTRA : FORRAJE HIDROPONICO CRECIMIENTO 14 DIAS
 FECHA : C/05/07/2021

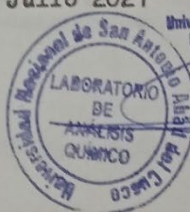
RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	T ₁ R ₁	T ₂ R ₁	T ₃ R ₁
Humedad %	13.79	14.02	16.40
Proteína %	7.81	10.13	12.22
Grasa %	2.97	3.16	3.28
Geniza %	3.15	3.63	3.69
Fibra %	17.70	18.31	18.88
Carbohidratos %	72.28	69.06	64.41

BASE HUMEDA.

ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS F.L.HART/I.J.FISHER

Cusco, 20 de Julio 2021



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Análisis

Malquides Herrera Arce
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 22

Fotografías obtenidas durante el desarrollo del proyecto de investigación

- *Obtención y pesado de muestra a la azar de forraje verde hidropónico para el análisis en laboratorio.*



Muestras en proceso de oreo de los diferentes tratamientos



Día 12 del proceso de germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento



Día 14 del proceso de germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento



Día 16 del proceso de germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento