

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



TESIS

**ANÁLISIS BROMATOLÓGICO Y RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE
HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) ASOCIADO CON VICIA
(*Vicia sativa*) Y ARVEJA (*Pisum sativum*)**

PRESENTADO POR:

Br. DANTE DAVIS ESQUIVEL QUISPE

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

ASESOR:

Mg. JIM CARDENAS RODRIGUEZ

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: ANÁLISIS BRUMATOLÓGICO Y RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (Hordeum vulgare) ASOCIADO CON VICIA (Vicia sativa) Y ARVEJA (Pisum sativum) presentado por: DANTE DAVIS ESQUIVEL QUISEP con DNI Nro.: 46323015 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 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 3 %.

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 la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 10 de DICIEMBRE de 2024



Firma

Post firma JIM CARDENAS RODRIGUEZ

Nro. de DNI 23924578

ORCID del Asesor 0000-0002-8775-9014

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: 27259:414622284

Dante Davis Esquivel Quispe

Analisis bromatológico y rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Ordeum vulgare*) asociad

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:414622284

Fecha de entrega

10 dic 2024, 9:33 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 dic 2024, 9:45 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS DE FVH - DANTE ESQUIVEL.docx

Tamaño de archivo

9.5 MB

107 Páginas

18,692 Palabras

97,447 Caracteres

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi madrecita linda **Presentación Quispe Zamalloa** por su cariño, esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi etapa universitaria.

A mi padre **Saturnino Esquivel Mojonero** por su paciencia, sabiduría, consejos, enseñanzas y su apoyo durante toda mi vida.

A mis hermanos **Denis Gonzalo Esquivel Quispe y Elvio Marcial Esquivel Quispe**, por su persistencia, consejos y ánimo para cumplir este sueño tan anhelado, el de mi graduación.

A mi fiel compañera y esposa **Mery Urrutia Quispe** a mis hermosas hijas **Lizhmery y Aysha** por alentarme a seguir adelante, y estar siempre dándome apoyo cuando más lo necesite.

A mi segunda madre y padre **Constantina Esquivel Mojonero y Gregorio Tuco Paucarmayta** que me dieron siempre aliento y perseverancia para la culminación de mi trabajo.

A mis primitas **Ninoska Tuco Esquivel y Milagros Tuco Esquivel** por sus constantes consejos y aliento para culminar este trabajo de tesis.

Al ángel que me cuida desde el cielo **Andrea Celeste Vargas Valenzuela** por su inmenso apoyo, cariño, aliento, comprensión, dedicación durante la etapa experimental de mi trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primero lugar a Dios por haberme dado la dicha de vivir en este maravilloso mundo y conocer personas muy lindas durante toda mi vida.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia y a todos los docentes que laboran en dicha institución, por impartirme sus conocimientos y de esta manera aportar a mi formación profesional.

A mi asesor Ing. Zoot. David Luciano Castro Cáceres por ofrecerme su apoyo, experiencia, confianza, tiempo y conocimientos para realizar y culminar el presente trabajo de investigación.

Al Mgt. Jim Cárdenas Rodríguez por haber aceptado ser mi asesor para culminar el presente trabajo de investigación.

A todo el personal técnico y administrativo que labora en el Centro agronómico de K´ayra en especial al Sr. Elías, quien me brindó su apoyo y comprensión durante todas las dificultades que tuve.

A mis tíos, primos, colegas y compañeros del código de oro por sus palabras de aliento para seguir adelante, por sus consejos y por su amistad.

Al centro de producción de reproductores de Cuyes (CPR) – Huayllapampa de la Dirección Regional de Agricultura –Cusco (DRAC-CUSCO), por permitirme utilizar sus instalaciones para realizar el presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.1.1. Planteamiento del Problema general.....	4
1.1.2. Planteamiento del problema específico.....	4
II. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	5
2.1. OBJETIVOS	5
2.1.1. Objetivo general	5
2.1.2. Objetivos específicos.....	5
2.2. JUSTIFICACIÓN	6
2.3. HIPÓTESIS	6
2.3.1. Hipótesis alterna.....	6
2.3.2. Hipótesis nula.....	7
III. REVISION BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	8
3.2. Forraje verde hidropónico (FVH).....	16
3.2.1. Valor nutricional del forraje verde hidropónico.....	17

3.2.2.	Ventajas del forraje verde hidropónico	19
3.2.3.	Desventajas del forraje verde hidropónico.....	20
3.2.4.	Factores que Influyen en la producción de FVH.....	22
3.2.5.	Proceso de producción de forraje verde hidropónico.....	24
3.3.	SEMILLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO...	27
3.3.1.	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	27
3.3.2.	Vicia (<i>Vicia sativa</i>)	28
3.3.2.1.	Composición química de la vicia	29
3.3.3.	Arveja	30
3.4.	ASOCIACIONES DE FORRAJES	31
3.4.1.	Asociación gramínea-leguminosa.....	31
3.4.2.	Asociaciones en forraje verde hidropónico	32
3.4.3.	Glosario de términos.....	32
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1.	LUGAR DE EXPERIMENTO	34
4.1.1.	Ubicación Política	34
4.1.2.	Ubicación Geográfica.	34
4.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	35

4.2.1.	Materiales para la producción de Forraje Verde Hidropónico.....	35
4.2.2.	Equipos para la producción de Forraje Verde Hidropónico.	36
4.2.3.	Material biológico para la producción de Forraje Verde Hidropónico.	36
4.3.	DURACION DEL EXPERIMENTO	39
4.3.1.	Duración del periodo pre experimental.....	39
4.3.2.	Duración del periodo experimental	40
4.4.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
4.4.1.	Procedimiento.....	40
4.4.2.	Instalación del experimento	40
4.4.3.	Obtención de muestras de Forraje Verde Hidropónico.....	44
4.4.4.	Determinación del análisis químico (laboratorio)	44
4.4.5.	Determinación del rendimiento de Forraje Verde Hidropónico por bandeja	45
4.5.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	47
4.5.1.	Variables de Estudio.....	47
4.5.1.1.	Variable independiente o en estudio	47
4.5.1.2.	Variables dependientes.....	47
4.6.	TRATAMIENTOS Y REPETICIONES	47
4.7.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	48

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	50
5.1. EVALUACIÓN DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO EN SUS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	50
5.1.1. Materia Seca	50
5.1.2. Proteína total.	51
5.1.3. Extracto etéreo.	52
5.1.4. Fibra cruda.	53
5.1.5. Ceniza.	54
5.1.6. Extracto Libre de Nitrógeno.	54
5.2. RENDIMIENTOS DE COMPONENTES DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.	55
5.2.1. Rendimiento de materia seca.	55
5.2.2. Rendimiento de proteína total.....	57
5.2.3. Rendimiento del extracto etéreo.....	58
5.2.4. Rendimiento de ceniza	59
5.2.5. Rendimiento de fibra cruda.....	60
5.2.6. Rendimiento del extracto libre de nitrógeno	61
5.2.7. Rendimiento de materia verde.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	65

VII. BIBLIOGRAFIA.....	67
ANEXOS	74
FOTOGRAFÍAS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados obtenidos a los 14 días de cosecha en kg/m ²	8
Tabla 2. Resumen de valores determinados en la literatura.....	15
Tabla 3. Composición nutricional del forraje verde hidropónico de cebada.....	17
Tabla 4. Comparación entre las características del forraje verde hidropónico de cebada y otras fuentes alimenticias en base seca.....	17
Tabla 5. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico de vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes cortes.	18
Tabla 6. Composición química del grano de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	28
Tabla 7. Composición nutritiva de la arveja.	31
Tabla 8. Prueba de germinación de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	37
Tabla 9. Prueba de germinación de la vicia (<i>Vicia sativa</i>).....	38
Tabla 10. Prueba de germinación de la arveja (<i>Pisum sativum</i>).....	39
Tabla 11. Peso de semilla por tratamiento.....	42
Tabla 12. Distribución de los tratamientos	48
Tabla 13. Distribución de los tratamientos en el módulo hidropónico	48
Tabla 14. Porcentaje de materia seca	50
Tabla 15. Porcentaje de proteína total.....	51
Tabla 16. Porcentaje de extracto etéreo.....	52

Tabla 17. Porcentaje de fibra cruda	53
Tabla 18. Porcentaje de ceniza	54
Tabla 19. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno.....	55
Tabla 20. Rendimiento de materia seca (kg/m ²)	56
Tabla 21. Rendimiento de proteína total (kg/m ²).....	57
Tabla 22. Rendimiento de extracto etéreo (kg/m ²).....	58
Tabla 23. Rendimiento de ceniza (kg/m ²)	59
Tabla 24. Rendimiento de fibra cruda (kg/m ²).....	60
Tabla 25. Rendimiento de extracto libre de nitrógeno (kg/m ²)	61
Tabla 26. Rendimiento de materia verde del forraje verde hidropónico en los diferentes tratamientos (kg/m ²).	62
Tabla 27. Proporciones del forraje verde hidropónico en los diferentes tratamientos (semilla/FVH)	63

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos.	75
Anexo 2. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Materia seca)	76
Anexo 3. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Proteína)....	76
Anexo 4. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Extracto Etéreo)	77
Anexo 5. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (<i>Ceniza</i>).....	77
Anexo 6. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Fibra cruda)	78
Anexo 7. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Extracto Libre de Nitrógeno)	78
Anexo 8. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Materia Verde)	79
Anexo 9. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Semilla/Materia Verde)	79
Anexo 10. Matriz de resultados del análisis bromatológico del forraje verde hidropónico (%).....	80
Anexo 11. Matriz de resultados del rendimiento del forraje verde hidropónico en kg/m ²	80

Anexo 12. 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..... 81

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Selección de impurezas de la semilla de vicia.....	82
Fotografía 2. Determinación del poder germinativo de la cebada.....	82
Fotografía 3. Lavado y desinfección de la semilla de cebada.....	83
Fotografía 4. Remojo de la semilla del asociado cebada con vicia.....	83
Fotografía 5. Oreado de los diferentes tratamientos del asociado de forraje verde hidropónico de cebada con vicia o arveja.	84
Fotografía 6. Siembra de las semillas de forraje verde hidropónico en la cámara de germinación.....	84
Fotografía 7. Día 3 de la germinación del forraje verde hidropónico de cebada con vicia o arveja.	85
Fotografía 8. Día 5 de la germinación del forraje verde hidropónico de cebada con vicia o arveja.	85
Fotografía 9. Día 8 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 1 (cebada 90% - vicia 10%)	86
Fotografía 10. Día 8 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 4 (cebada 80% - arveja 20%).....	86
Fotografía 11. Día 10 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 2 (cebada 80% - vicia 20%)	87
Fotografía 12. Día 10 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 3 (cebada 90% - arveja 10%).....	87

Fotografía 13. Día 12 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 1 (cebada 90% - vicia 10%).	88
Fotografía 14. Día 12 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 4 (cebada 80% - arveja 20%).....	88
Fotografía 15. Día 14 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 2 (cebada 80% - vicia 10%).	89
Fotografía 16. Día 14 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 4 (cebada 80% - arveja 20%).....	89
Fotografía 17. Pesado del forraje verde hidropónico para la determinación del rendimiento de materia verde.....	90
Fotografía 18. Cosecha del forraje verde hidropónico de cebada asociado con vicia o arveja	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de Procedimiento de Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	46
--	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Distrito de San Jerónimo, Provincia del Cusco del Departamento de Cusco en el Centro de Producción de Reproductores (CPR) – Huayllapampa, con el propósito de realizar el análisis bromatológico y rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) y arveja (*Pisum sativum*) con 2 densidades de siembra (90% de cebada y 10% de vicia – 80% de cebada y 20% de vicia) y arveja (90% de cebada y 10% de arveja – 80% de cebada y 20% de arveja). El trabajo tuvo una duración de dos meses. Como modelo estadístico se utilizó un diseño de bloques completos con arreglo factorial de 2 x 2, donde se tuvo dos asociados (cebada – vicia) (cebada – arveja) y dos niveles (90:10) (80:20). Los resultados obtenidos muestran que los porcentajes de materia seca, extracto etéreo y ceniza son independientes a la especie o asociación empleada en caso del porcentaje de proteína total y fibra cruda se ven favorecido con la mayor inclusión de la leguminosa y en relación al extracto libre de nitrógeno la mayor presencia de gramínea presentan valores mayores, en cuanto al rendimiento la materia seca, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno tienen similar rendimiento ; sin embargo, la densidad de siembra del 20% independientes al tipo de semilla sea vicia o arveja se evidencia mejores resultados respecto al rendimiento de proteína total, mientras que el uso combinado de cebada con vicia tiene mejores rendimientos en cuanto al extracto etéreo de igual manera con respecto al rendimiento de ceniza se obtuvo mejores resultados al usar proporciones del 80% de cebada con 20% de arveja. En cuanto al rendimiento de materia verde por kilogramo de semilla se puede afirmar que la inclusión de la semilla de cebada con vicia o cebada con arveja no influyeron en este aspecto.

Palabras clave: Forraje verde hidropónico, arveja, composición, asociación

INTRODUCCION

La producción animal es muy dependiente de los pastizales y alimentos tradicionales siendo en su mayoría los insumos proteicos de alto costo así mismo los pastizales dependen mucho de las precipitaciones pluviales, donde una reducción del periodo de lluvias afecta la producción de pastos, tanto en cantidad como en calidad (Cordero et al., 2008). Actualmente, muchas granjas de explotación pecuaria buscan maximizar la producción y minimizar los costos de producción utilizando la introducción de insumos alternativos para la sostenibilidad de las granjas (Guillermo et al., 2006).

En Perú, como en muchas otras naciones, las fluctuaciones climáticas, junto con la limitada calidad de los forrajes empleados en la actividad pecuaria y la complejidad de la geografía, representan tres de los principales obstáculos para el desarrollo eficiente de la ganadería a nivel nacional. Por ello, los productores pecuarios suministran a sus animales dietas suplementarias basadas en alimentos concentrados, las cuales encarecen los costos de alimentación, en muchos casos, parte de los insumos son importados. (Espinoza et al., 2004)

Como una importante opción para la producción de pastos, se comienza la producción de forraje verde hidropónico, que se trata de una tecnología de producción de biomasa obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (FAO, 2001). La tecnología de la producción de forraje verde hidropónico viene siendo avanzada considerablemente en el rubro ganadero a nivel mundial; no obstante, en nuestra región el uso de esta técnica es casi desconocida por los productores pecuarios que a diario buscan alternativas que reduzcan los costos en la alimentación de sus animales.

Un aspecto clave en la producción de forraje verde hidropónico es garantizar la obtención de un alimento altamente nutritivo y económico. Para lograrlo, es fundamental realizar investigaciones enfocadas en identificar las especies más adecuadas para esta producción. En este contexto, se desarrolla el presente estudio, cuyo objetivo es analizar el efecto de la asociación entre una gramínea y una leguminosa en la composición química y el rendimiento de distintas densidades evaluadas.

