

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

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**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 JERÓNIMO, PROVINCIA Y REGIÓN CUSCO.**

Tesis presentada por la Bachiller: **ELIZABETH  
CONZA VARGAS.**

Para optar al Título Profesional de INGENIERO  
ZOOTECNISTA.

ASESOR: Ing. ZOOT. DAVID LUCIANO CASTRO CÁCERES

K'AYRA-CUSCO

2020

## DEDICATORIA

A mi madre **CECILIA VARGAS ROMÁN** por su inestimable comprensión y amor verdadero.

A mi padre **ALEJANDRO CONZA TTITO** por demostrarme su valentía al enfrentar desafíos, por su comprensión y apoyo absoluto.

A mis hermanas **LUZ ADRIANA CONZA VARGAS** y **ANA CECILIA CONZA VARGAS**, por demostrarme su apoyo incondicional en el proceso de mi formación profesional.

A mi adorado sobrino **GABRIEL BENJAMIN LOAIZA CONZA** por llenar mi vida de felicidad, que sin su presencia no habría sido posible cumplir con mis objetivos.

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor **Ing. ZOOT. DAVID LUCIANO CASTRO CÁCERES** por ofrecerme su confianza, tolerancia, tiempo y conocimientos para realizar el presente trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias, **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 tía **ROSA VARGAS ROMÁN** y mi primo **WILBERTH VARGAS MAMANI** por ser piezas fundamentales en el camino de mi formación académica y personal.

A todos mis compañeros de la universidad en especial a mis amigos: Erick Cruz, Ercy Cayo, Norma Feria, Ericson Hermoza, Edwin López, Daniel Huamán, Denith Álvarez, Collinz Béjar y Katherin Jiménez, por su amistad, consejos para seguir adelante y por todos los momentos maravillosos que pasamos juntos.

A la **Federación de Jóvenes de la Provincia de Paruro**, en especial a: Alex Dueñas, Ali Vargas, Elías Gutiérrez, Edgar Huamani, Rosa Ancaypuro, yhon torres, Yovana Huanca, Andrés Villegas, Noelia Cárdenas, Saul Mamani, Víctor Mayta, Dhelfin Quispe, Aslie Farfán y Katerine Saire, por ser parte de mi formación personal y su apoyo constante con impulsos a concluir mis objetivos.

Mi infinita gratitud a mi amiga **YANIRA HUMPIRE USCAMAYTA** por acompañarme siempre y ser el soporte de toda meta propuesta.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>3</b>
<b>1. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	4
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
2.1. Objetivos.....	5
2.1.1. Objetivo general.....	5
2.1.2. Objetivos específicos .....	5
2.2. Justificación .....	5
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>7</b>
<b>3. MARCO TEORICO.....</b>	<b>7</b>
3.1. Antecedentes de la investigación .....	7
3.1.1. Antecedentes sobre el rendimiento de forraje verde hidropónico. ....	7
3.1.2. Antecedentes sobre la materia seca del forraje verde hidropónico. ....	8
3.1.3. Antecedentes sobre la Proteína total del forraje verde hidropónico.....	9
3.1.4. Antecedentes sobre la Proteína total digestible del forraje verde hidropónico.	10
3.2. Marco teórico .....	10

3.2.1. Hidroponía .....	10
3.2.2. Forraje verde hidropónico .....	11
3.2.3. Ventajas del forraje verde hidropónico.....	12
3.2.4. Ventajas del cultivo hidropónico con relación al cultivo en tierra .....	13
3.2.5. Fisiología de la Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) .....	15
3.2.5.1. Absorción de Agua.....	15
3.2.5.2. Movilización de Nutrientes .....	15
3.2.5.3. Crecimiento y Diferenciación .....	16
3.2.6. Otros Factores Determinantes de la Germinación .....	16
3.2.7. Factores ambientales que influyen en la producción de forraje verde hidropónico.....	17
3.2.7.1. Luz e iluminación .....	17
3.2.7.2. Temperatura .....	18
3.2.7.3. Agua.....	19
3.2.8. Humedad Ambiental. ....	19
3.2.8.1. Aireación .....	20
3.2.9. Otros factores que afectan la producción de FVH .....	21
3.2.9.1. Calidad de la Semilla .....	21
3.2.9.2. Calidad del Agua de Riego .....	21
3.2.9.3. Conductividad .....	21
3.2.9.4. El Riego .....	22
3.2.10. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico .....	22
3.2.11. Forraje verde hidropónico asociado .....	23
3.2.12. Proceso para la producción de forraje verde hidropónico.....	23
3.2.12.1. Selección de semilla .....	23

3.2.12.2.	Lavado y desinfección de la semilla .....	24
3.2.12.3.	Remojo – pre germinado .....	24
3.2.12.4.	Tapado .....	24
3.2.12.5.	Siembra .....	25
3.2.12.6.	Dosis de siembra .....	25
3.2.12.7.	Riego .....	25
3.2.12.8.	Crecimiento.....	26
3.2.12.9.	Cosecha.....	26
3.2.13.	Cebada forrajera.....	26
3.2.13.1.	Morfología y Taxonomía .....	27
3.2.13.2.	Análisis químico del Forraje verde hidropónico de cebada.....	28
3.3.	Soja.....	28
3.3.1.	Vicia.....	29
3.3.1.1.	Identificación .....	29
3.3.1.2.	Requerimientos ambientales.....	29
3.3.1.3.	Análisis fisicoquímicos .....	30
3.3.1.4.	Análisis proximal de los alimentos de Weende .....	30
3.3.1.5.	Materia seca (MS).....	30
3.3.1.6.	Proteína total (PT).....	31
3.3.2.	Análisis biológicos.....	31
3.3.2.1.	Digestibilidad (método in vitro).....	31
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>32</b>
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y METODO .....</b>	<b>32</b>
4.1.	Lugar del experimento .....	32
4.1.1.	Ubicación política.....	32
4.1.2.	Ubicación geográfica .....	32
4.1.3.	Ubicación hidrográfica .....	32

4.2.	Materiales y equipos .....	33
4.2.1.	Materiales y equipo para la producción de forraje verde hidropónico .....	33
4.2.2.	Material biológico para la producción de forraje verde hidropónico .....	33
4.2.3.	Materiales para la Determinación de la materia seca mediante el método de horno microondas.....	33
4.3.	Metodología de la investigación.....	34
4.3.1.	Construcción y acondicionamiento del módulo .....	34
4.3.1.1.	Selección de la semilla.....	35
4.3.1.2.	Pesado de la semilla según tratamientos.....	35
4.3.1.3.	Lavado .....	36
4.3.1.4.	Remojo.....	36
4.3.1.5.	Desinfección .....	36
4.3.1.6.	Ecurrido.....	37
4.3.1.7.	Siembra.....	37
4.3.1.8.	Crecimiento.....	38
4.3.1.9.	Cosecha.....	39
4.3.2.	Obtención de muestras de forraje verde hidropónico .....	39
4.3.3.	Determinación de la materia seca .....	40
4.3.4.	Análisis químico y biológico (laboratorio).....	41
4.3.4.1.	Determinación de la proteína total en base seca .....	41
4.3.4.2.	Determinación y evaluación de la proteína total digestible in vitro .....	42
4.3.5.	Determinación del rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado	
	42	
4.4.	Diseño de la investigación .....	42
4.5.	Variables.....	42

4.5.1. Variable independiente o en estudio.....	42
4.5.2. Variable dependiente o de resultado .....	42
4.6. Tratamientos y repeticiones.....	43
4.7. Análisis e interpretación de la información.....	44
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>45</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
5.1. Rendimiento del forraje verde hidropónico .....	45
5.2. Porcentaje y rendimiento de Materia seca (g/m <sup>2</sup> ) .....	47
5.3. Rendimiento de Proteína total .....	49
5.4. Proteína total digestible .....	50
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>CAPITULO VII.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados promedio de materia seca en los tres días de cosecha en Kg/m <sup>2</sup> .....	8
Tabla 2 Análisis del Forraje Verde Hidropónico para materia seca.....	9
Tabla 3 Resultados promedio de contenido de proteína cruda en los tres días de cosecha, en kg/m <sup>2</sup> .....	9
Tabla 4 Resultados de la proteína digestible total g/m <sup>2</sup> del testigo cebada - cebada / vicia .....	10
Tabla 5 Tabla comparativa de las ventajas del cultivo hidropónico con relación al cultivo en tierra: .....	13
Tabla 6 Análisis químico del FVH de cebada .....	28
Tabla 7 Distribución de los tratamientos y dosis de siembra .....	43
Tabla 12. Rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado (kg/ m <sup>2</sup> ) ...	45
Tabla 13. Proporciones de forraje verde hidropónico (semilla: FVH) .....	46
Tabla 8. Porcentaje de materia seca de los 5 tratamientos de forraje verde hidropónico .....	47
Tabla 9. Rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico por metro cuadrado (g/m <sup>2</sup> ).....	48
Tabla 10. Rendimiento de proteína total del forraje verde hidropónico por metro cuadrado (g/m <sup>2</sup> ) y comparación de promedios (TUKEY 0.05).....	49
Tabla 11. Rendimiento de la proteína total digestible del forraje verde hidropónico por metro cuadrado (g/m <sup>2</sup> ) y comparación de promedios (TUKEY 0.05).....	50

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1</b> (a)pisos e inclinación de las bandejas (b) estructura del módulo de producción de forraje verde hidropónico .....	34
<b>Fotografía 2</b> Pesado de semillas por tratamientos .....	35
<b>Fotografía 3</b> Lavado de la semilla en envase individual por tratamiento .....	36
<b>Fotografía 4</b> Desinfección de la semilla con hipoclorito de sodio .....	37
<b>Fotografía 5</b> Siembra bien distribuida y uniformizada por tratamientos y repeticiones .....	38
<b>Fotografía 6</b> Germinación de la semilla a las 48 horas .....	38
<b>Fotografía 7</b> Cosecha a los 11 días de producción de forraje verde hidropónico.....	39
<b>Fotografía 8</b> (a) Corte al azar de la muestra de FVH, (b) pesado de muestras para el análisis en laboratorio.....	40
<b>Fotografía 9</b> Determinación de la materia seca – peso de la muestra secada al aire .....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> Peso del forraje verde hidropónico obtenido a los 11 días (g/bandeja) ....	61
<b>ANEXO 2</b> Rendimiento de materia seca por bandeja y por metro cuadrado (g) .....	61
<b>ANEXO 3</b> Rendimiento de proteína total (g/ m <sup>2</sup> ) .....	62
<b>ANEXO 4</b> Rendimiento de proteína total digestible (g/ m <sup>2</sup> ) .....	62
<b>ANEXO 5</b> Proporciones de Forraje Verde Hidropónico (FVH: semilla) .....	63
<b>ANEXO 6</b> Análisis de varianza del rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico por metro cuadrado.....	63

<b>ANEXO 7</b> Análisis de varianza del rendimiento de proteína total del forraje verde hidropónico por metro cuadrado.....	64
<b>ANEXO 8</b> Test Tukey del rendimiento de proteína total del forraje verde hidropónico por metro cuadrado .....	64
<b>ANEXO 9</b> Análisis de varianza del rendimiento de la proteína total digestible del forraje verde hidropónico por metro cuadrado.....	64
<b>ANEXO 10</b> Test Tukey del rendimiento la proteína total digestible del forraje verde hidropónico por metro cuadrado.....	65
<b>ANEXO 11</b> Análisis de varianza del porcentaje de materia seca del forraje verde hidropónico por tratamiento.....	65
<b>ANEXO 12</b> Análisis de varianza de las proporciones de forraje verde hidropónico (FVH: semilla).....	65
<b>ANEXO 13</b> Análisis de varianza del rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado .....	66
<b>ANEXO 14</b> Costo variable parcial en la producción de forraje verde hidropónico en Kg/m <sup>2</sup> .....	66
<b>ANEXO 15</b> Informe de análisis químico - porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad de proteína.....	67

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: **“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 JERÓNIMO, PROVINCIA Y REGIÓN CUSCO”**, fue realizado en el Centro Agronómico K’ayra, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, con el objetivo 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 analizar los resultados se utilizó un diseño completamente al Azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones (100% cebada, 90% cebada + 10% soya, 80% cebada + 20% soya, 90% cebada + 10% vicia, 80% cebada + 20% vicia). Los resultados obtenidos permiten concluir que el cultivo de forraje verde hidropónico en los 5 tratamientos tienen similar rendimiento de materia seca, en cuanto a proteína total y proteína total digestible el tratamiento 5 es el que tuvo el mayor rendimiento mientras que el tratamiento 1 obtuvo el menor rendimiento y los tratamientos 2,3 y 4 fueron estadísticamente iguales, el uso de la cebada con las asociaciones de vicia y soya no influye significativamente en el rendimiento final ( $\text{kg/m}^2$ ) a los 11 días de su producción.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el cambio climático ha generado variaciones evidentes, ya sea temperaturas elevadas con veranos más prolongados, escasas de lluvias en meses donde se suponía serían lluviosos, fuertes heladas, lluvias intensas y más, las cuales afectan directamente al sector agropecuario. Un problema evidente es la pérdida de áreas de cultivo, más aún en zonas altoandinas encontrándose un 60 % de los pastizales en degradación. Ello, asociado a la pérdida de cobertura vegetal, exposición de suelo desnudo, así como básicamente el daño de estos ecosistemas **(Rodríguez, 2005)**. En este escenario de pastos naturales altoandinos se desarrolla la mayor actividad ganadera del país que sustenta al 78.8 % de ganado vacuno, el 96.2 % de ganado ovino, el 100% de camélidos sudamericanos (llamas, alpacas y vicuñas) y otras especies de ganado como el equino, caprino y porcino **(MINAGRI, 1996)**, que aportan a la producción de carne y leche, afectando de esta manera principalmente a la seguridad alimentaria debido a la escasas de forraje para la alimentación de los animales que de esto depende su buen rendimiento en producción **(Ñaupari, 2019)**.

En la antigüedad se solía enseñar que para realizar actividades agrícolas eran necesarios tres factores que no podían faltar: el estado climático, agua y el terreno. En la actualidad se sabe que existen más técnicas sin depender de los elementos mencionados anteriormente como la hidroponía o un invernadero. A pesar de ello los líquidos son temas que a pesar de las búsquedas no se han podido manejar. Cuando se realizan cultivos sin el uso de los suelos se ahorra en grandes proporciones, lo cual beneficia a lugares con frecuentes tiempos de sequía. Para afrontar la problemática mencionada alrededor del mundo, se da más producciones de forrajes verdes

hidropónicos (FVH). Se pone mucha atención dentro de los peruanos y latinoamericanos sobre los conocimientos para la producción de FVH, que permita sostener producciones intensivas de forraje fresco para alimentar animales como: vacas, caballos, conejos, cuyes, cabras, etc. **(Rodríguez, 2005)**. Debido a esta problemática, una alternativa de solución es la producción de forraje verde hidropónico como un alimento de excelente calidad nutritiva, de alta aceptabilidad, de buena digestibilidad y sin variación en su producción de biomasa durante todo el año, no requiere de grandes cantidades de agua y de ningún tipo de productos químicos frente al ataque de plagas y enfermedades, tampoco de espacios grandes **(Less, 1983)**, por lo tanto se realizó la presente investigación con el objetivo de incluir la semilla de una fabácea de menor costo, como es la soya, en la producción asociada de forraje verde hidropónico reemplazando a la de vicia para generar así una reducción en costos de producción.

## CAPITULO I

### PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

#### 1.1. Descripción del problema

Para brindar alimentación a los ganados dentro de las producciones pecuarias se estima que en promedio se representa entre un 65%, supervisando que cada uno de ellos pueda alimentarse de la mejor manera, de esta manera se conseguirá mejores desempeños. Cuando el alimento escasea el animal se encuentra en estado de estrés debido a la falta de satisfacción. Lo señalado justifica plenamente la necesidad de utilizar correctamente los componentes de las dietas, considerando sobre todo valores nutritivos **(Nuñez, 2017)**, a nivel nacional se esta introduciendo tecnología de forraje verde hidropónico a comunidades campesinas con el fin de mitigar la escasez de pastos y forraje por la sequía **(MINAGRI, 2019)**, por esta razón lo importante es evaluar su calidad nutritiva, ampliar la frontera forrajera introduciendo nuevas semillas en la producción de forraje verde hidropónico, de tal forma que disminuya los niveles en costos de producción, para ello se requiere de mayor información fundamentados en procesos investigativos que hayan generado nuevos conocimientos, lo que es insuficiente en nuestra region sobre todo en la introducción de la semilla de soya en la producción de forraje verde hidropónico.

Es por ello que se evaluaron estos problemas para generar posibles soluciones y recomendaciones que ayudaran a obtener mejores resultados en producción a costos menores y así impulsar su desarrollo económico familiar que se reflejara en su calidad de vida de los productores agropecuarios.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La producción de forraje verde hidropónico tiene avances importantes en la producción agropecuaria sin embargo no existe información sobre la inclusión de la semilla de soya en el cultivo de forraje verde hidropónico, de la misma forma no se encontró información comparativa entre asociaciones de forraje verde hidropónico de cebada con soya y cebada con vicia, hay escasa información sobre materia seca, proteína total, proteína total digestible y el rendimiento en (Kg/m<sup>2</sup>) del cultivo de forraje verde hidropónico de las asociaciones ya mencionadas.