I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El gran reto de los productores que están inmersos en la producción animal es incrementar la producción de carne, leche, lana, huevos y otros en forma acelerada y sostenible; no obstante, para la alimentación de los animales se emplea alimentos tradicionales y no tradicionales, donde los insumos proteicos son costosos. El crecimiento del forraje en la sierra depende de la precipitación pluvial, pues su escasez afecta la producción de pastura en tiempos de estiaje, que no permite al productor pecuario cultivar pastos a gran extensión y de alto valor nutritivo, por este motivo, es importante buscar nuevas alternativas de producción de forrajes, para desarrollar sistemas más productivos y sostenibles de producción animal que garantice la alimentación permanente de la explotación ganadera.

Una adecuada nutrición de los animales es necesario para lograr elevadas tasas de ganancia de peso, producción eficiente y se obtengan beneficios apropiados; por ello es de vital importancia de suministrar suplementos proteicos cuando la calidad del forraje es baja, pero la admisión de suplementos proteicos es costosa, el cual genera altos costos de producción, de esta manera el productor se ve obligado a ser eficiente en la explotación ganadera.

Es así que se plantea el cultivo asociado de Forraje Verde Hidropónico (FVH), debido a que no busca solamente reemplazar el forraje verde sino también reemplazar el concentrado que elevan en su mayoría el costo de producción de una crianza, ya que el cultivo de gramíneas asociado con leguminosas contribuye a incrementar el contenido proteico y compensa la escasez de proteína que tienen los cereales.

1.1.1. Planteamiento del Problema general.

¿En qué medida influirá el análisis bromatológico y rendimiento del cultivo asociado de cebada con vicia y arveja a diferentes densidades en la calidad y composición nutritiva del forraje verde hidropónico?

1.1.2. Planteamiento del problema específico.

- ¿En qué medida mejorará el cultivo asociado de una gramínea con una leguminosa el análisis bromatológico de materia seca, proteína total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y ceniza del forraje verde hidropónico?
- ¿En qué medida mejorará el cultivo asociado de una gramínea con una leguminosa el rendimiento de materia seca, materia verde, proteína total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y ceniza del forraje verde hidropónico?

II. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el análisis bromatológico y rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) y arveja (*Pisum sativum*) con 2 densidades de siembra con vicia (90% de cebada y 10% de vicia – 80% de cebada y 20% de vicia) o arveja con 2 densidades de siembra (90% de cebada y 10% de arveja – 80% de cebada y 20% de arveja) respectivamente.

2.1.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el análisis bromatológico (materia seca, proteína total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y ceniza) del forraje verde hidropónico en los diferentes tratamientos.
2. Evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico (materia seca, materia verde, proteína total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y ceniza) en kilogramos por metro cuadrado en los diferentes tratamientos.

2.2. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio contribuye en la solución de problemas referidos a escasez forrajera debido a las variaciones climáticas, ahorro en la utilización de fertilizantes, por lo cual una de las alternativas que permita garantizar la alimentación de los animales a bajo costo y fácil manejo, inclusive en condiciones poco tecnificadas, es la producción de forrajes hidropónicos. Asimismo, el suministro de alimento con concentrado u otro tipo de alimento no es rentable para el productor; por tanto, una opción practica es asegurar la producción de forraje mediante el FVH asociando especies forrajeras como es la cebada con vicia o arveja, donde el primero aporta energía y las especies leguminosas proporcionan proteína. Así mismo en el presente estudio se utilizó materiales e insumos que se pueden encontrar en nuestra región y no se utilizó fertilizante alguno que en la actualidad tienen un alto costo en el mercado.

2.3. HIPÓTESIS

El análisis bromatológico y el rendimiento del forraje verde hidropónico es mejor de acuerdo a la asociación de cebada con vicia o arveja en las diferentes proporciones.

2.3.1. Hipótesis alterna.

- El cultivo asociado de una gramínea con una leguminosa mejorará el análisis bromatológico de materia seca, proteína total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y ceniza del forraje verde hidropónico.
- El cultivo asociado de una gramínea con una leguminosa mejorara el rendimiento de materia seca, materia verde, proteína total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y ceniza del forraje verde hidropónico

2.3.2. Hipótesis nula.

El análisis bromatológico y el rendimiento del forraje verde hidropónico no mejora de acuerdo a la asociación de cebada con vicia o arveja en las diferentes proporciones.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Vera (2002), determino la materia verde, materia seca y la composición química con su trabajo de investigación titulado “abonamiento orgánico e inorgánico en el cultivo asociado cebada (*Hordeum vulgare L.*) – vicia (*Vicia sativa L.*) bajo condiciones de invernadero e hidroponía, en el cual concluye que la mejor producción de materia verde, materia seca y el contenido de materia orgánica se dio con el nutriente Nitrofoska, a una densidad de 70% de cebada y 30% de vicia, a los 14 días de cosecha y el mejor contenido de proteína lo obtuvo el tratamiento 8 con 4,60 kg/m², lo contrario paso con el contenido de fibra cruda, donde a mayor número de días de cosecha, hay mayor contenido de fibra cruda.

Tabla 1. Resultados obtenidos a los 14 días de cosecha en kg/m²

Fuentes de Nutrientes	Densidades		Tratamientos	Edad de corte	Rendimiento (kg/m ²)				
					MS	MV	PC	FC	MO
HUMUS DE LOMBRIZ	90%C	10%V	1	14 DIAS	8,77	49,42	1,75	2,55	8,22
	80%C	20%V	2	14 DIAS	10,6	58,91	2,19	3,21	9,95
	70%C	30%V	3	14 DIAS	13,02	73,28	2,72	3,51	12,06
BIOL	90%C	10%V	4	14 DIAS	7,08	43,92	1,38	2,04	6,53
	80%C	20%V	5	14 DIAS	7,52	45,75	1,42	2,21	7,07
	70%C	30%V	6	14 DIAS	8,27	46,79	1,8	2,44	7,69
NITROFOSKA	90%C	10%V	7	14 DIAS	12,81	76,86	2,56	3,77	11,96
	80%C	20%V	8	14 DIAS	14,99	90,82	3,12	4,11	14,05
	70%C	30%V	9	14 DIAS	15,51	91,95	3,43	4,44	14,5
NITROFOSKA	90%C	10%V	10	14 DIAS	4,98	31,32	0,9	1,37	4,64
	80%C	20%V	11	14 DIAS	5,62	35,10	1,09	1,61	5,29
	70%C	30%V	12	14 DIAS	6,16	40,45	1,21	1,67	5,79

Leyenda: MS: Materia Seca, MV: Materia Verde;

Fuente: (Vera, 2002)

Contreras et al. (2015), en su trabajo “Rendimiento hidropónico de la arveja con cebada y trigo en la producción de germinados, en el cual tuvieron como objetivos, determinar el efecto de las asociaciones arveja con cebada y arveja con trigo en seis proporciones (0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, 100/0) de cultivos hidropónicos sobre el porcentaje de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y altura de planta, así como en la producción de forraje verde, materia seca, materia orgánica y proteína cruda. Se empleó un diseño factorial completamente aleatorio de 2 x 6 (asociación x proporción) con 5 repeticiones por tratamiento. Los resultados mostraron que el porcentaje de materia seca y el rendimiento de forraje verde no presentaron diferencias significativas entre las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo. Por otro lado, los porcentajes de materia orgánica y proteína cruda estuvieron influenciados tanto por la asociación como por la proporción leguminosa/gramínea. El promedio de proteína cruda obtenido en ambas asociaciones fue del 22,37%, y la proporción leguminosa/gramínea no tuvo impacto en la altura de las plantas del cultivo hidropónico.

Navarrete (2008), en su trabajo de investigación “Estudio de la Productividad de Dos Gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una Leguminosa (*Vicia sp.*) para Forraje Verde Hidropónico (FVH) con Tres Cortes Sucesivos en la Granja ECAA”. Se llevó a cabo un estudio en el que se evaluaron tres cortes en dos gramíneas (cebada y trigo) y una leguminosa (vicia) destinadas a la producción de forraje verde hidropónico, analizando su impacto en la producción y el contenido nutricional. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con un arreglo factorial A x B, aplicando la prueba de significancia de Tukey al 5%. Las variables analizadas incluyeron días y porcentaje de germinación, altura al primer corte, rendimiento, contenido de proteína y

un análisis económico de los tratamientos. Los resultados más destacados en días y porcentaje de germinación, así como en altura y rendimiento, se obtuvieron en los tratamientos con cebada, mientras que la vicia mostró diferencias altamente significativas en contenido de proteína y rentabilidad.

Zambrano (2015), en su trabajo “Comportamiento Agronómico y Calidad Nutricional de Dos Especies de Leguminosas con el Método de Cultivo Forraje Verde Hidropónico (FVH)”. El estudio tuvo como objetivos evaluar la respuesta agronómica de las especies leguminosas vicia forrajera y trébol blanco bajo condiciones de invernadero mediante fertirriego por gravedad, determinar el valor nutricional de las cosechas y sus respectivas biomásas, y realizar un análisis económico. Para la producción de forraje verde hidropónico (FVH), se emplearon bandejas en un módulo productivo con sistema de fertirriego, utilizando un fertilizante foliar completo como solución nutritiva. Los factores evaluados incluyeron dos especies de leguminosas forrajeras y tres fechas de corte. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias. Los resultados indicaron que el mayor promedio de germinación en los tres cortes correspondió a la vicia forrajera. En términos de rendimiento (g/m^2), la vicia forrajera superó al trébol blanco. En la altura de las plantas (primer y segundo corte), la Vicia sativa fue superior a *Trifolium repens*. Además, el mayor porcentaje de proteína cruda se obtuvo en la vicia forrajera, y el análisis económico mostró que esta especie representó la opción más rentable.

Rosario (2018), en su trabajo de tesis “efecto de cinco densidades de siembra de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en y sin asociación con arveja (*Pisum sativum L.*) para producción de forraje verde hidropónico en condiciones de invernadero”, el estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de cinco densidades de siembra en cebada (d1 = 4,87 Ton/Ha, d2 = 8,12 Ton/Ha, d3 = 11,36 Ton/Ha, d4 = 14,61 Ton/Ha y d5= 17,86 Ton/Ha), asociado y sin asociar con arveja (4.87 Ton/Ha); sobre los días a la cosecha, producción de biomasa fresca, contenido de materia seca, cenizas, proteína total y rentabilidad económica. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero utilizando un diseño factorial de 5x2 en un esquema de bloques completamente al azar, con un total de diez tratamientos y cuatro repeticiones. La densidad 1 registró significativamente más días hasta la cosecha, con un promedio de 19,3 días. Una mayor densidad de siembra y la asociación entre cultivos favorecieron mayores rendimientos de biomasa fresca y un mejor índice de conversión de biomasa (TCO/semilla). Los mayores contenidos de materia seca y cenizas se obtuvieron con densidades de siembra bajas, mientras que la asociación no tuvo un impacto significativo en el contenido de materia seca. En cultivos asociados con densidades altas, el contenido de proteína bruta disminuyó, mientras que en cultivos sin asociación y con densidades altas, este contenido aumentó significativamente. El tratamiento 10, correspondiente a una densidad de 17,86 Ton/Ha asociada con arveja, mostró la mayor rentabilidad económica, alcanzando un 48%, además de tener los costos más bajos de producción y por kilogramo de materia seca y proteína bruta.

Ordoñez et al.(2018), en su trabajo de investigación “Soluciones Nutritivas para el Germinado Hidropónico de *Hordeum vulgare*”, El objetivo del estudio fue determinar el

efecto de diferentes dosis de soluciones nutritivas A y B en el agua de riego de germinado hidropónico (GH) de cebada (*Hordeum vulgare*) sobre el valor nutricional y rendimiento del germinado. El estudio incluyó seis tratamientos: Control - T0 (sin solución A y B); T1 (1,00 ml A y 0,50 ml B); T2 (0,50 ml A y 0,125 ml B); T3 (0,75 ml A y 0,25 ml B); T4 (1,25 ml A y 0,75 ml B); y T5 (1,50 ml A y 1,00 ml B), con seis repeticiones cada uno. Los datos del análisis químico proximal y el rendimiento del germinado se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que las dosis de soluciones nutritivas tuvieron un impacto significativo en todas las variables evaluadas. El tratamiento T3 destacó con los mejores resultados en la mayoría de las variables, excepto en el contenido de cenizas, mientras que T0, T4 y T5 presentaron los valores más bajos. En conclusión, se determinó que la combinación de 0,75 ml A y 0,25 ml B es la más adecuada para optimizar el rendimiento y el valor nutricional del germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*.

Quillahuaman y Condori (2019), en su trabajo de tesis “Producción del Forraje Verde Hidropónico con la Utilización de Tres Tipos de Ormus”, en el cual tuvo como objetivo general la producción de forraje verde hidropónico con utilización y obtención de Ormus de agua de la Salinera de Maras, orina humana y comercial y como objetivos específicos la determinación y evaluación de la composición físico química (materia seca y proteína total), valor nutricional (digestibilidad de la proteína total) así mismo evaluar el rendimiento de materia seca, proteína total y proteína total digestible en gramos por metro cuadrado del forraje verde hidropónico. Los análisis físico-químicos se realizaron en el laboratorio de la Unidad de Prestaciones de Servicio de Análisis Químico y en el área de Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Nacional de San Antonio Abad

del Cusco. Para evaluar el rendimiento, se utilizó un diseño factorial 2 x 4 con tres repeticiones por tratamiento, donde el factor A correspondió a las semillas de cebada y la combinación cebada/vicia, y el factor B incluyó Ormus elaborado con agua de las salineras de Maras, orina humana y un producto comercial, teniendo como testigo el riego con agua pura. La investigación se desarrolló en dos etapas: una primera etapa destinada a la producción del forraje verde hidropónico y una segunda etapa enfocada en el análisis de laboratorio. Los resultados indicaron que el uso de Ormus en sus diferentes aplicaciones no tuvo efecto en cultivos forrajeros de ciclos vegetativos cortos, como el forraje verde hidropónico. Se concluyó que las características físicas (materia seca), químicas (proteína total) y el valor nutritivo (proteína total digestible) se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura consultada. El rendimiento de materia seca (g/m^2) del forraje verde hidropónico no se vio afectado ni por el tipo de semilla ni por las diferentes aplicaciones de Ormus, ya que no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, se determinó que el mayor contenido de proteína total y proteína total digestible se obtuvo en el cultivo asociado de cebada/vicia, independientemente de la aplicación de Ormus.