## CAPITULO II

### OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

#### 2.1. Objetivos

##### 2.1.1. Objetivo general

Evaluar las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico.

##### 2.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico por metro cuadrado de las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya.
- Evaluar la materia seca producida de las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico.
- Evaluar la cantidad de proteína total en base seca de las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico.
- Evaluar la proteína total digestible de las asociaciones de cebada con vicia y cebada con soya en la producción de forraje verde hidropónico.

#### 2.2. Justificación

Cuando se desea incursionar al mundo pecuario bien se sabe que la alimentación es un pilar muy importante en toda producción y es la misma quien tiene varias limitantes, al menos en la sierra se tiene dos épocas bien marcadas como son la época de secas y la época de lluvias incluyendo también el cambio climático.

Existe una etapa de disponibilidad entre enero y julio, y luego un período crítico de escasez de agosto a diciembre, lo cual limita la productividad y rentabilidad de la ganadería **(Chira, 2015)**. En consecuencia, impide que la producción forrajera sea constante todo esto en caso haya disponibilidad de terrenos con fines de producción forrajera lo que es escaso en la zona sierra.

Si se habla de cambio climático, una estrategia productiva frente a esta problemática son cultivos con menor demanda hídrica. El cultivo hidropónico de cebada tiene la principal característica de utilizar el agua de manera más eficiente frente a otros cultivos hidropónicos forrajeros utilizando 1.55 m<sup>3</sup> de agua, para producir 1 tonelada de forraje verde hidropónico **(Al-Karaki y Al-Hashimi, 2012)** y en el caso de producción del cultivo de cebada con sustrato suelo usó 1 m<sup>3</sup> de agua, para producir 2.55 Kg de cebada **(INTA, 2016)**. Es por ello que se plantea este trabajo de investigación con el cual se generará alternativas de solución, siendo un cultivo que no requiere demanda hídrica en mayores porcentajes.

La cebada es una poácea y a su vez cereal de gran importancia mundial y la soya una fabácea que ya tiene su panorama definido en concentrados para la alimentación animal por su importante valor proteico, el costo de la soya es 50 % menor al de la vicia quien también es una fabácea de gran importancia y es a quien pretendemos reemplazar por los costos de producción que tiene, asociando los forrajes ya mencionados mejora la calidad nutritiva del forraje frente al cultivo de una sola especie. De esta manera se aportará no solo con reducir el costo de producción del cultivo y mejorar la calidad de vida de los productores y sus familias sino también a la eficiente utilización de dicho recurso hídrico.

## CAPITULO III

### MARCO TEORICO

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

##### 3.1.1. Antecedentes sobre el rendimiento de forraje verde hidropónico.

**Herrera y Nuñez (2007)** estudió la Producción y uso de forraje verde hidropónico de cebada, maíz amarillo y asociados en el engorde de cuyes, se realizó en la Granja de la familia Núñez ubicado en el anexo de Palián - Huancayo, entre Enero y Junio del 2007. Como resultados en rendimiento forrajero del FVH establecida para los cultivos de cebada, maíz amarillo y asociado (cebada más maíz amarillo) tratadas SSN, SNQ Y SNO respectivamente, tuvo las siguientes proporciones en kg:

- Cebada SSN 1: 6,58
- Cebada SNQ 1: 6,85
- Cebada SNO 1: 6,62
- Maíz amarillo SSN 1: 2,27
- Maíz amarillo SNQ 1: 2,39
- Maíz amarillo SNO 1: 2, 34
- Cebada más maíz amarillo SSN 1: 3,57
- Cebada más maíz amarillo SNQ 1: 3,61
- Cebada más maíz amarillo SNO 1: 3,58

La evaluación se dio para mejorar el rendimiento de los forrajes por metro cuadrado del cual se pudo obtener forrajes verdes hidropónicos en cebada con valores nutritivos de 22,6 kg, seguidamente el mismo pero de maíz amarillo sin usos de soluciones

nutritivas con 13,6 kilogramos, el cual supero el promedio. Por otro lado, se detecto que hay diferencias en los cálculos estadísticos menores a 0.05 por las semillas, y el uso de la solución con valor nutritivo el cual fue utilizado.

### 3.1.2. Antecedentes sobre la materia seca del forraje verde hidropónico.

**Vera (2002)**, evaluó la producción de materia seca con su trabajo de investigación titulado cultivo asociado cebada (*Hordeum vulgare L.*) – vicia (*Vicia sativa L.*) bajo condiciones de invernadero e hidroponia, indica que la producción de materia verde y materia seca es directamente proporcional a los días de cosecha, a mayor tiempo de cosecha, mayor es la producción de materia verde y materia seca.

**Tabla 1 Resultados promedio de materia seca en los tres días de cosecha en Kg/m<sup>2</sup>**

FUENTES DE NUTRIENTES	DENSIDADES	TRATAMIENTOS	DIAS DE COSECHA		
			10	12	14
HUMUS DE LOMBRIZ	90%C 10%V	1	6.95	7.70	8.77
	80%C 20%V	2	7.32	9.76	10.60
	70%C 30%V	3	10.32	11.29	13.02
BIOL	90%C 10%V	4	5.18	6.38	7.08
	80%C 20%V	5	5.99	6.05	7.52
	70%C 30%V	6	7.14	6.85	8.27
NITROFOSKA	90%C 10%V	7	11.43	13.10	12.81
	80%C 20%V	8	14.55	13.95	14.99
	70%C 30%V	9	12.98	13.93	15.51
TESTIGO	90%C 10%V	10	4.36	4.72	4.98
	80%C 20%V	11	4.09	4.92	5.62
	70%C 30%V	12	5.2233	5.10	6.16

**Fuente: Vera, (2002).**

**Flores (2019)**, estudió la investigación titulada aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*), en el centro experimental de Cota Cota, registro resultados detallados en la tabla N°3.

**Tabla 2 Análisis del Forraje Verde Hidropónico para materia seca**

FACTOR A (VARIEDAD)	FACTOR B (DOSIS)	MATERIA SECA (%)
V1 (IBTA 80)	T	10,10
	D1	10,83
	D2	9,55
	D3	7,79
V2 (CRIOLLA)	T	8,87
	D1	14,60
	D2	15,98
	D3	12,6

Fuente: Flores, ( 2019).

### 3.1.3. Antecedentes sobre la Proteína total del forraje verde hidropónico.

El contenido de proteína total según Vera (2002), con su trabajo de investigación titulado cultivo asociado cebada (*Hordeum vulgare L.*) – vicia ( *Vicia sativa L.*) bajo condiciones de invernadero e hidroponia incluyendo diferencias en días de cosecha según se muestra en la tabla N°4.

**Tabla 3 Resultados promedio de contenido de proteína cruda en los tres días de cosecha, en kg/m<sup>2</sup>**

FUENTES DE NUTRIENTES	DENSIDADES	TRATAMIENTOS	DIAS DE COSECHA		
			10	12	14
HUMUS DE LOMBRIZ	90%C 10%V	1	2.09	1.93	1.75
	80%C 20%V	2	2.35	2.59	2.19
	70%C 30%V	3	3.05	2.99	2.72
BIOL	90%C 10%V	4	1.51	1.55	1.38
	80%C 20%V	5	1.71	1.48	1.42
	70%C 30%V	6	2.27	1.77	1.80
NITROFOSKA	90%C 10%V	7	3.45	3.52	2.56
	80%C 20%V	8	4.60	3.96	3.12
	70%C 30%V	9	4.26	3.96	3.43
TESTIGO	90%C 10%V	10	1.07	0.99	0.90
	80%C 20%V	11	1.07	1.18	1.09
	70%C 30%V	12	1.44	1.27	1.21

Fuente: Vera, (2002)

### 3.1.4. Antecedentes sobre la Proteína total digestible del forraje verde hidropónico.

El rendimiento de proteína total digestible según **Quillahuaman y Condori (2019)**, en su trabajo de investigación titulada producción de forraje verde hidropónico con la utilización de tres tipos de ormus en el Centro Agronomico K'ayra – cusco. Reportan datos que se detallan en la tabla N°5.

**Tabla 4 Resultados de la proteína digestible total g/m<sup>2</sup> del testigo cebada - cebada / vicia**

TESTIGO	Cebada	Cebada/Vicia
R1	127.03	133.65
R2	144.42	163.89
R3	138.74	171.92

Fuente: **Quillahuaman y Condori, (2019)**

## 3.2. Marco teórico

### 3.2.1. Hidroponía

“La palabra hidroponía proviene del griego Hydro que significa agua y Ponos que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significaría trabajo en agua” **(Guzmán, 2004)**.

Se considera como aquel método que hacer posible el cultivo sin la necesidad de los suelos o la tierra, obteniéndose cultivos de excelente calidad, sanidad y se asegura el uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad de la planta **(Rodríguez et al., 2016)**.

### **3.2.2. Forraje verde hidropónico**

Se considera como la aplicación de aspectos técnicos para producir materia orgánica vegetativa que es obtenida de los procesos iniciales de la planta, se encuentra la germinación así como de la plántula por medio de cimientos que sean viables. El FVH o “green fodder hydroponics” vivos son altamente digestivos con buena calidad en nutrientes, aptos para alimentar a los animales.

A nivel practico, definir el FVH se realiza por medio de germinacion de semillas de leguminosa, consecuentemete durante su evolución con control en su contexto y sin la presencia de suelos. Es usual el uso de semilla de avena, cebada, maiz, trigo y sorgo. **(FAO, 2001).**

#### **Practicamente**

Dicho elemento es un tipo de pasto que sirve para la alimentación de animales como cuyes, vacunos, ovinos y otros herbívoros.

Su producción es el resultado de un proceso de germinación de granos sobre bandejas o mantas plásticas, que se da luego de proveer a las semillas de condiciones adecuadas como humedad, períodos de oscuridad y de luz tenue que hacen que las semillas inicien su desarrollo y crecimiento transformándose en pequeñas plantitas **(Alvarez, 2011).**

Entre las cualidades del forraje verde hidropónico, destaca que es de alta digestibilidad, calidad nutricional y es apto para alimentar a animales de granja cuando no hay mucho forrajes. **(Juárez et al., 2013).**

### 3.2.3. Ventajas del forraje verde hidropónico

El FVH se emplea menor cantidad de agua para su producción; presenta menos problemas de plagas y enfermedades; produce forraje diariamente durante todo el año y se puede programar su producción con base en la demanda; no requiere de grandes superficies de tierras, ni períodos largos de producción, tampoco alguna forma de conservación y almacenamiento; está protegido de las lluvias, de las bajas temperaturas y de la exposición directa de los rayos del sol; es consumible en su totalidad, con raíces, tallos, hojas y restos de semillas **(Tarrillo, 2008)**.

“Se pueden emplear diversos tipos de semillas para la producción de FVH como es el caso de la cebada, trigo, avena, arroz o maíz, dependiendo de las necesidades del productor” **(Caballos y Garcia, 1992)**.

El costo de producción de FVH, por concepto de superficie es 10 veces menor que el de una superficie para la producción de cualquier forraje en espacios abiertos, lo que se ejemplifica con el dato de que 75 m<sup>2</sup> de producción de FVH tienen el equivalente de 3 ha de terreno agrícola para la producción de alfalfa. **(Tarrillo, 2008)** “esa ventaja es debida a que el FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical, lo que optimiza el espacio útil” **(FAO, 2001)**.