Quispe (2020), en su trabajo de tesis titulada “producción tecnificada de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), vicia (*Vicia sativa*) y arveja (*Pisum sativum*)”, el cual tuvo como objetivos, determinar el rendimiento de materia fresca, materia seca y proteína total, determinación de la digestibilidad in vitro de la proteína total y determinación de los costos de producción en condiciones de temperatura, iluminación y riego automatizado. Se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones cada uno: Tratamiento 1 (forraje verde hidropónico de cebada),

Tratamiento 2 (forraje verde hidropónico de cebada con vicia) y Tratamiento 3 (forraje verde hidropónico de cebada con arveja). Los resultados indicaron que la cebada en forraje verde hidropónico presentó la mejor producción en términos de materia fresca y seca, aunque mostró valores similares al tratamiento con cebada y vicia en cuanto a proteína total y proteína total digestible. Además, el forraje hidropónico de cebada alcanzó el mayor porcentaje de digestibilidad de la proteína total en comparación con los otros tratamientos. En términos económicos, el costo unitario de producción del forraje verde hidropónico de cebada fue más bajo que el de las combinaciones con vicia o arveja.

Conza (2020), en su trabajo de tesis “evaluación de las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico”, el objetivo principal de su trabajo fue la de evaluar las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico, determinando la materia seca, la cantidad de proteína total en base seca, la proteína total digestible y el rendimiento de las asociaciones de forraje verde hidropónico. Para el análisis de los resultados, se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones: 100% cebada, 90% cebada + 10% soya, 80% cebada + 20% soya, 90% cebada + 10% vicia y 80% cebada + 20% vicia. Los resultados indicaron que el rendimiento de materia seca fue similar entre los cinco tratamientos. En cuanto a proteína total y proteína total digestible, el tratamiento 5 mostró el mayor rendimiento, mientras que el tratamiento 1 tuvo el menor. Los tratamientos 2, 3 y 4 no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí. Además, la asociación de cebada con vicia y soya no tuvo un impacto significativo en el rendimiento final (kg/m^2) a los 11 días de producción.

Tabla 2. Resumen de valores determinados en la literatura

Autor	Cultivo asociado	Proporción	Corte	Composición nutricional							Rendimiento						
				MS	MV	PC	FC	MO	Ceniza	EE.	MS	MV	PT	EE	ceniza	FC	ELN
A	Cebada-vicia	90% - 10%	14 días	-	-	-	-	-	-	-	8,77 kg/m ²	49,42 kg/m ²	1,75 kg/m ²	-	-	2,55 kg/m ²	8,22 kg/m ²
		80% -20 %		-	-	-	-	-	-	-	10,6 kg/m ²	58,91 kg/m ²	2,19 kg/m ²	-	-	3,21 kg/m ²	
B	Cebada-arveja	40% - 60%	20 días	19,61	-	17,84	-	91,35	-	-	257,69 g/1480 cm ²	-	-	-	235,37 g/1480 cm ²	-	-
C	Cebada	100%	11 días	30,25	-	19,5	7,25	21,58	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-
D	Vicia forrajera	100%	15 días	-	-	57,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	Cebada y arveja	8,12-4,87 Ton/ha	18 días	18,5	-	17,05	-	-	3,75	-	-	74,30 Ton/ha	-	-	-	-	-
F	Cebada + 0.50 ml solución nutritiva		15 días								2,46±0,06 kg/m ²	23,16 ± 1,47 kg/m ²	0,34±0,01 kg/m ²	0,10±0,00 kg/m ²	0,12±0,00 kg/m ²	0,33±0,01 kg/m ²	-
G	Cebada-vicia con Ormus de agua de salineras de Maras	90%-10%	10 días	13,85	-	12,62	-	-	-	-	2215,56 g/m ²	-	267,72 g/m ²	-	-	-	-
H	Cebada - Vicia	90 % -10%	11 días	-	-	11,74	-	-	-	-	2201,92 g/m ²	-	258,50 g/m ²	-	-	-	-
		80% - 20%		-	-	13,90	-	-	-	-	2148,38 g/m ²	-	298,62 g/m ²	-	-	-	-

Nota: Vera(2002)^A, Contreras et al(2015).^B, Navarrete(2008)^C, Zambrano(2015)^D, Rosario(2018)^E, Ordoñez et al(2018).^F, Quillahuaman y Condori(2019)^G y Conza(2020)^H; MS: Materia seca, MV: Materia verde, PC: Proteína cruda, FC: Fibra cruda, MO: Materia orgánica, EE: Extracto etéreo, ELN: Extracto libre de nitrógeno

3.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

El forraje verde hidropónico es una innovación para la obtención de biomasa vegetal adquirida a partir del desarrollo subyacente de las plantas en las fases de germinación y desarrollo temprano de las plántulas a partir de semillas razonables. El FVH o "green feed tank-farming" es un alimento o grano vivo, de alta absorbibilidad, calidad sanitaria y realmente apropiada para la alimentación animal (FAO, 2001).

El Forraje Verde Hidropónico es el "forraje" obtenido del proceso de germinación de granos de cereales (trigo, avena, cebada, maíz y otros) que después de 12 días es cosechado y suministrado a los animales como alimento" (Pautrat, 2008).

Su producción es el resultado de un proceso de germinación de los granos en placas o cubiertas de plástico, que se produce tras proporcionar a las semillas unas condiciones satisfactorias, por ejemplo, humedad, oscuridad y luz tenue, que hacen que las semillas comiencen su desarrollo y se conviertan en pequeñas plántulas (Alvarez, 2011).

Una forma de obtener biomasa vegetal para alimentar a los animales es el forraje verde hidropónico, que consiste en cultivar granos de cereales como cebada, trigo y maíz en soluciones nutritivas desde que germinan hasta que alcanzan un desarrollo óptimo en unos 12 a 15 días. El forraje verde hidropónico tiene una alta calidad nutricional y digestiva, es apetecible para los animales y se diferencia de otros alimentos porque incluye hojas, semillas y raíces (Dulanto, 1997).

3.2.1. Valor nutricional del forraje verde hidropónico

Tabla 3. Composición nutricional del forraje verde hidropónico de cebada.

Parámetro	Base Seca
Energía (Kcal/Kg.Ms)	3216
Proteína Cruda (%)	19,4
Digestibilidad (%)	81
Grasa (%)	3,2
Carbohidratos (%)	58,4

Fuente: (Gomez, 2007)

Tabla 4. Comparación entre las características del forraje verde hidropónico de cebada y otras fuentes alimenticias en base seca.

Parámetro	FVH (cebada)	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3216	3000	1680	1392
Proteína cruda (%)	25	30,0	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47,0	39,0
kcal Energía Digestible/kg	488	2,160	400	466
kg Proteína Digestible/TN	46,5	216	35,75	12,41

Fuente: (Sepúlveda, 1994)

Tabla 5. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico de vicia (*Vicia sativa*) en diferentes cortes.

TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	GRASA CRUDA	FIBRA CRUDA	CENIZAS	ENN
VICIA R1 F1 C1	62	38	31	2	5	3	59
VICIA R2 F1 C1	61	39	31	3	6	4	55
VICIA R3 F1 C1	63	37	32	2	5	6	53
VICIA R4 F1 C1	69	31	31	2	5	8	51
VICIA R1 F1 C2	18	82	28	3	7	10	49
VICIA R2 F1 C2	16	84	28	3	8	6	55
VICIA R3 F1 C2	18	82	29	4	8	8	50
VICIA R4 F1 C2	17	83	30	2	8	8	52
VICIA R1 F1 C3	52	48	23	5	10	8	52
VICIA R2 F1 C3	48	52	23	3	9	10	54
VICIA R3 F1 C3	56	44	23	4	10	12	55
VICIA R4 F1 C3	48	52	24	4	11	10	53

Fuente: (Navarrete, 2008)

3.2.1.1. Poder germinativo

Se realiza con la meta de conocer el límite de la semilla para dar lugar a una plántula ordinaria, también llamado organismo no desarrollado aumento y la mejora, lo que lleva a una planta de semillero. Esta prueba se puede realizar de múltiples maneras, ya sea usando placas de Petri, cajas de pasta de zapatos o periódicos (FAO, 2001).

Para obtener un buen forraje hidropónico, se recomienda usar semilla de cebada (*Hordeum vulgare*) de calidad, con una humedad baja, una integridad alta y una capacidad germinativa superior al 85% (Naik et al., 2015). La cebada es una especie que produce entre 6 y 8 kg de forraje por cada kilo de semilla (Tarrillo, 2008) y que tiene una rápida y elevada germinación, de más del 90% (Pérez et al., 2015). Además, la cebada es un alimento nutritivo y rendidor que se puede cultivar en cualquier época del año (Cayllahua et al., 2015).

3.2.2. Ventajas del forraje verde hidropónico

Las ventajas de la creación de FVH son varias e incorporan ángulos que normalmente no se tienen en cuenta en la producción habitual de forraje (Rosario, 2018).

3.2.2.1. Ahorro de agua

Cuando se utiliza el método de la producción de FVH, la pérdida de agua a través del derrame de la superficie, la penetración y la evapotranspiración es insignificante en contraste con la obtención de forraje habitual. El método FVH utiliza menos de dos litros de agua para producir un kg de pienso, lo que es comparable a 8 litros para alcanzar a un kg de materia seca de FVH, pensando en un 25% de materia seca de FVH (Juarez et al., 2013).

3.2.2.2. Calidad del forraje

“El FVH, posee una alta calidad y palatabilidad, con alto valor nutritivo debido a la germinación de los granos. El FVH es rico en vitaminas A y E, contiene carotenoides, y, además, importantes cantidades de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta debido a baja presencia de lignina y celulosa” (Meza, 2005).

3.2.2.3. Inocuidad

El forraje verde hidropónico se dirige a un pasto perfecto e inofensivo sin la presencia de organismos y bichos. Garantiza la admisión de un pienso conocido por su beneficio dietético y su calidad estéril (FAO, 2001). Utilizando el FVH, las criaturas no comerán hierbas dañinas o campos que arruinen o perjudiquen los procesos de digestión y retención.

3.2.2.4. Rendimientos

Se ha evaluado que 170 m² de áreas con placa medida en 4 pisos para el FVH donde se emplea avena son comparables a 5 hectáreas con la obtención regular de forraje de especies similares. Por cada kilogramo de semilla plantada, se deben recolectar de 6 a 8 kilogramos de nuevo FVH fresco (Quispe, 2012).

3.2.2.5. Eficiencia en el uso del espacio

El forraje verde hidropónico puede ser instalado en módulos, de dirección horizontal, lo cual optimiza el uso del espacio (Gomez, 2007). Así, en 12 m² se puede producir la misma cantidad de FVH que se produce en una hectárea de terreno (Castro et al., 2012).

3.2.2.6. Costos de producción

El gasto por superficie es múltiples veces menor que el de una región, llegando a ser hasta 10 veces menor, para la producción de cualquier pasto en espacios abiertos, que se ejemplifica por la forma en que 75 m² de creación de FVH tiene lo que podría ser comparado con 3 ha de tierra agraria para el desarrollo de alfalfa (Romero et al., 2009).

3.2.2.7. Eficiencia en el tiempo de producción

Dependiendo del entorno, la semilla permanece en las placas de 10 a 14 días, por lo que, de forma constante, un espacio similar puede producir varias veces más, en cuanto a la cantidad de plantas y de 30 a 36,5 veces más en cuanto al tiempo de elaboración. En 100 m², se pueden elaborar hasta 300 Kg de FVH cada día (Tello, 2013).

3.2.3. Desventajas del forraje verde hidropónico

Las principales limitaciones observadas en un sistema de producción FVH son:

3.2.3.1. Desinformación y sobrevaloración de la tecnología

Los proyectos de FVH conocidos como "llave en mano" se ofrecen a los productores sin conocer las necesidades específicas del entorno. Hay que recordar que, por ejemplo, para la elaboración de FVH sólo se necesita un abono foliar quelado que contenga, además de los suplementos fundamentales para el metabolismo de la planta, un compromiso esencial de 200 partes por millón de nitrógeno. Además, el desarrollo del FVH es una acción constante y exigente en cuanto a los cuidados, lo que sugiere una responsabilidad sustancial por parte del fabricante. La ausencia de información y de datos directos se convierte en un inconveniente, como en el caso de la innovación de la agricultura familiar empleando la hidroponía (FAO, 2001).

3.2.3.2. Costo de instalación elevado

Un inconveniente que muestra este método es la elevada inversión en cuanto a los implementos necesarios para su funcionamiento. No obstante, ciertos datos demuestran que, al emplear invernáculos hortícolas comunes, se pueden obtener resultados muy favorables (FAO, 2001)

3.2.3.3. Bajo contenido de materia seca

Generalmente, el FVH tiene una concentración de materia seca baja, que se aborda mediante la adición de diferentes rastrojos o alimentos concentrados para mejorar el reparto en el cuidado del ganado lechero (Juarez et al., 2013).

3.2.4. Factores que Influyen en la producción de FVH

3.2.4.1. Calidad de la Semilla

Aunque todo depende del coste y la accesibilidad, no hay que descartar la calidad. Utilizar semillas menos caras, o cultivos extraños, puede suponer una economía falsa, bombardeando así la nueva búsqueda (FAO, 2001).

El nivel básico de germinación de la semilla debe ser del 70-75%; debe ser impecable y la pieza no debe contener semillas rotas o de otros cultivos comerciales, ni se pueden utilizar semillas tratadas con agentes insecticidas o fungicidas (Condori, 2015)

Por otra parte, la utilización de semillas garantizadas no está prescrita debido al gasto significativo que supone en comparación con las semillas de origen rudimentario, estas semillas deben tener una tasa de germinación decente para mantenerse lejos de correr riesgos en la elaboración de FVH. Deben estar exentas de piedras, paja, tierra, semillas rotas y semillas de diferentes plantas (Aquino, 2010).

3.2.4.2. Iluminación

La iluminación es vital porque, si no hubiera luz dentro de las áreas cercadas para la FVH, la capacidad fotosintética no podría satisfacerse y, en consecuencia, no habría obtención de biomasa. La radiación basada en la luz solar es fundamental para el desarrollo de las plantas, no obstante, debe considerarse una gran administración de la luz en las distintas fases de la mejora de las plantas (FAO, 2001).

En caso de que no hubiera luz dentro de las áreas cercadas para el FVH, la capacidad fotosintética no podría ser satisfecha por las células vegetales de las hojas y, en consecuencia, no habría producción de biomasa. La radiación solar es, por lo tanto,

esencial para el desarrollo de las plantas, al igual que el avance de la obtención de metabolitos esenciales como las vitaminas, que será de importancia crucial para la alimentación de los animales (Meza, 2005).

Además, no está prescrito poner la bandeja directamente en la luz del día, ya que puede producir una evapotranspiración más prominente y consume de las puntas de las hojas. Para evitarlo, se debe utilizar una red que proporcione sombra entre el 50% y el 70% (Aquino, 2010).

3.2.4.3. Temperatura

La temperatura es uno de los principales factores en la producción de FVH, lo que sugiere un control adecuado de la misma (FAO, 2001). La temperatura debe mantenerse tan constante como sea posible, ya que las bajas temperaturas impiden el desarrollo, y las altas temperaturas en combinación con un alto índice de humedad pueden causar problemas fitosanitarios como la presencia de organismos. El alcance ideal para el desarrollo de los granos de cereales y de avena se sitúa en el rango de 15°C y 30°C (Aquino, 2010).

Es importante tener un termómetro de máxima y mínima medida para el control diario de la temperatura y para distinguir rápidamente los posibles problemas debido a las variedades del rango de temperatura ideal (Palomino, 2008).

3.2.4.4. Humedad Relativa

El agua es una de las principales variables en la elaboración de FVH. La humedad que necesita la planta viene dada por el sistema de agua. El rango ideal de humedad relativa se encuentra entre el 60% y el 80% (Aquino, 2010).

Valores superiores al 90%, sin una gran ventilación en el clima, pueden provocar auténticos problemas fitosanitarios fundamentalmente por enfermedades fúngicas. La circunstancia contraria (ventilación excesiva) provoca la desecación del clima y una reducción crítica en curso debido a la desecación de la cosecha. Asimismo, se prescribe hacer viable la humedad relativa con la temperatura ideal, ya que ésta es una de las claves para lograr una creación fructífera de FVH (FAO, 2001).

3.2.4.5. Calidad de agua para riego

La calidad del agua para el sistema de agua es imprescindible en la elaboración de FVH donde esta depende de su potabilidad. Su punto de partida puede ser el agua de pozo, el agua de lluvia o el agua del grifo. En caso de que el agua accesible no sea consumible, el FVH resultante será pésimo, por lo que no se puede ignorar la calidad del agua (FAO, 2001).

3.2.5. Proceso de producción de forraje verde hidropónico

3.2.5.1. Selección de la semilla

Las semillas no garantizadas son ideales ya que son económicas, deben de provenir de parcelas limpias y estar libres de malas hierbas, no deben utilizarse semillas tratadas con fungicidas, deben de tener un contenido de humedad del 12%. (Santander, 2006).

Deben estar exentas de piedras, paja, tierra, semillas quebradas y semillas de diferentes plantas (Aquino, 2010), para lo cual se hace una selección manual de las semillas para eliminar todas las que estén en mal estado, las semillas quebradas y los agentes desconocidos (Vargas, 2008).

3.2.5.2. Lavado y desinfección de la semilla

Se recomienda que antes de proceder a desinfectar los granos, se debe inundar el grano en un tanque o recipiente, con el fin de retirar todo el material que flote, como lanas, basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impurezas (Gómez, 2007).

Las semillas atraviesan un proceso de desinfección usando hipoclorito de sodio al 1% en una proporción de 10:1000 con el objetivo de eliminar microorganismos dañinos que podrían afectar a los cultivos próximos. El tiempo oscila entre 30 segundos a 3 minutos, los cuales deben ser medidos rigurosamente ya que un exceso provoca daños a las semillas. Además de que estas deben ser bien enjuagadas con agua limpia al terminar el proceso (Ramirez, 2015).

3.2.5.3. Remojado de la semilla

Esta fase implica sumergir completamente las semillas en agua limpia durante un máximo de 24 horas para garantizar una hidratación completa. Finalizado las 24 horas de remojo (escurrirlas), orearlas durante 1 hora (FAO, 2001).

3.2.5.4. Siembra y densidad

Las densidades ideales de semillas para sembrar oscilan entre 2,2 kg y 4 kg por metro cuadrado. Para la siembra, se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no debe ser mayor a 1,5 cm de altura o espesor” (FAO, 2001).

3.2.5.5. Germinación

Durante esta fase las plantas sufren cambios químicos y enzimáticos por el metabolismo bioquímico y proceso de crecimiento normal a condiciones de humedad de 65 – 70%, aireación y temperatura que oscila entre 21 a 25° (Ramirez, 2015)

Para este proceso se tiene que tener en cuenta algunas pautas, como colocar una capa de papel (diarios o revistas) que será humedecidos y cubrieron con forro plastificado de color negro. Finalmente, una vez sean reveladas indicios de brotación completamente, se procede a retirar el forro plástico y el papel respectivamente (Arzola, 2001).

Por otra parte, es crucial emplear envases de plástico para evitar la contaminación de las semillas y cubrirlas con la cantidad de agua adecuada 0,8 a 1 litro de agua por kilo de semilla (FAO, 2001) .

3.2.5.6. Riego

En el proceso de riego debe emplearse agua potable, en caso de que no dispongamos de ella se puede emplear 2 gotas de hipoclorito de sodio por cada litro de agua que se usara para este proceso. Es importante usar solo aparatos para el riego como micro aspersores, nebulizadores o una mochila de mano con el objetivo de oxigenar el agua correctamente y evitar los excesos de agua que podrían traer consigo perjuicios como asfixia radicular, hongos y procesos de descomposición de las plantas (Pautrat, 2008).

Durante los primeros 4 días se debe emplear una cantidad de agua comprendida entre 0,5 litros por metro cuadrado a 0,9-1,5 litros por metro cuadrado. Además de tener en cuenta las condiciones ambientales del lugar donde se realiza el cultivo y su requerimiento del mismo, donde un indicador es no aplicar riego cuando las hojas se encuentran ligeramente húmedas, asimismo su masa radicular (Ramirez, 2015).

Otro parámetro a tener en cuenta es el número de aplicaciones por día, la cual debe estar dividida en fracciones en diferentes horas del día. Lo recomendable es emplear un

volumen diario seccionad en 6 a 9 aplicaciones por día con una duración máxima de 2 minutos (Ramirez, 2015)

3.2.5.7. 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 14 días dependiendo de las condiciones climáticas para obtener el forraje con una altura de 20 a 25 cm, formando hojas y tallos de alta calidad nutritiva y listo para la cosecha (Siza, 2013).

3.2.5.8. Cosecha y rendimiento

La cosecha se realiza cuando la plántula alcanza una altura de 20 a 30 cm, sugerida para el aprovechamiento del consumo animal (Dosal, 1987).

Esto incorpora además la biomasa completa que se encuentra en una bandeja plástica, esta biomasa incorpora hojas, tallos, la abundante alfombra de raíces, semillas no germinadas y semillas semi germinadas. Otra investigación sugiere que la recolección debe ser posible entre los días 12 y 14, sin embargo, suponiendo que hay una deficiencia de alimentos, una recolección temprana debe ser posible en algún lugar en el rango de 8 y 9 días. Por otra parte, demuestra que los ciclos extremadamente largos no serían ventajosos debido a la disminución de la calidad del FVH obtenido (FAO, 2001).

3.3. SEMILLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

3.3.1. Cebada (*Hordeum vulgare*)

La cebada (*Hordeum vulgare*), que se utiliza esencialmente como alimento, se utiliza actualmente en las naciones evolucionadas en un 75% a 80% de su elaboración para la

alimentación de animales y en algún lugar en el rango de 20% y 25% para la creación de malta (Sanchez et al., 2000).

Se caracteriza por tener un grano amarillo medio, espiga mínima, su ciclo vegetativo difiere entre 150 días, es empleada en su forma tierna como alimento y seco para el negocio de fermentación (Ramirez, 2015).

Tabla 6. Composición química del grano de cebada (*Hordeum vulgare*)

Grano	Materia Seca	Proteína %	Ceniza %	Extracto etéreo	Fibra %	ELN %
Cebada	89,00	11,60	2,40	1,80	5,10	79,10

Fuente: (Church, 1998)

3.3.2. Vicia (*Vicia sativa*)

La vicia (*Vicia sativa*) es una hortaliza anual, con hojas imparipinnadas, a pesar de que con el foliolo terminal se transforma en un zarcillo. Es local en el centro y sur de Europa y en el norte de África. Se desarrolla normalmente en regiones de ambiente mediterráneo o con impacto mediterráneo e inviernos no helados. Como anual, soporta impecablemente la sequía, a pesar de que es algo solicitante de precipitaciones durante su periodo vegetativo, sobre todo en primavera. No obstante, no soporta los encharcamientos, y en ambientes húmedos es muy sensible a diferentes enfermedades. Puede vivir en suelos muy variados; sin embargo, se desarrolla inadecuadamente en suelos pesados, arcillosos y encharcados. Como prácticamente todas las hortalizas, el fósforo y potasio es predominante, y responde bien a la preparación con estos suplementos. Es erguida y tiene anillos, por lo que resulta adecuado combinarla con cereales que crecen simultáneamente, o algo antes, para que la vicia envuelva al cereal

como guía. Asimismo, la combinación tiene una pieza bromatológica muy ajustada. De este modo, la vicia se planta mezclada con la avena, a grandes rasgos, o con el cereal. Generalmente se recoge por corte y henificación. Su grano se utiliza de vez en cuando como concentrado de proteínas. La siembra se realiza típicamente en otoño, con los principales aguaceros, aunque también debería ser posible hacia el final del invierno con surtidos de vicia y avena de ciclo corto. La dosis de siembra, en columnas o al voleo, suele rondar los 150 kg/ha, aunque las dosis de vicia y grano pueden fluctuar. La práctica habitual, por razones de costumbre y coste, es utilizar 100 kg/ha de grano y 50 kg/ha de vicia (San Miguel, 2007).

3.3.2.1. Composición química de la vicia

La vicia (*Vicia sativa*) se caracteriza por su alto contenido en proteínas (25-28%), lisina (6% del peso corporal) y treonina (3,5% del peso corporal), pero carece de metionina y aminoácidos azufrados. La capacidad absorbente de los aminoácidos fundamentales es como la del guisante y menor que la de la soja. La agrupación de FDN (14%) y FB (5-8%) es como la de otros granos de leguminosas. Tiene un contenido aparente de almidón y azúcar (39-42%) y un bajo grado de grasa (1,5-2%). Su sustancia mineral es escasa, principalmente Ca, Na y Mg. La vicia es un fijador apropiado en los piensos para rumiantes, donde muy bien puede utilizarse en torno a niveles del 25% de la proporción completa, aunque su utilización debe limitarse en las vacas lecheras a causa de la posible transmisión de un sabor desagradable a la leche y al queso. En los cerdos, se han evidenciado constipación y dermatitis, por lo que el grado de incorporación debe restringirse al 3-5%, y sólo en los pastos de animales de más de 30-35 kg. En las aves de corral, no se sugiere su utilización. Sea como fuere, la vicia es una fijación

fundamental en la alimentación de las palomas, donde niveles superiores a la mitad no muestran indicios de nocividad (Bernal & De la Cruz, 2005).

3.3.3. Arveja

La arveja (*Pisum sativum*) como planta desarrollada comenzó probablemente en Etiopía, desde donde se extendió al mediterráneo, desde ese punto al continente asiático y a zonas templadas de todo el planeta (Montory, 1995).

En el continente americano se dice que el guisante fue presentado presumiblemente por los españoles. Las principales regiones del Perú para el desarrollo de la arveja se sitúan en los países altos, en el rango de 1600 y 3000 m sobre el nivel del mar. En el norte, se desarrolla fundamentalmente en los territorios de Cajamarca, La Libertad y Ancash; en el centro, en las regiones de Tarma, Jauja, Huancayo, Huánuco y Ayacucho; en el sur, en Paucartambo, Paruro y en las regiones del ramal de Arequipa (Bocanegra & Echandi, 1969).

Es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas (papilionáceas), cuando se produce el surgimiento de las plantas, la radícula presenta a partir de ahora unas raíces facultativas, este entramado generalmente logra un desarrollo decente antes de la disposición de la tercera hoja, asimismo demuestra que el tallo primario es vacío y excepcionalmente delicado en la base, engrosándose lógicamente hacia la parte superior, dependiendo de la precocidad del cultivar, puede irradiar de 6 a 20 nudos vegetativos por cada planta. Los cultivares precoces tienen de 6 a 8 nudos vegetativos, los semi adelantados de 9 a 11, los semi tardíos de 12 a 14 y los tardíos de 15 a adicionales. Las plantas de arvejas tienden a ramificarse basalmente desde los dos nudos iniciales, que son los que crean las brácteas trifidas (Toro, 1996).

Tabla 7. Composición nutritiva de la arveja.

Humedad	88,07%
Carbohidratos	4,32%
Fibra Total	3,79%
Proteína	22,6%
Cenizas	0,49%

Fuente: (Trujillo, 2010)

3.4. ASOCIACIONES DE FORRAJES

La relación de al menos dos especies plantas productoras de piensos establece una combinación de plantas con necesidades y cualidades diversas, pero que pueden ser recíprocas, teniendo, además, una creación superior o idéntica a la del desarrollo no adulterado de cada uno de los constituyentes (Candia, 2011).

La razón de los rendimientos relacionados es dar la proteína y la energía fundamentales para cumplir los requisitos saludables del animal que lo consume (Merchant & Solano, 2016).

3.4.1. Asociación gramínea-leguminosa

La relación de gramíneas y leguminosas se realiza con el objetivo de crear más pastos verdes que al hacerlos individualmente. El objetivo de cultivar leguminosas en combinación con gramíneas es aumentar el rendimiento, desarrollar más la calidad del pasto y hacerlas más aceptables y absorbibles para los animales (Choque, 2005).

El fundamento del cultivo simultáneo es que las gramíneas tienen un beneficio saludable decente en carbohidratos, sin embargo, su nivel de proteína en el tiempo de reunión no es realmente tan alto como el de las leguminosas, por tanto, es excepcionalmente útil

para conectar una gramínea con una leguminosa, para construir el beneficio saludable y aumentar sus nutrientes esenciales (Miranda, 2008).

3.4.2. Asociaciones en forraje verde hidropónico

La calidad de la elaboración de FVH en cuanto a materia natural (%) y proteína bruta (%) se ve afectada por las afiliaciones y por el grado de proporción leguminosa-gramíneas. Además, las combinaciones de este tipo de plantas son significativa ya que es más satisfactoria para los animales (Valverde, 2015).

3.4.3. Glosario de términos.

- **Forraje verde hidropónico (FVH).** Sistema de producción de forraje a partir de la germinación de semillas. (FAO, 2001)
- **Asociado.** Combinación de diferentes especies de plantas forrajeras para mejorar la calidad, composición nutritiva y productividad del forraje. (Candia, 2011)
- **Composición química.** Cuantificación de los elementos y compuestos químicos que constituyen un alimento. (Church, 1998)
- **Rendimiento.** Cantidad de producto obtenido por unidad de área cultivada. (Juarez, y otros, 2013)
- **Análisis bromatológico.** Estudio que se realiza para determinar la composición química y nutricional de un alimento. (Church, 1998)
- **Materia seca (MS).** Es el contenido de sólidos de un material o producto excluyendo el agua y otros líquidos. (Church, 1998)
- **Proteína total (PT).** Cantidad total de proteínas presentes en un alimento. (Church, 1998)

- **Extracto etéreo (EE).** Cantidad de grasas y aceites presentes en un alimento. (Church, 1998)
- **Extracto libre de nitrógeno (ELN).** Cantidad de nutrientes no proteicos y no fibrosos presentes en un alimento. (Church, 1998)
- **Fibra cruda (FC).** Componente de los alimentos que se refiere a la parte no digerible de las plantas. (Church, 1998)
- **Ceniza (C).** Cantidad de residuos minerales que quedan después de que el alimento ha sido incinerado a alta temperatura. (Church, 1998)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LUGAR DE EXPERIMENTO

Este estudio se realizó en el Centro de Producción de Reproductores (CPR) de cuyes – Huayllapampa, perteneciente a la Dirección Regional de Agricultura del Cusco (DRAC-CUSCO), situado en el sector Pata Pata del distrito de San Jerónimo, en la región del Cusco.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro de Producción de Reproductores (CPR) de cuyes - Huayllapampa de la Dirección Regional de Agricultura –Cusco (DRAC-CUSCO), ubicado en el sector Pata pata del Distrito de San Jerónimo en la Región del Cusco.