El FVH se ofrece tierno a los animales, es un germinado muy rico en vitaminas, especialmente la A y E, tiene grandes cantidades de carotenoides, cuyo contenido puede variar de 250 a 350 mg por kg de materia seca (MS), posee una elevada cantidad de hierro, calcio y fósforo, alta digestibilidad, puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa, además es muy apetecible **(Valdivia, 1996)**.



La técnica del FVH emplea menos de dos litros de agua para producir un kg de forraje, lo que equivale a 8 litros de agua para promover un kg de materia seca de FVH (considerando un 25% de materia seca del FVH), cantidad notablemente menor a los (635, 521, 505, 372 y 271) litros de agua/kg. de materia seca de la avena, cebada, trigo, maíz y sorgo, respectivamente, sembrados a campo abierto (**Rodríguez de la R, 2003**).

### 3.2.4. Ventajas del cultivo hidropónico con relación al cultivo en tierra

En la tabla N°1 se muestran las ventajas de un cultivo hidropónico y un cultivo convencional en tierra.

**Tabla 5** Tabla comparativa de las ventajas del cultivo hidropónico con relación al cultivo en tierra:

<b>CULTIVO EN TIERRA</b>	<b>CULTIVO HIDROPÓNICO (FORRAJES)</b>
<b>Preparación del suelo</b>	
Gasto en el uso de herbicidas y labores culturales.	No existen y por lo tanto no hay gastos al respecto.
<b>Control de plantas invasoras</b>	
Gasto en el uso de herbicidas y labores culturales.	No existen y por lo tanto no hay gastos al respecto.
<b>Plagas y Enfermedades</b>	
Gran número de enfermedades del suelo por nematodos, insectos y otros organismos que podrían dañar la cosecha. Es necesaria la rotación de cultivos para evitar daños.	Existen en menor cantidad las enfermedades pues prácticamente no hay insectos u otros animales en el medio de cultivo. Tampoco hay enfermedades en las raíces. No se precisa la rotación de cultivos.
<b>Agua</b>	
Las plantas se ven sujetas a menudo a trastornos debidos a una pobre relación agua – suelo, a la	No existe stress hídrico: se puede automatizar en forma muy eficiente mediante un detector de humedad y control

estructura del mismo y a una capacidad de retención baja. Las sales no son usadas es así que se da evaporación en la superficie del suelo.	automático de riego. Se puede emplear líquidos con sales que ayudan a evitar perder el agua.
--	--

---

### **Fertilizantes Químicos**

---

Se aplica el voleo encima de los suelos, sin medidas establecidas ni con orden, resultante en pérdidas que pueden oscilar en más de la mitad de la población.	Con pocas cantidades en el uso, organizados de forma ordenada lo cual hace posible el mejoramiento de la absorción.
---	---

---

### **Número de Plantas**

---

Se limita debido a que en cuestión nutricional debido a la iluminación y a el suelo.	Se limita por la luz y su uniformidad, lo cual permite que se absorba de mayor manera resultando en mayor cosecha por unidad de superficie.
--	---

---

### **Esterilización del Medio**

---

Vapor, fumigantes químicos, trabajo intensivo, proceso largo al menos dos o tres semanas.	Vapor, fumigantes químicos con algunos de los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido Clorhídrico o Hipoclorito de Calcio. El tiempo para la esterilización es corto.
---	---

---

### **Costos de Producción**

---

Uso de mano de obra, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, preparación del suelo, etc.	Todas las labores pueden automatizarse, con la siguiente reducción de gastos. No se usan además implementos agrícolas. En resumen: ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos.
---	---

---

### **Sustratos**

---

Tierra.	Posibilidad de emplear diversos sustratos de reducido costo, así como materiales de desecho.
---------	--

---

### **Mano de Obra**

---

Necesariamente se debe contar con conocimientos, o asesoría.	No se necesita, a pequeña escala mano de obra calificada.
--	---

**Fuente: Resh, (1997)**

### **3.2.5. Fisiología de la Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH)**

La evolución de la germinación de semillas posee un proceso mediante el cual se dan cambios en cantidad y cualidad de importancia. Cuando despierta el embrión provoca que se rompa el tegumento de las semillas, con la energía obtenida podrá ser captar iluminación y de esta manera la consiguiente absorción de las sales y nutrientes. **(López, 2005).**

La germinación se inicia desde el momento en que se somete la semilla a hidratación. Las enzimas se movilizan invadiendo el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas. Posteriormente, se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares y así empieza el proceso de germinación, en el que podemos diferenciar tres fases importantes que son: absorción de agua, movilización de nutrientes, crecimiento y diferenciación **(Bidwell , 1993).**

#### **3.2.5.1. Absorción de Agua**

Durante esta fase se inicia la actividad vital de la semilla, es decir, se reanuda el metabolismo, para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno. Una vez reunidos estos factores, la semilla va aumentando de volumen por la absorción del agua, el embrión se hincha, se reblandecen las cubiertas protectoras y las reservas alimenticias comienzan una serie de reacciones químicas y biológicas que hacen que el embrión se desarrolle **(Bidwell , 1993).**

#### **3.2.5.2. Movilización de Nutrientes**

En la segunda fase, los cotiledones se van reduciendo mientras la nueva planta consume sus reservas, pues el alimento almacenado en ellos es digerido por la acción del agua, se descompone mediante la respiración, o se usa en el desarrollo de nuevas

estructuras. Los alimentos almacenados en los cotiledones generalmente se encuentran en cantidades suficientes para sostener el crecimiento de la plántula hasta cuando ésta pueda empezar a fabricar su propio alimento (**Bidwell , 1993**).