4.1.1. Ubicación Política

- Departamento : Cusco
- Provincia : Cusco
- Distrito : San Jerónimo

4.1.2. Ubicación Geográfica.

- Latitud Sur : 13°32'38"
- Longitud Oeste : 71°53'14"
- Altitud : 3300 msnm

4.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

4.2.1. Materiales para la producción de Forraje Verde Hidropónico.

- Invernadero: El invernadero que se utilizó en el presente trabajo tuvo una dimensión de 4,00 m. de largo por 2,00 m de ancho y 2,10 m de altura, paredes y techo cubiertas con plástico de polietileno de baja densidad, piso de tierra, así mismo se contó con 2 áreas: una de germinación en el cual se tuvo una cámara totalmente cubierta por plástico negro y la otra de producción, el cual conto con un módulo hidropónico que se tuvo fue a base de fierro corrugado de 1" de 3 niveles, con una capacidad de 12 bandejas en La temperatura máxima que se tuvo dentro del invernadero fue de 29,8 °C y la mínima de 6,2 °C con una humedad relativa del 60%.
- Plástico para invernadero.
- Plástico negro.
- Bandejas plásticas.
- Baldes.
- Coladores.
- Lavadores.
- Algodón.
- Periódico.
- Hipoclorito de sodio (lejía).
- Materiales de escritorio: se utilizó un cuaderno de apunte, lapicero, papel bond A4, calculadora.
- Laptop.

- Cámara fotográfica.

4.2.2. Equipos para la producción de Forraje Verde Hidropónico.

- Pulverizador.
- Balanza electrónica
- Termómetro.
- Higrómetro.

4.2.3. Material biológico para la producción de Forraje Verde Hidropónico.

- Semilla de cebada: Las semillas de cebada fue adquirida en el mercado de productores de Vino Canchón del distrito de San Jerónimo de los stands N° 64, 69, 66, 63, 70 y 94 los cuales posteriormente fueron sometidas a una prueba de germinación, cada una de ellas con 3 repeticiones el cual se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Prueba de germinación de la cebada (*Hordeum vulgare*)

N° Stand	Muestra	Cantidad de semilla	Semillas germinadas	Semillas sin germinar	Poder germinativo	Promedio
64	1	100	75	25	75%	80%
	2	100	80	20	80%	
	3	100	85	20	85%	
69	1	100	100	0	100%	99%
	2	100	98	2	98%	
	3	100	99	1	98%	
66	1	100	84	16	84%	87%
	2	100	88	12	88%	
	3	100	90	10	88%	
63	1	100	100	0	100%	97%
	2	100	95	5	95%	
	3	100	96	4	95%	
70	1	100	99	1	99%	95%
	2	100	93	7	93%	
	3	100	96	4	93%	
94	1	100	86	14	86%	85%
	2	100	84	16	84%	
	3	100	90	10	84%	

Según la tabla N°8 se pudo comprobar que la semilla que obtuvo el mejor poder germinativo fue el del stand N°69 con un 99 % de germinación, además de presentar un buen tamaño y color dorado que lo caracteriza. Así mismo la semilla se sometió a un proceso de selección para retirar basuras, piedras, paja, tierra, semillas partidas, semillas de otras plantas o aquellas que simplemente no concuerdan con las características deseables para ser utilizadas como semillas, tal como recomienda (Aquino, 2010)

- Semilla de vicia: Las semillas de vicia fueron adquiridas en el mercado de productores de Vino Canchón del distrito de San Jerónimo de los stands N°63 y 66, los cuales posteriormente fueron sometidas a una prueba de germinación, cada una de ellas con 3 repeticiones el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Prueba de germinación de la vicia (*Vicia sativa*)

N° Stand	Muestra	Cantidad de semilla	Semillas germinadas	Semillas sin germinar	Poder germinativo	Promedio
63	1	100	97	3	97%	97%
	2	100	98	2	98%	
	3	100	95	5	95%	
66	1	100	94	6	94%	96%
	2	100	96	4	96%	
	3	100	97	3	97%	

Según la tabla N°9 se pudo comprobar que la semilla que obtuvo el mejor poder germinativo fue el del stand N°63 con un 97 % de germinación, además de presentar un gran tamaño y coloración intensa. Asimismo, la semilla se sometió a un proceso de selección para retirar basuras, piedras, paja, tierra, semillas partidas y semillas de otras plantas.

- Semilla de arveja: Las semillas de arveja fueron adquiridas en el mercado de productores de Vino Canchón del distrito de San Jerónimo de los stands N° 69, 64 y 66, los cuales posteriormente fueron sometidas a una prueba de germinación, cada una de ellas con 3 repeticiones el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Prueba de germinación de la arveja (*Pisum sativum*).

N° Stand	Muestra	Cantidad	Semillas germinadas	Semillas sin germinar	Poder germinativo	Promedio
69	1	100	100	0	100%	99%
	2	100	98	2	98%	
	3	100	99	20	99%	
64	1	100	95	5	95%	96%
	2	100	97	3	97%	
	3	100	96	4	96%	
66	1	100	84	16	84%	85%
	2	100	83	17	83%	
	3	100	88	12	88%	

Según la tabla N°10 se pudo comprobar que la semilla que obtuvo el mejor poder germinativo fue el del stand N°69 con un 99 % de germinación, además de presentar un gran tamaño. Así mismo la semilla se sometió a un proceso de selección para retirar basuras, piedras, paja, tierra, semillas partidas y semillas de otras plantas.

4.3. DURACION DEL EXPERIMENTO

4.3.1. Duración del periodo pre experimental

La etapa preexperimental comenzó con la instalación y acondicionamiento del invernadero, seguida de la adquisición de insumos necesarios para la producción de forraje verde hidropónico. Durante este tiempo, se llevó a cabo la selección de semillas,

evaluando su capacidad germinativa y pureza antes de iniciar el trabajo experimental. Esta fase tuvo una duración de un mes.

4.3.2. Duración del periodo experimental

El periodo experimental tuvo una duración de 17 días, desde el lavado, desinfección, remojado, siembra, crecimiento, cosecha y toma de muestras del forraje verde hidropónico.

4.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.4.1. Procedimiento

Para el desarrollo del trabajo de investigación se dispuso de la instalación y equipamiento del módulo para la producción del forraje verde hidropónico; por lo que, se desarrollaron las siguientes actividades:

4.4.2. Instalación del experimento

4.4.2.1. Descripción del invernadero

Se realizó una refacción del invernadero y módulo hidropónico existente en el centro de producción de reproductores de cuyes (CPR) – Huayllapampa.

4.4.2.2. Selección y evaluación de la semilla

Según la FAO (2001), se sugiere una densidad de siembra de entre 2,2 y 4 kg de semillas por metro cuadrado, asegurándose de no exceder los 1,5 cm de altura en la bandeja. Además, se recomienda realizar la cosecha entre los 10 y 15 días posteriores a la siembra, obteniendo un rendimiento de 12 a 18 kg de forraje por cada kilogramo de

semilla. En este estudio, se utilizó una densidad de siembra de 4 kg/m², no superando una altura de 1,5 cm de semilla en la bandeja recomendado en la cita anterior.

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 99% de germinación para la cebada, 97% para la vicia y 99% para la arveja se dio inicio al proceso del presente trabajo de investigación.

4.4.2.3. Pesado para el remojo

Las semillas se pesaron de acuerdo al área que vamos a sembrar para lo cual se tomó en cuenta la bibliografía (FAO, 2001), que recomienda la siembra 4 kg/m² de semilla. Para lo cual se realizó un cálculo matemático para hallar el área de la bandeja en (m²) el cual fue de 0,13 m² para lo cual se obtuvo los siguientes pesos por tratamiento que se detalla en la tabla 11:

Tabla 11. Peso de semilla por tratamiento

Tratamiento	Repetición	Peso de la semilla (kg)		
		Cebada	Vicia	Arveja
T1 (Cebada 90% + Vicia 10%)	R1	0,48	0,05	
	R2	0,48	0,05	
	R3	0,48	0,05	
T2 (Cebada (80% + Vicia 20%)	R1	0,43	0,11	
	R2	0,43	0,11	
	R3	0,43	0,11	
T3 (Cebada 90% + Arveja 10%)	R1	0,48		0,05
	R2	0,48		0,05
	R3	0,48		0,05
T1 (Cebada 90% + Arveja 20%)	R1	0,43		0,11
	R2	0,43		0,11
	R3	0,43		0,11
Total		5,44	0,48	0,48

4.4.2.4. Lavado y desinfección

Las semillas a utilizar se lavaron con bastante agua para eliminar las impurezas que quedaron flotando en la superficie y posteriormente se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (solución de lejía), diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua en el cual las semillas mencionadas anteriormente fueron sumergidas por un lapso de 3 minutos tal como recomienda (FAO, 2001). Finalmente,

las semillas se enjuagaron con abundante agua para eliminar en totalidad restos del desinfectante.

4.4.2.5. Remojado de las semillas

Se sumergió las semillas completamente en agua limpia por un período de 24 horas, cada tratamiento en su propio envase con su dosis de siembra respectiva, posteriormente se escurrió con la ayuda de un colador y finamente se realizó el oreo durante 1 hora tal como lo recomienda la (FAO, 2001)

4.4.2.6. Siembra en fase oscura

En esta etapa se distribuyó de manera uniforme las semillas en las bandejas con sus respectivas densidades de siembra para cada tratamiento y repetición las cuales se distribuyeron homogéneamente con un espesor de 1,5 cm de altura tal como recomienda la (FAO, 2001). Posteriormente se cubrió cada bandeja con papel periódico húmedo por la parte superior. En seguida se llevó al área de germinación el cual estuvo cubierta completamente por un plástico negro durante 4 días tiempo en el que la semilla llegó a brotar tal como recomienda (Arzola, 2001)

4.4.2.7. Crecimiento en fase luminosa

Al finalizar la etapa de oscuridad, las bandejas se trasladaron al módulo de luz, etapa donde las plántulas germinadas recibieron aproximadamente 12 horas luz (luz natural) y 12 horas de oscuridad, con una temperatura promedio de 21,08 °C y una humedad relativa de 60%, el crecimiento duro hasta la edad de los 14 días en la cual se realizó la cosecha del forraje verde hidropónico.

4.4.2.8. Riegos

Después de colocar las bandejas en los módulos de luz, se inició el riego con una frecuencia promedio de 4 a 6 veces al día, distribuidos cada 3 horas. Estos riegos se llevaron a cabo utilizando un pulverizador manual, considerando constantemente las condiciones climáticas, como la temperatura y la humedad relativa, que podían requerir adelantar o retrasar los riegos. El horario de riego se extendió desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde. Cabe resaltar que en el estudio no se realizó el riego con solución nutritiva durante la etapa de crecimiento por que en el presente estudio se quiso semejar a las condiciones reales de nuestros productores pecuarios los cuales muchas veces no cuentan con el dinero disponible para adquirir dichas soluciones nutritivas.

4.4.2.9. Cosecha

La cosecha se realizó a los 14 días de crecimiento con una altura promedio de 18 cm de cebada, 25 cm de vicia y 22 cm de arveja obteniendo tres capas, el tapete radicular, las semillas que no pudieron germinar y por último la capa aérea de forraje verde hidropónico.

4.4.3. Obtención de muestras de Forraje Verde Hidropónico.

Las muestras se obtuvieron mediante un corte de 10 x 10 cm al azar, con la finalidad de obtener un peso aproximado de 100 g de forraje verde hidropónico de cada tratamiento.

4.4.4. Determinación del análisis químico (laboratorio)

El análisis químico se realizó de acuerdo a las normas establecidas por la Asociación Internacional de Químicos Agrícolas (AOAC), en el Laboratorio de Análisis Químico, del

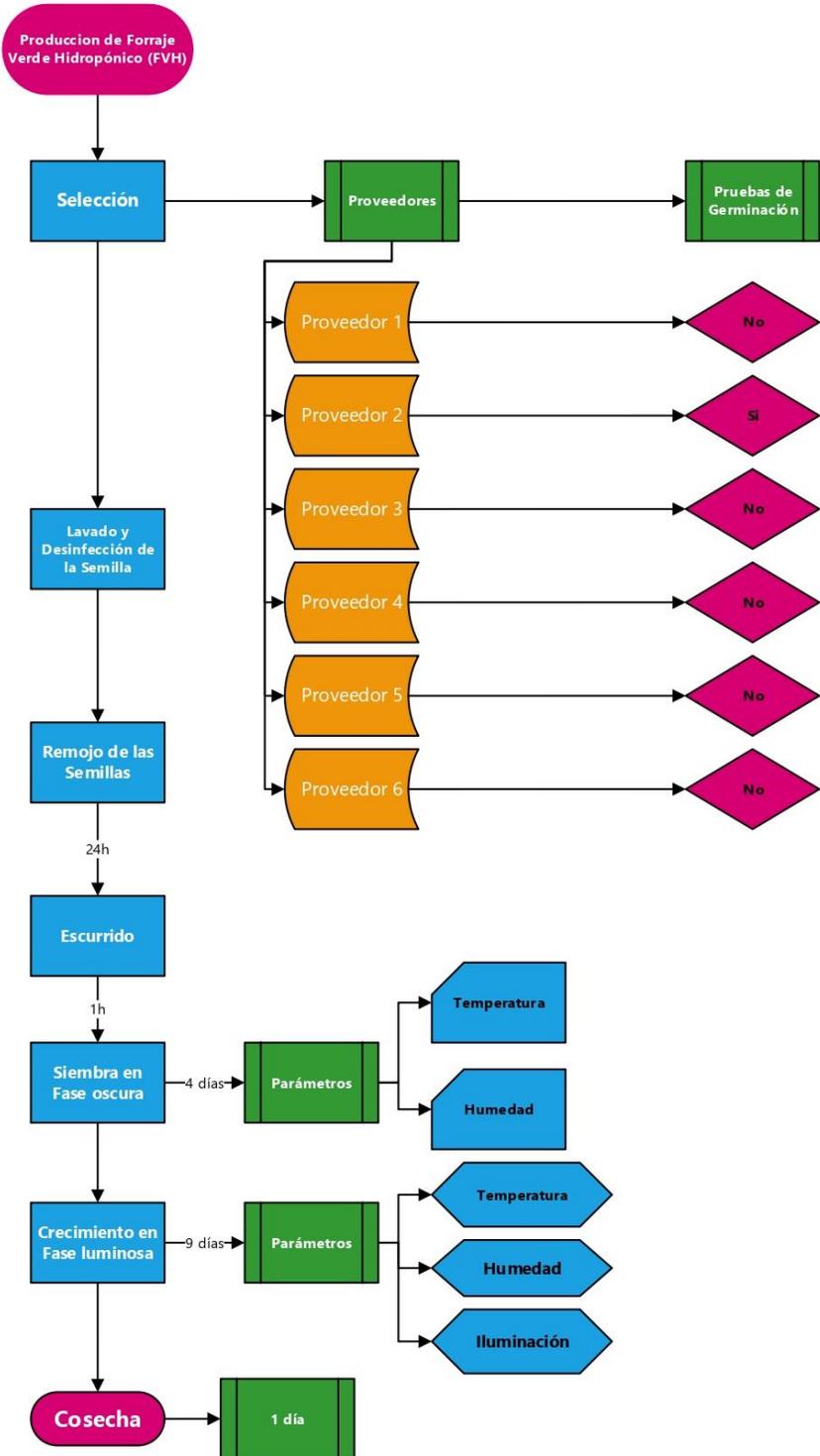
Departamento Académico de la Facultad de Ciencias Químicas, de la Universidad San Antonio Abad del Cusco donde se determinó:

- Materia seca.
- Proteína total.
- Extracto etéreo
- Extracto libre de nitrógeno.
- Fibra cruda.
- Ceniza.

4.4.5. Determinación del rendimiento de Forraje Verde Hidropónico por bandeja

Para la determinación del rendimiento de forraje verde hidropónico por bandeja, se tomó en cuenta el peso del forraje fresco por bandeja y el peso de la semilla utilizada por bandeja con la ayuda de una balanza. El rendimiento obtenido se expresó por unidad de área de bandeja (kg/m^2).

Figura 1. Flujograma de Procedimiento de Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH)



4.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.5.1. Variables de Estudio

4.5.1.1. Variable independiente o en estudio

- Densidad de siembra y tipo de asociado.

4.5.1.2. Variables dependientes

Porcentaje de:

- Materia seca (MS)
- Proteína total (PT)
- Extracto etéreo (EE)
- Ceniza(C).
- Fibra (FC).
- Extracto libre de nitrógeno (ELN)

Rendimiento de FVH a los 14 días en kg/m²

4.6. TRATAMIENTOS Y REPETICIONES

En este estudio se analizaron 4 tratamientos, cada tratamiento tuvo 3 repeticiones y cada repetición, contando con un total de 12 unidades experimentales (bandejas forrajeras), que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 12. Distribución de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Repeticiones
T-1	Forraje verde hidropónico con 90% de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) asociado con 10% vicia (<i>Vicia sativa</i>).	3
T-2	Forraje verde hidropónico con 80% de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) asociado con 20% vicia (<i>Vicia sativa</i>).	3
T-3	Forraje verde hidropónico con 90% de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) asociado con 10% arveja (<i>Pisum sativum</i>).	3
T-4	Forraje verde hidropónico con 80% de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) asociado con 20% arveja (<i>Pisum sativum</i>).	3

4.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue una bandeja de producción de forraje verde hidropónico, cuyas dimensiones son 43 cm de largo por 31 cm de ancho y 2 cm de altura. El área total de la bandeja corresponde a 1,333 cm².

Tabla 13. Distribución de los tratamientos en el módulo hidropónico

Piso	Tratamiento y Repetición			
3	T1 R1	T4 R2	T3 R3	T2 R3
2	T2 R1	T3 R2	T4 R3	T1 R2
1	T3 R1	T2 R2	T1 R3	T4 R1

Donde:

T: Tratamiento (1,2,3,4)

R: Repetición (1,2,3)

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques completos con arreglo factorial de 2 x 2, donde se tiene dos asociados (cebada – vicia) (cebada – arveja) y dos niveles (90:10) (80:20); es así que la comparación de medias entre tratamientos, se realizó mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, con un margen de error de 5% para determinar la superioridad existente de los diferentes tratamientos en estudio. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A * B)_{ij} + Bloque_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación individual en el i-ésimo tratamiento y la j-ésima repetición

μ = Efecto de la media general del experimento.

A_i = Efecto del factor de sembrío asociado (vicia, arveja)

B_j = Efecto del factor concentración (10%, 20%)

Bloque k = se tomará como efecto bloque a los pisos de siembra tres bloques

$(A * B)_{ij}$ = Efecto de la interacción de i-ésimo del factor proporciones (90% cebada y 10% vicia; 80% cebada y 20% vicia; 90% cebada y 10% arveja; 80% y 20% arveja)

ε_{ij} = Error experimental asociado a la observación ij-ésimo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. EVALUACIÓN DEL ANALISIS BROMATOLOGICO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO EN SUS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Se realizó el análisis bromatológico para cada tratamiento, los cuales fueron transformados de base fresca a base seca, cada uno con sus respectivas repeticiones en el cual se determinó los porcentajes de, materia seca, proteína total, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno.

5.1.1. Materia Seca

En la tabla N°14 se muestran los promedios de los porcentajes de materia seca en sus diferentes tratamientos obtenidos en el análisis bromatológico.

Tabla 14. Porcentaje de materia seca

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
R1	12,17	12,37	15,05	12,62
R2	12,49	10,61	12,04	12,42
R3	10,22	14,46	14,76	12,30
TOTAL	34,88	37,44	41,85	37,34
PROMEDIO	11,627	12,480	13,950	12,447
DS	1,229	1,927	1,660	0,162
CV (%)	10,568	15,444	11,903	1,299

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja,

T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Según la tabla N°14 el tratamiento 3 fue el que mejor porcentaje de materia seca obtuvo con 13,950 % seguido por el tratamiento 2 con 12,480 % los cuales nos indican que los porcentajes encontrados son independientes a la especie o asociación empleada. El dato obtenido en el tratamiento 1 difiere al dato obtenido por Quillahuaman y Condori (2019),

donde utilizaron fertilizantes a base de ormus en la etapa de crecimiento, en el cual registro un valor de 13,85% de materia seca en su tratamiento 6 (90% cebada + 10% vicia) . Esta diferencia con el presente estudio se debe a que el autor mencionado utilizó soluciones nutritivas en la etapa de crecimiento mas no en el presente estudio.

5.1.2. Proteína total.

En la tabla N°15 se muestran los promedios de los porcentajes de proteína total en sus diferentes tratamientos obtenidos en el análisis bromatológico.

Tabla 15. Porcentaje de proteína total.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
R1	9,45	11,24	8,97	12,60
R2	9,93	12,72	10,63	11,84
R3	12,72	14,18	9,89	12,93
TOTAL	32,10	38,14	29,49	37,36
PROMEDIO	10,70	12,71	9,83	12,45
DS	1,766	1,470	0,832	0,560
CV (%)	16,510	11,564	8,465	4,495

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja,

T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Según la tabla N°15 se muestra que el tratamiento 2 fue el que mejor porcentaje de proteína obtuvo con 12,71 % seguido por el tratamiento 4 con 12,45 % los cuales nos indican que el contenido de proteína se ven favorecido con la mayor inclusión de la leguminosa sea vicia o arveja. Comparando los porcentajes de proteína, el tratamiento 1 difiere del valor registrado por Quillahuaman y Condori (2019), el cual registro un 12,62% de proteína en su asociado de 90% de cebada con 10 % de vicia, teniendo en cuenta que los autores agregaron niveles de fertilizantes; sin embargo, tales valores son también diferentes a los reportados por Conza (2020) que obtuvo un valor de 13,90% en su

asociado de 80% de cebada con 20% de vicia al utilizar un sistema hidropónico más tecnificado y automatizado en cuanto al riego y la iluminación. Esta diferencia con el presente trabajo se debe a ambos autores utilizaron soluciones nutritivas en la etapa de desarrollo mas no se utilizó en la investigación.

5.1.3. Extracto etéreo.

En la tabla N°16 se muestran los promedios de los porcentajes de extracto etéreo en sus diferentes tratamientos obtenidos en el análisis bromatológico.

Tabla 16. Porcentaje de extracto etéreo.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
R1	3,78	4,12	2,92	2,85
R2	3,76	4,71	3,74	2,74
R3	4,11	3,32	2,85	3,17
TOTAL	11,65	12,15	9,51	8,76
PROMEDIO	3,88	4,05	3,17	2,92
DS	0,195	0,699	0,494	0,224
CV (%)	5,032	17,258	15,590	7,684

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja,
T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Según la tabla N°16 el mayor porcentaje de extracto etéreo lo obtuvo el tratamiento 2 con 4,05% de extracto etéreo seguido por el tratamiento 1 con 3,88 % el cual nos indica que al asociar cebada con vicia nos dará como resultado un mejor porcentaje de extracto etéreo, garantizando una fuente de energía, absorción de vitaminas y mantenimiento de la salud de los animales.

5.1.4. Fibra cruda.

En la tabla N°17 se muestran los promedios de los porcentajes de fibra cruda en sus diferentes tratamientos obtenidos en el análisis bromatológico.

Tabla 17. Porcentaje de fibra cruda

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
R1	30,07	32,82	23,39	31,22
R2	28,10	35,34	29,90	31,24
R3	34,05	27,52	24,53	31,54
TOTAL	92,23	95,69	77,81	94,00
PROMEDIO	30,74	31,90	25,94	31,33
DS	3,030	3,991	3,478	0,182
CV (%)	9,856	12,513	13,409	0,581

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja,

T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Según la tabla N°17 el tratamiento 2 es el que mejor resultado obtuvo con 31,90 % de fibra cruda seguido por el tratamiento 4 con 31,33 %, el cual indica que el porcentaje de fibra cruda se ve favorecido con la mayor inclusión de la leguminosa sea vicia o arveja. Al comparar con otros estudios, el T2 tuvo un valor diferente a lo reportado por Navarrete (2008), quien registro un porcentaje de 7,25% al estudiar la productividad de dos gramíneas y una leguminosa para forraje verde hidropónico y se realizó la cosecha a los 11 días. Por otro lado, se evidencia que el tratamiento 4 fue superior al valor reportado por Romero (2017), donde asoció diferentes niveles de cebada con arveja, en el cual obtuvo un valor de 1,71% de fibra cruda. La diferencia con respecto a los datos obtenidos en el presente estudio es porque en el trabajo se asoció una gramínea con una leguminosa ambas combinadas en una misma bandeja a diferencia de los dos autores que cultivaron cebada pura y arveja cada una en su respectiva bandeja, evidenciándose un mejor rendimiento en comparación al cultivo individual.

5.1.5. Ceniza.

En la tabla N°18 se muestran los promedios de los porcentajes de ceniza en sus diferentes tratamientos obtenidos en el análisis bromatológico.

Tabla 18. Porcentaje de ceniza

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
R1	2,55	3,23	2,86	3,72
R2	2,56	3,49	2,99	3,62
R3	3,13	2,90	3,12	4,07
TOTAL	8,24	9,63	8,96	11,41
PROMEDIO	2,75	3,21	2,99	3,80
DS	0,333	0,292	0,130	0,232
CV (%)	12,120	9,106	4,341	6,086

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja,
T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Según la tabla N°18 se puede indicar que el mayor porcentaje de ceniza se encontró en el tratamiento 4 con 3,80 % seguido por el tratamiento 2 con 3,21 % los cuales nos indican que el contenido de ceniza se ven favorecido con la mayor inclusión de la leguminosa sea vicia o arveja. En consecuencia, el porcentaje de ceniza encontrado en el tratamiento 4 difiere de los valores registrados por Rosario (2018) y Contreras et al. (2015), los cuales se sitúan entre 0,52% y 3,39% de ceniza esto debido a que las cosechas lo realizaron a los 20 y 18 días de crecimiento a diferencia del presente estudio en el cual la cosecha se realizó a los 14 días.

5.1.6. Extracto Libre de Nitrógeno.

En la tabla N°19 se muestran los promedios de los porcentajes de extracto libre de nitrógeno en sus diferentes tratamientos obtenidos en el análisis bromatológico.

Tabla 19. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
R1	54,15	48,59	61,86	49,60
R2	54,84	43,73	52,74	50,56
R3	45,99	52,07	59,62	48,29
TOTAL	154,98	144,39	174,22	148,46
PROMEDIO	51,66	48,13	58,07	49,49
DS	4,925	4,190	4,752	1,140
CV (%)	9,533	8,705	8,183	2,304

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja,
T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Según la tabla N°19 el tratamiento 3 y tratamiento 1 fueron los que mejores resultados obtuvieron en cuanto al porcentaje de extracto libre de nitrógeno con 58,07% y 51,66% respectivamente los cuales nos indican que la adición de cebada en mayor porcentaje favorece al incremento de extracto libre de nitrógeno. En comparación con otros trabajos de investigación el tratamiento 1 no presentó proximidad con Navarrete (2008) que realizó la cosecha a los 11 días, este registro un 53,17% de extracto libre de nitrógeno a diferencia del presente estudio en el cual la cosecha se realizó a los 14 días.

5.2. RENDIMIENTOS DE COMPONENTES DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

5.2.1. Rendimiento de materia seca.

En la tabla N°15 se muestran los promedios de los rendimientos de materia seca por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico a los 14 días de corte.

Tabla 20. Rendimiento de materia seca (kg/m²)

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	3,126	3,034	2,853	3,100
II	2,998	2,431	3,039	2,883
III	2,380	3,508	3,459	3,100
TOTAL	8,504	8,973	9,352	9,083
PROMEDIO	2,835	2,991	3,117	3,028
DS	0,399	0,540	0,311	0,125
CV (%)	14,074	18,052	9,963	4,133

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad no influyen en el rendimiento de materia seca (sig.=0,61), del mismo modo, el factor bloque no muestra un efecto significativo (sig.=0,63) (ver Anexo 02), a pesar de ello se evidencia que el tratamiento T3 presenta un rendimiento de MS ligeramente superior a los otros tratamientos con 3,117 kg/m²; este valor no concuerda con Vera (2002), quien reportó 8,77 kg/m² de rendimiento de MS al utilizar densidades de 70% de cebada y 30% de vicia y utilizar fertilizante en su etapa de crecimiento; este valor presentó variaciones respecto a lo obtenido por Contreras et al. (2015) quien asoció 40% cebada y 60% arveja el cual realizo la cosecha a los 15 días, a partir de ello registró 0,258 kg/ m²; esto podría deberse a que la asociación entre la gramínea y fabácea fue igual en las densidades estudiadas (90/10 y 80/20), que indica que al estado fenológico de cosecha de las especies tuvieron un rendimiento de materia seca similar. La diferencia de los datos obtenidos con el primer autor se debe a que este utilizó fertilizante en la etapa de crecimiento mas no en el presente estudio.