### **3.2.5.3. Crecimiento y Diferenciación**

Se puede definir al crecimiento como la síntesis del material vegetal (biomasa), que normalmente viene acompañada de un cambio de forma y un aumento irreversible de la masa del organismo, órgano o célula. Este es susceptible de ser medido de la longitud o del diámetro del cuerpo del vegetal y su aumento en peso. El crecimiento de las diferentes partes de la planta se suele determinar por la altura, el área foliar o el peso seco. En relación con el tiempo transcurrido durante el ciclo de vida. La diferenciación es el proceso mediante el cual se forman y reproducen las diferentes clases de células. En una planta el crecimiento y la diferenciación transcurren paralelamente y por ello, parecería tratarse de un solo proceso que llamamos desarrollo. Una vez que han aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta está capacitada para obtener los nutrientes del medio externo y demás elementos para la fabricación de su propio alimento (fotosíntesis), motivo por el cual se debe exponer a condiciones óptimas de luminosidad, oxigenación y nutrición (**Bidwell , 1993**).

### **3.2.6. Otros Factores Determinantes de la Germinación**

Además de las condiciones ambientales adecuadas, las semillas deben reunir para germinar condiciones propias o intrínsecas. Es decir, deben tener el grado de madurez necesario y estar bien desarrolladas e íntegras, lo cual significa que se hayan cosechado en el momento oportuno y no hayan sido objeto de deterioro o ataque de plagas, que puedan afectar la viabilidad del embrión. Por otra parte, las sustancias

nutritivas de reserva de los cotiledones deben ser suficientes para sostener la plántula. Es muy importante que las semillas no sean demasiado viejas, ya que con el paso del tiempo van perdiendo viabilidad (**Arano, 1998**).

### **3.2.7. Factores ambientales que influyen en la producción de forraje verde hidropónico.**

Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forraje verde hidropónico son:

#### **3.2.7.1. Luz e iluminación**

La calidad de la luz se refiere a la longitud de onda del rayo luminoso. Las plantas crecen mejor cuando la luz incidente contiene la totalidad del espectro solar, que cuando tiene solamente una parte de él. La duración del día o fotoperíodo influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva, ya que causa quemazón en las plantas, principalmente en las bandejas superiores. Si no existiera luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal. Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembradas, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue, pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces (**López, 2005**).

La semilla de FVH necesita estar en oscuridad para que germine después requerirá un mínimo de luz 2,800 y hasta 40,000 luxes, para obtener esta medida puedes utilizar un luxómetro **(HYDROENVIRONMENT, 2014)**.

### **3.2.7.2. Temperatura**

La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18 - 26°C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Es así que los granos de avena, cebada, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar. El rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C. Sin embargo, el maíz, muy deseado por el importante volumen de FVH que produce, aparte de su gran riqueza nutricional, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25°C y 28°C. cada especie presenta requerimientos de temperatura óptima para germinación lo que se suma a los cuidados respecto a la humedad. En las condiciones de producción de FVH, la humedad relativa ambiente es generalmente cercana al 100%; a medida que aumenta la temperatura mínima de germinación, el control del drenaje de las bandejas es básico para evitar excesos de humedad y la aparición de enfermedades provocadas por hongos. Las temperaturas extremas afectan el rango de adaptación y la distribución de las especies. El rango óptimo es distinto para las diferentes especies. La temperatura ideal es de 20°C y debe ser lo más constante posible; un exceso de temperatura puede causar hongos y una alta temperatura puede retardar el crecimiento **(Valdivia, 1997)**.

La temperatura influye en la germinación de la planta, ya que, a mayor temperatura, habrá una mayor absorción de agua y evaporación. Si este parámetro es muy variable, se verá reflejado al momento de la cosecha. La temperatura se debe mantener lo más constante posible durante el día y la noche, en un rango de 15 a 20 grados centígrados como ideal. Té recomendamos utilizar un termohigrómetro para monitorear tu temperatura y humedad relativa (**HYDROENVIRONMENT, 2014**).

### **3.2.7.3. Agua.**

Para la producción de forraje verde hidropónico tanto el agua como la sustancia nutritiva puede recircularse, aunque se sugiere que se utilice solo la cantidad de agua que se requiera durante el día, para que al final del día el agua que contenga una buena proporción de solución nutritiva se deposite en el material a producir, y al día siguiente se inicia con una nueva cantidad de agua o solución nutritiva. se puede afirmar que en la producción de un kilo de forraje verde hidropónico se gastan menos de dos litros de agua, y con un amplio margen de seguridad; esto equivale a 600 litros diarios, para producir 300kg de forraje, comparable al gasto estipulado para una familia en la región (**Rodríguez, 1999**).

### **3.2.8. Humedad Ambiental.**

La humedad ambiental es de gran importancia para procurar condiciones de asimilación adecuadas, ya que ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan las hojas. Debe haber una humedad cercana al 100% para asegurar un adecuado desarrollo del sistema radicular. Las radículas de las plantas jóvenes son incapaces de crecer en ambientes secos. Como el cultivo del forraje hidropónico es un cultivo a raíz desnuda, es decir, sin sustrato, se deberá realizar en un ambiente con

una alta humedad relativa, por encima del 85%, esta 18 humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y la evapotranspiración de las plantas. El cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es muy importante. La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 0%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios, debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos. A situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo. Por lo tanto, compatibilizar el porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima es una de las claves para lograr una exitosa producción de FVH **(Juárez et al., 2013)**.

Los riegos pueden hacer que las plantas puedan conseguir humedad. Se consideran rangos promedio desde 60 a 80%. Si se incrementaria habria presencia de hongos. **(HYDROENVIRONMENT, 2014)**.

#### **3.2.8.1. Aireación**

Es indispensable una buena aeración, para obtener el intercambio gaseoso. De acuerdo con el sitio en que se vaya a construir el invernadero, hay que tener en cuenta estos factores para adoptar los correctivos necesarios **(Valdivia, 1997)**.

Se considera como fundamental el carbono para las plantas, es así que cuando en un invernadero hay presencia escasa de ventilación hay poco carbono. para mejorar el movimiento del aire se sugiere el uso de ventilaciones en las paredes o por medio de mallas. **(HYDROENVIRONMENT, 2014)**.