5.2.2. Rendimiento de proteína total

En la Tabla N°16 se representan los promedios del rendimiento de proteína total por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico.

Tabla 21. Rendimiento de proteína total (kg/m²)

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	0,295	0,341	0,256	0,391
II	0,298	0,309	0,323	0,341
III	0,303	0,498	0,342	0,401
TOTAL	0,896	1,148	0,921	1,133
PROMEDIO	0,299	0,383	0,307	0,378
DS	0,004	0,101	0,045	0,032
CV (%)	1,253	26,344	14,742	8,418

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad no muestran diferencias estadísticas significativas sobre el rendimiento de proteína total (sig.= 0,82), del mismo modo, el factor bloque no muestra un efecto significativo (sig.=0,16); sin embargo la densidad de siembra si influye en el rendimiento de Proteína total con un sig.=0,03 que es menor a P-valor de 0,05 (ver Anexo 03); es así que el T2 es ligeramente superior a los otros rendimientos con 0,38 kg/m²; este valor no se asemeja a lo obtenido por Vera (2002), quien reportó en promedio 1,75 kg/m² de proteína total al emplear densidades de 70% de cebada y 30% de vicia y utilizar fertilizante en la etapa de crecimiento. Asimismo, Ordoñez et al. (2018) obtuvo un rendimiento de 0,34 ± 0,01 kg/m² al utilizar cebada y 0,50 ml de solución nutritiva en su etapa de crecimiento, estos valores no son diferentes a lo obtenido debido a que el contenido de proteína se relaciona con el contenido de nitrógeno, el cual es proporcionado por la familia de las fabáceas o leguminosas. Por lo tanto, a densidades de siembra de 20% independientes al tipo de

semilla se evidencia mejores resultados respecto a la proteína. La diferencia de los datos obtenidos con el primer autor se debe a que este utilizó fertilizante en la etapa de crecimiento mas no en el presente estudio.

5.2.3. Rendimiento del extracto etéreo

En la tabla N°17 se observan los promedios de los rendimientos de extracto etéreo por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico.

Tabla 22. Rendimiento de extracto etéreo (kg/m²)

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	0,118	0,125	0,083	0,088
II	0,113	0,115	0,114	0,079
III	0,098	0,116	0,099	0,098
TOTAL	0,329	0,356	0,296	0,266
PROMEDIO	0,110	0,119	0,099	0,089
DS	0,011	0,006	0,015	0,010
CV (%)	9,615	4,698	15,392	10,882

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad no influyen en el rendimiento de extracto etéreo (sig.= 0,22), del mismo modo, se observa que el factor bloque no muestra un efecto significativo (sig.=0,95) sin embargo el tipo de semilla en la siembra si influye en el rendimiento de Extracto etéreo con un sig.=0,02 que es menor a P-valor de 0,05 (ver Anexo 04); donde el T2, en el cual se empleó vicia, obtuvo 0,119 kg/m² cuyo valor es ligeramente superior a los demás ; no obstante, Ordoñez et al. (2018) registró un valor semejante que fue 0,10 kg/m² al utilizar semillas de cebada + 0,50 ml de solución nutritiva en su etapa de crecimiento, este resultado muestra que el contenido de extracto etéreo está dentro de la proporción necesaria de fuente de energía.

Por lo tanto, se demuestra que el uso combinado de vicia con cebada cumple con los requerimientos mínimos de extracto etéreo que brinda suplementos nutricionales como antioxidantes, vitaminas y minerales requeridos en la nutrición animal a pesar de no haber empleado soluciones nutritivas como en otras investigaciones. La diferencia de los datos obtenidos con Ordoñez et al. (2018) se debe a que este utilizó soluciones nutritivas en la etapa de crecimiento mas no en el presente estudio.

5.2.4. Rendimiento de ceniza

En la tabla N°18 se registran los promedios de los rendimientos de ceniza por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico que se detallan a continuación:

Tabla 23. Rendimiento de ceniza (kg/m²)

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	0,080	0,098	0,082	0,115
II	0,077	0,085	0,091	0,104
III	0,074	0,102	0,108	0,126
TOTAL	0,231	0,285	0,280	0,346
PROMEDIO	0,077	0,095	0,093	0,115
DS	0,003	0,009	0,013	0,011
CV (%)	3,405	9,356	14,290	9,452

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad no influyen en el rendimiento de ceniza (sig.=0,73), del mismo modo, el efecto bloque con un sig.=0,14, pero el factor asociación y la densidad influye en el rendimiento de ceniza con una significancia de 0,0082 y 0,0060, respectivamente (ver Anexo 5), es así que el T4 obtuvo 0,115 kg/m², el cual fue ligeramente mayor a los demás tratamientos;

no obstante, este resultado es similar a lo obtenido en la investigación de Ordoñez et al. (2018), quien obtuvo un valor de 0,12 kg/m² a pesar de que utilizó solución nutritiva en su etapa de desarrollo. Por ende, los datos obtenidos señalan que el asociado de 80% de cebada con un 20% de arveja se obtiene mejores resultados con respecto a la obtención de ceniza el cual garantiza la calidad y valor nutricional del alimento. La diferencia de los datos obtenidos con Ordoñez et al. (2018) se debe a que este utilizó soluciones nutritivas en la etapa de desarrollo mas no en el presente estudio.

5.2.5. Rendimiento de fibra cruda

En la tabla N°19 se muestran los promedios de los rendimientos de fibra cruda por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico.

Tabla 24. Rendimiento de fibra cruda (kg/m²)

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	0,940	0,996	0,667	0,968
II	0,842	0,859	0,909	0,901
III	0,810	0,966	0,849	0,978
TOTAL	2,593	2,820	2,425	2,846
PROMEDIO	0,864	0,940	0,808	0,949
DS	0,068	0,072	0,126	0,042
CV (%)	7,817	7,631	15,536	4,416

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad no influyen en el rendimiento de fibra cruda (sig.=0,57), del mismo modo, el factor bloque no muestra un efecto significativo (sig.=0,94) (ver Anexo 6), a pesar de que no existe efecto de los factores sobre el rendimiento, el T4 es ligeramente mayor al T1 y T3 porque logró un rendimiento de 0,949 kg/m² pero siendo similar al T2 con 0,940 kg/m²; ambos valores no coinciden con lo reportado por Ordoñez et al. (2018) quien obtuvo 0,33 kg/m²

a pesar de que el presente autor utilizó soluciones nutritivas en su atapa de desarrollo. La diferencia de los datos obtenidos en el presente estudio se debe a que la cosecha se realizó a los 14 días a diferencia de Ordoñez et al. (2018) que la cosecha lo realizó a los 15 días. Los valores obtenidos en la investigación indican que la inclusión de una densidad del 20% se obtendrá mayor cantidad de fibra el cual garantiza la calidad de alimento.

5.2.6. Rendimiento del extracto libre de nitrógeno

La tabla N°20 presenta los promedios de los rendimientos de extracto libre de nitrógeno por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico.

Tabla 25. Rendimiento de extracto libre de nitrógeno (kg/m²)

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	1,693	1,474	1,765	1,538
II	1,644	1,063	1,603	1,458
III	1,095	1,827	2,063	1,497
TOTAL	4,431	4,364	5,430	4,492
PROMEDIO	1,477	1,455	1,810	1,497
DS	0,332	0,382	0,233	0,040
CV (%)	22,490	26,277	12,885	2,667

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad no influyen en el rendimiento de extracto libre de nitrógeno (sig.=0,43), del mismo modo, el factor bloque no muestra un efecto significativo con un sig.=0.65 que es mayor a P-valor de 0,05 (ver Anexo 7), a pesar de que no existe efecto sobre el rendimiento, el T3 logró un rendimiento de 1,810 kg/m² que es ligeramente superior a los otros tratamientos;

los resultados de la investigación reflejan que el forraje verde hidropónico cultivado posee gran contenido de carbohidratos.

5.2.7. Rendimiento de materia verde

En la tabla N°21 se registran los promedios de los rendimientos de materia verde por metro cuadrado en los diferentes tratamientos del forraje verde hidropónico.

Tabla 26. Rendimiento de materia verde del forraje verde hidropónico en los diferentes tratamientos (kg/m²).

Bloques	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	25,689	24,526	18,960	24,563
II	24,001	22,913	25,239	23,213
III	23,288	24,263	23,438	25,201
TOTAL	72,978	71,702	67,636	72,978
PROMEDIO	24,326	23,901	22,545	24,326
DS	1,233	0,865	3,233	1,015
CV (%)	5,068	3,621	14,341	4,173

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que la interacción entre la asociación del forraje verde hidropónico y densidad de siembra no influyen en el rendimiento de materia verde (sig.=0,40), del mismo modo, el factor bloque no muestra un efecto significativo (sig.=0,91) (ver Anexo 8), los promedios de rendimiento de forraje verde hidropónico son iguales estadísticamente, quiere decir que la inclusión de niveles de semilla de Fabaceas utilizadas no influyo en este aspecto. Por otro lado, se comparó con el trabajo de investigación de Conza (2020), quien registró valores menores a la presente investigación con 22,93 kg/m² al utilizar una densidad de 80% cebada y 20% vicia teniendo en cuenta que utilizo un riego automatizado por nebulización y fluorescentes en

En comparación con Conza (2020) reporto proporciones inferiores que difieren con las del presente trabajo a pesar de que utilizo un riego automatizado por nebulización y fluorescentes en la iluminación del módulo hidropónico así mismo la cosecha lo realizo a los 11 días a diferencia del presente estudio en el cual la cosecha se realizó a los 14 días.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos propuestos y las condiciones experimentales en las cuales se realizó el trabajo se concluye:

1. Los porcentajes de materia seca, extracto etéreo y ceniza son independientes a la especie o asociación empleada, en caso del porcentaje de proteína total y fibra cruda se ven favorecidos con la mayor inclusión de la leguminosa (vicia o arveja) y en relación al extracto libre de nitrógeno la mayor presencia de gramínea (cebada) presentan valores mayores.
2. El cultivo de forraje verde hidropónico con asociación de cebada con vicia y arveja tienen rendimiento similar de materia seca, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno a los 14 días de producción; sin embargo, la densidad de siembra del 20% independientes al tipo de semilla sea vicia o arveja muestra mejores resultados respecto al rendimiento de proteína total, mientras que el uso combinado de cebada con vicia presenta mejores rendimientos en cuanto al extracto etéreo de igual manera con respecto al rendimiento de ceniza se obtuvo mejores resultados al usar proporciones del 80% de cebada con 20% de arveja. En cuanto al rendimiento de materia verde las asociaciones de cebada con vicia o arveja en sus diferentes densidades, no tienen diferencia significativa estadística y se puede afirmar que la inclusión de la semilla de cebada con vicia o cebada con arveja en las diferentes densidades estudiadas no influyeron en este aspecto.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios similares de FVH asociado a otras especies de leguminosas empleadas en la alimentación animal.
2. Se recomienda realizar otros estudios de FVH considerando las mismas especies, pero con diferentes concentraciones para evaluar su impacto en la composición química y rendimiento de la materia seca.
3. Para optimizar el aprovechamiento del forraje verde hidropónico, es conveniente evaluar el rendimiento de los tallos y las hojas en distintos niveles de corte con el fin de mejorar la concentración y eficiencia en la producción de forraje verde.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, F. (2011). *Producción de Forraje Verde Hidroponico: Una alternativa para la alimentación de animales en periodos de carencia de pastos*. Lima: Soluciones Prácticas.
- Aquino, E. (2010). *Producción, manejo y uso de forraje verde hidropónico para zonas de altura*. JICA, La Paz.
- Arzola, F. (2001). *Selección de semilla para forraje hidropónico (en línea)*. Recuperado el 18 de noviembre de 2019, de <http://www.forrajeverdehidropónico.htm>
- Bernal, S., & De la Cruz, E. (2005). *Crecimiento y engorde de tres ecotipos de cuyes de la region norte*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Zootecnia, Lambayeque, Perú.
- Bocanegra, & Echandi, E. (1969). *Cultivo de las menestras en el Perú*. Ministerio de Agricultura. Misión de la Universidad de Carolina, Lima.
- Candia, G. (2011). *Producción de Festuca arundinacea Schreb sembrada sola y en mezcla con Lolium perenne L., en un andisol de la región de la Araucania*. UFT, La Paz.
- Castro, A. (2012). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/17para_cabras.pdf
- Cayllahua, F., Condori, D., Cordero, A., Veliz, M., & Contreras, J. (2015). Sustitución gradual de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) por el germinado de cebada (*Hordeum*

- vulgare) en raciones de cuyes (*Cavia porcellus* L) en la etapa de crecimiento. *Rev Complutense Cienc Vet*, 9, 7-21. doi:10.5209/rev_RCCV.- 2015.v9.n2.49601
- Choque, J. (2005). *Producción y manejo de especies forrajeras*. Puno: Universitaria.
- Church, D. (1998). *Fundamentos de Nutrición y Alimentación Animal*. Mexico.
- Condori, C. (2015) Evaluación de tres periodos de cosecha en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) para la producción de forraje verde hidropónico, en la localidad de Chuquiaguillo
- Contreras, J., Tunque, M., & Cordero, A. (2015). Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de Germinados. *Inv Vet Perú* , 9-19. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10910>
- Conza, E. (2020). "Evaluación de las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico en el centro agronómico k'ayra distrito de San Jeronimo, Provincia y Region Cusco". Cusco.
- Cordero, A., Meza, L., & Contreras, P. (2008). *Composición química y producción de forraje hidropónico de maíz amiláceo a dos edades de cosecha con tres soluciones nutritivas de urea-suplemento mineral*. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal, Lima, Perú.
- Dosal, J. (1987). *Efecto de la dosis de siembra, época de cosecha y fertilización sobre la calidad y cantidad de forraje de Avena producido bajo condiciones de hidroponía*. Universidad de Concepción, Chile.
- Dulanto, M. (1997). *Producción de Forraje verde por hidroponía*. Curso Producción de cuyes. Cajamarca: INIA.

- Espinoza, F., Argenti , G., Urdaneta , C., Araque, A., Fuentes, J., Palma, & Bello, C. (2004). Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. *Zootecnia Trop*, 22(4), 303-315.
- FAO. (2001). *Forraje Verde Hidroponico*. FAO, Santiago.
- Gomez, M. (2007). *Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes*. Tesis, Estación Experimental TUNSHI de la FCP-ESPOCH, Riobamba. Ecuador.
- Guillermo, J., Carpio, H., & Salvatierra, J. (2006). *La cuyecultura La cuyecultura buscando ganancias económicas. En: Memorias VII Congreso Latinoamericano de Cuyecultura*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Juarez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Crespo, E., Juaréz, C., & Ortiz, M. (2013). *Producción de forraje verde hidropónico*. UAN, Nayarit.
- Merchant, I., & Solano, J. (2016). *Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión*. UAEM, Morelos.
- Meza, Z. (2005). *Evaluación de variedad de maíz y densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico*. Tesis pregrado, UANL, San Nicolas.
- Miranda, F. (2008). *Influencia del mejoramiento del piso forrajero en la producción de leche en vacunos en la microcuenca San José - Azangaro - Puno*. Tesis de pregrado, UNA, Puno.
- Montory, C. I. (1995). *Proyectos de cultivos diversos, informe anual*. Zona Agraria N° 10, Huancayo.

- Naik, K., Swain, K., Cordero, A., & Singh, P. (2015). Production and utilisation of hydroponics fodder. *Indian J Anim Nutrit*, 32, 1-9.
- Navarrete, R. (2008). "*Estudio de la productividad de dos gramíneas (Hordeum vulgare y Triticum aestivum) y una leguminosa (Vicia sp.) para forraje verde hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA*". Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales ECAA, Ibarra - Ecuador.
- Ordoñez, E., Idrogo, E., & Corrales, N. (2018). Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de Hordeum vulgare. *Invet Perú*, 389-395.
- Palomino, K. (2008). *Producción de forraje hidropónico*. Lima: Editorial MACRO.
- Pautrat, W. (2008). *Producción de forraje verde hidropónico de cebada para la alimentación de cuyes*. INIA, Junín - Perú.
- Pérez, J., Mejía, J., Hernández, A., & Zamora, M. (2015). Ausencia de latencia en semillas de genotipos mexicanos de cebada (*Hordeum vulgare* L) para malta. *Rev Fitotec Mex*, 38(3), 249-255. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802015000300003&script=sci_abstract
- Quillahuaman, A. F., & Condori, M. R. (2019). "*Producción del forraje verde hidropónico con la utilización de tres tipos de ormus - en el centro agronómico Kayra - Cusco*". Cusco.
- Quispe. (2012). *Forraje Verde Hidropónico*. UNALM, Lima.

- Quispe, I. (2020). *"Producción tecnificada de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare), vicia (Vicia sativa) y arveja (Pisum sativum)"*. Cusco.
- Ramirez, J. (2015). *Efecto de la utilización de forraje verde hidroponico de Hordeum vulgare asociado a la Vicia sativa sobre la ganancia de peso vivo en Cavia porcellus destetados*. Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Romero. (2017). *Estudio comparativo de cinco especies de gramíneas en la producción de forraje verde hidroponico bajo invernadero en la localidad de Huaraz a 3070 m.s.n.m. Huaraz*.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernandez, E. (2009). *Producción de Forraje Verde Hidropónico y su aceptación en ganado lechero*. Tesis pregrado. Obtenido de http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/19produccion.pdf
- Rosario, R. (2018). *EFFECTO DE CINCO DENSIDADES DE SIEMBRA DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) CON Y SIN ASOCIACIÓN CON ARVEJA (Pisum sativum L.) PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN CONDICIONES DE INVERNADERO DE HUARAZ ANCASH*. Tesis pregrado, Universidad nacional de Santiago de Antunez de Mayolo, Huaraz.
- San Miguel, A. (2007). *Leguminosas de interés para la Implantación de Praderas*. Universidad Politécnica de Madrid, Silvopascicultura.

- Sanchez, A., Lomeli, J., & Rodríguez, S. (2000). *Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay*. Boletín informativo N° 7, Uruguay. Obtenido de <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin7.htm>
- Santander, F. (2006). *Forraje verde hidropónico (en línea)*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/7762561/Www-elmejorguia-comHidroponia#scribd>
- Sepulveda, M. (1994). *Caracterización de la cebada (Hordeum vulgare) para la utilización como grano principal en la producción de forraje hidropónico*. Lima - Perú.
- Siza, M. (2013). *Utilización de forraje verde hidropónico mas balanceado comercial como alimento en la crianza de cuyes a partir de la tercera hasta la decima tercera semana de edad*. Universidad Técnica del Ambato, Ecuador.
- Tarrillo, H. (2008). *Forraje verde hidropónico. Manual de producción*. Lima: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Tello, G. (2013). *Evaluación del Forraje Verde Hidropónico en la sostenibilidad de explotaciones pecuarias como alternativa de desarrollo rural de Guatemala*. FONACYT, Guatemala.
- Toro, I. (1996). *Efecto de distintos espaciamientos entre hileras en tres cultivares de Arveja (Pisum sativum)*. Universidad de Chile, Santiago-Chile.
- Trujillo, C. k. (2010). *Preparación y caracterización química y funcional de una harina de arveja dulce (Pisum sativum) deshidratada y su posible utilización en la industria de cremas en polvo a base de maíz*. Tesis pregrado, Universidad del Valle, Guatemala.

- Valverde, H. (2015). *Cultivando Pastos Asociados*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Cultivando-PastosAsociados-Sistematizacion1.pdf>
- Vargas, F. (2008). *Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero*. Tesis pregrado, Agronomía mesoamericana.
- Vera, A. (2002). *Abonamiento orgánico e inorgánico en el cultivo asociado cebada (Hordeum vulgare L.) - vicia (Vicia sativa L.) bajo condiciones de invernadero e hidroponia*. Cusco.
- Zambrano, R. (2015). *Comportamiento agronómico y calidad nutricional de dos especies de leguminosas con el método de cultivo de forraje verde hidropónico (FVH)*. Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil - Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8635/1/Zambrano%20G.%20Robinson%20Arturo.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos.

Bloque	A	B	Materia seca	Proteína total	Extracto etéreo	Ceniza	Fibra cruda	Extracto libre de nitrógeno	Materia verde	semilla y materia verde
1	Cebada 90%	Vicia 10%	3,126	0,295	0,118	0,080	0,940	1,693	25,689	6,422
2	Cebada 90%	Vicia 10%	2,998	0,298	0,113	0,077	0,842	1,644	24,001	6,000
3	Cebada 90%	Vicia 10%	2,380	0,303	0,098	0,074	0,810	1,095	23,288	5,822
1	Cebada 80%	Vicia 20%	3,034	0,341	0,125	0,098	0,996	1,474	24,526	6,131
2	Cebada 80%	Vicia 20%	2,431	0,309	0,115	0,085	0,859	1,063	22,913	5,728
3	Cebada 80%	Vicia 20%	3,508	0,498	0,116	0,102	0,966	1,827	24,263	6,066
1	Cebada 90%	Arveja 10%	2,853	0,256	0,083	0,082	0,667	1,765	18,960	4,740
2	Cebada 90%	Arveja 10%	3,039	0,323	0,114	0,091	0,909	1,603	25,239	6,310
3	Cebada 90%	Arveja 10%	3,459	0,342	0,099	0,108	0,849	2,063	23,438	5,860
1	Cebada 80%	Arveja 20%	3,100	0,391	0,088	0,115	0,968	1,538	24,563	6,141
2	Cebada 80%	Arveja 20%	2,883	0,341	0,079	0,104	0,901	1,458	23,213	5,803
3	Cebada 80%	Arveja 20%	3,100	0,401	0,098	0,126	0,978	1,497	25,201	6,300

Anexo 2. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Materia seca)

Materia seca

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,16	2	0,08	0,49	0,6355
A	0,08	1	0,08	0,47	0,5171
B	3,4E-03	1	3,4E-03	0,02	0,8898
A*B	0,05	1	0,05	0,28	0,6152
Error	0,97	6	0,16		
Total	1,25	11			

Anexo 3. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Proteína)

Proteína total

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,01	2	0,01	2,42	0,1695
A	8,3E-06	1	8,3E-06	3,4E-03	0,9555
B	0,02	1	0,02	7,30	0,0355
A*B	1,3E-04	1	1,3E-04	0,05	0,8236
Error	0,01	6	2,5E-03		
Total	0,04	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07004

Error: 0,0025 gl: 6

B	Medias	n	E.E.
10%	0,30	6	0,02 A
20%	0,38	6	0,02 B

Anexo 4. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Extracto Etéreo)

Extracto etéreo

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1,3E-05	2	6,6E-06	0,04	0,9585
A	1,3E-03	1	1,3E-03	8,31	0,0280
B	1,3E-06	1	1,3E-06	0,01	0,9290
A*B	2,8E-04	1	2,8E-04	1,82	0,2263
Error	9,3E-04	6	1,5E-04		
Total	2,5E-03	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01755

Error: 0,0002 gl: 6

A	Medias	n	E.E.
arveja	0,09	6	0,01 A
vicia	0,11	6	0,01 B

Anexo 5. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Ceniza)

Ceniza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3,6E-04	2	1,8E-04	2,70	0,1458
A	1,0E-03	1	1,0E-03	14,99	0,0082
B	1,2E-03	1	1,2E-03	17,25	0,0060
A*B	8,3E-06	1	8,3E-06	0,12	0,7369
Error	4,0E-04	6	6,7E-05		
Total	2,9E-03	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01159

Error: 0,0001 gl: 6

A	Medias	n	E.E.
vicia	0,09	6	3,3E-03 A
arveja	0,10	6	3,3E-03 B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01159

Error: 0,0001 gl: 6

B	Medias	n	E.E.
10%	0,09	6	3,3E-03 A
20%	0,11	6	3,3E-03 B

Anexo 6. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Fibra cruda)

Fibra cruda

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1,1E-03	2	5,5E-04	0,06	0,9415
A	1,7E-03	1	1,7E-03	0,19	0,6821
B	0,04	1	0,04	3,94	0,0942
A*B	3,1E-03	1	3,1E-03	0,35	0,5775
Error	0,05	6	0,01		
Total	0,09	11			

Anexo 7. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Extracto Libre de Nitrógeno)

Extracto libre de nitrógeno

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,08	2	0,04	0,46	0,6501
A	0,11	1	0,11	1,18	0,3200
B	0,08	1	0,08	0,93	0,3710
A*B	0,06	1	0,06	0,70	0,4351
Error	0,54	6	0,09		
Total	0,88	11			

Anexo 8. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Materia Verde)

Materia verde

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Bloque	0,78	2	0,39	0,09	0,9175
A	1,38	1	1,38	0,31	0,5982
B	1,38	1	1,38	0,31	0,5984
A*B	3,65	1	3,65	0,82	0,4004
Error	26,73	6	4,45		
<u>Total</u>	<u>33,91</u>	<u>11</u>			

Anexo 9. Resultados ANOVA según base de datos y programa InfoStat (Semilla/Materia Verde)

semilla y materia verde

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Bloque	0,05	2	0,02	0,09	0,9173
A	0,09	1	0,09	0,31	0,5988
B	0,09	1	0,09	0,31	0,5988
A*B	0,23	1	0,23	0,82	0,4007
Error	1,67	6	0,28		
<u>Total</u>	<u>2,12</u>	<u>11</u>			

Anexo 10. Matriz de resultados del análisis bromatológico del forraje verde hidropónico (%)

Tratamientos	Materia Seca (%)	Proteína Total (%)	Extracto Etéreo (%)	Ceniza (%)	Fibra Cruda (%)	Extracto Libre de Nitrógeno (%)
T 1	11,63 ± 1,23	10,70 ± 6,04	3,88 ± 0,03	2,75 ± 0,01	30,74 ± 0,10	51,66 ± 4,92
T 2	12,48 ± 1,93	12,71 ± 1,47	4,05 ± 0,70	3,21 ± 0,29	31,90 ± 3,99	48,13 ± 4,19
T 3	13,95 ± 1,66	9,83 ± 0,83	3,17 ± 0,49	2,99 ± 0,13	25,94 ± 3,48	58,07 ± 4,75
T 4	12,45 ± 0,16	12,45 ± 0,56	2,92 ± 0,22	3,80 ± 0,23	31,33 ± 0,18	49,49 ± 1,14

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja

Anexo 11. Matriz de resultados del rendimiento del forraje verde hidropónico en kg/m²

Tratamiento/resultados	Materia seca	Proteína total	Extracto etéreo	Ceniza	Fibra cruda	Extracto libre de nitrógeno	Materia verde	Semilla y materia verde
T1	2,835	0,299	0,110	0,077	0,864	1,477	24,326	6,081
T2	2,991	0,383	0,119	0,095	0,940	1,455	23,901	5,975
T3	3,117	0,307	0,099	0,093	0,808	1,810	22,545	5,636
T4	3,028	0,378	0,089	0,115	0,949	1,497	24,326	6,081

T1: 90%cebada + 10%vicia, T2: 80%cebada + 20%vicia, T3: 90%cebada + 10%arveja, T4: 80%cebada + 20%arveja

Anexo 12 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 QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

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



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0217-18-LAQ

SOLICITANTE: DANTE DAVIS ESQUIVEL QUISPE
MUESTRA : CULTIVO HIDROPONICO CEBADA, VICIA Y ARVEJA
FECHA : C/02/05/2018
CODIGO : R1(T1) CEBADA:VICIA (90:10)

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====	
Humedad %	87.83
Proteína %	1.15
Grasa %	0.46
Ceniza %	0.31
Fibra %	3.66
Carbohidratos %	10.25
Materia Seca %	12.17
=====	

* Humedad NTP 206.011, Proteína AOAC 935.39C, Grasa NTP 206.017
Ceniza AOAC 935.39B, Fibra FAO 14/7, Carbohidrato y Mat. Seca
por Diferencia.

Cusco, 31 de Mayo 2018



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

Mercedes Herrera Arzuaga
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Selección de impurezas de la semilla de vicia



Fotografía 2. Determinación del poder germinativo de la cebada



Fotografía 3. Lavado y desinfección de la semilla de cebada



Fotografía 4. Remojo de la semilla del asociado cebada con vicia



Fotografía 5. Oreado de los diferentes tratamientos del asociado de forraje verde hidropónico de cebada con vicia o arveja



Fotografía 6. Siembra de las semillas de forraje verde hidropónico en la cámara de germinación



Fotografía 7. Día 3 de la germinación del forraje verde hidropónico de cebada con vicia o arveja



Fotografía 8. Día 5 de la germinación del forraje verde hidropónico de cebada con vicia o arveja



Fotografía 9. Día 8 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 1 (cebada 90% - vicia 10%)



Fotografía 10. Día 8 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 4 (cebada 80% - arveja 20%)



Fotografía 11. Día 10 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 2 (cebada 80% - vicia 20%)



Fotografía 12. Día 10 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 3 (cebada 90% - arveja 10%)



Fotografía 13. Día 12 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 1 (cebada 90% - vicia 10%)



Fotografía 14. Día 12 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 4 (cebada 80% - arveja 20%)



Fotografía 15. Día 14 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 1 (cebada 90% - vicia 10%)



Fotografía 16. Día 14 de la germinación del forraje verde hidropónico del tratamiento 4 (cebada 80% - arveja 20%)



Fotografía 17. Pesado del forraje verde hidropónico para la determinación del rendimiento de materia verde



Fotografía 18. Cosecha del forraje verde hidropónico de cebada asociado con vicia o arveja