### **3.2.9. Otros factores que afectan la producción de FVH**

#### **3.2.9.1. Calidad de la Semilla**

Para determinar el éxito de FVH depende de la elección del germen a nivel genético y fisiológico. Pese a los demás elementos no se deben descuidar la calidad ,con un 75% de niveles para germinar, cuando se usan los gérmenes de baja calidad se pierde los emprendimientos. Se recomienda que se limpie y trate con soluciones de sodio al 1%.(Valdivia, 1997).

#### **3.2.9.2. Calidad del Agua de Riego**

Factor esencial para tener éxito, el agua debe tener la capacidad de ser usada por un sistema hidroponico y potabilizado. De diferentes fotos. La ausencia de potabilidad tiene por consecuencia diferentes dificultades, se sugiere realizar estudios del agua y verificar cuan nitritiva es. Ignorar lo fundamental de los liquidos causara perdidas (Valdivia, 1997).

El potencial de hidrogeno oscila entre 5.2 y 7 variando en leguminosas, los cereales exigen porcentajes mas elevados , pero el método FVH no deberá sobrepasar el 7. (FAO, 2001).

#### **3.2.9.3. Conductividad**

Aquel método que indica cuan concentrado se encuentra la sal en un liquido.referida a los cultivos en este caso. Expresado mediante Milisiemens por cm medido por un conductivimetro estable. Es aquella técnica que puede medir la corriente del liquido oscilando entre 1.5 a 2.0 mS/ cm. Por consiguiente un CE menor a 1.0 tendrá la actitud para los riegos. Se detecta que los cloruros contendrán de 50 a 150 x litro en agua. Se recomienda realizar cloraciones y filtrados. En general la cloración y un buen filtrado

resuelven estos problemas. Se ha encontrado que se puede mantener una operación adecuada de la mayoría de los emisores ensayados, mediante una cloración diaria durante una hora, o cada 3 días con la aplicación de 1 mg/l de cloro residual combinado con un filtrado a través de filtros de 80 mesh (diámetro de los poros de 120 micras). Se encontró que en goteros de 4 litros/hora, una cloración continúa a una concentración de 0.4 mg/litro de cloro residual, impidió la formación de obturaciones de origen biológico **(Valdivia, 1997)**.

#### **3.2.9.4. El Riego**

Cuando se inicia con la siembra se suministrara entre 1.25cc de en base al litro de agua. Los riegos haran que se encuentre húmedo, tratando de evitar que la bandeja se moje. Se sugiere aplciar ocho veces diarias,por minuto desde las 8 am hasta las 4 pm. **(Valdivia, 1997)**.

#### **3.2.10. Valor nutritivo del forraje verde hidropónico**

El FVH posee mejores valores nutritivos pero niveles bajos de fibras. Se hace uso del método experimental para conocer los efectos de la correcta alimentación de un animal que será consumido. El material estudiado posee un nivel vitamínico en libertad y capacidad de disolución es de esta manera que se asimila de forma directa. De acuerdo a la asimilación de la vitamina E en los animales se expulsan en las evacuaciones mientras que en las plantas se envuelve dentro de la cutícula.

Por medio de procedimientos dentro de experimentaciones se hallo que al revisar las evacuaciones de los animales no se halló vitamina E, lo que indica que se asimilo completamente. Dicha vitamina es de importancia al igual que la vitamina C, la cual

puede reemplazar por la vitamina A cuando se detecta deficiencias en los epitelios germinativos. **(Valdivia, 1996).**

### **3.2.11. Forraje verde hidropónico asociado**

Por medio de cultivos que se corresponde, se aprovecha de este sistema el nutriente que fue usado antes. Se trata de realizar cultivos con intermitencia para no agotar los suelos. Es así que las leguminosas pueden aumentar la absorción de nitrógeno, lo mismo con el fósforo en las micorrizas. **(Altieri y Nicholls, 2000).**

El forraje verde hidropónico asociado de cebada y vicia bajo condiciones de invernadero e hidroponía, tiene mayor producción de forraje verde y mejor rendimiento de materia seca y proteína, cosechados a los 14 días, respecto a los 10 y 12 días **(Vera, 2002).**

La evaluación de tres tipos de forraje, maíz, arroz y sorgo, bajo un sistema de producción hidropónico. Como resultado se obtuvo que la asociación mejora la producción y la calidad nutritiva del forraje **(Rodríguez de la R, 2003).**

El nitrógeno que posee los suelos se adquiere por medio de cultivos como de la leguminosa y maíz. Estas asociaciones y otras pueden ser mezcladas dentro o alrededor del área de siembra **(Elizondo, 2002).**

### **3.2.12. Proceso para la producción de forraje verde hidropónico**

#### **3.2.12.1. Selección de semilla**

Las semillas no certificadas son las ideales porque no son costosas, deben provenir de lotes limpios y estar limpios de maleza, no se debe utilizar semilla tratada con fungicidas o preservantes. La humedad de la semilla debe ser de 12 % y debe haber

tenido un reposo para que cumpla con los requisitos de madurez fisiológica **(Siza, 2013)**.

### **3.2.12.2. Lavado y desinfección de la semilla**

De los grupos de semillas con peso de 1.7 kilogramos en referencia a los maíces así como de gramíneas que se evalúan en baldes con agua en la proporción de dos a tres veces su volumen eliminándose todas aquellas que flotan en el agua **(Vargas, 2008)**. Las desinfecciones se realizan por medio del hipoclorito el cual tiene la función de eliminar a los organismos causantes de enfermedades. Se deberá pasar por treinta segundos por dicha solución sin sobrepasar el tiempo. Si se fallase en dichas acciones se generará la pérdida del material. Consecuentemente se pasa por agua. **(FAO, 2001)**.

### **3.2.12.3. Remojo – pre germinado**

Se da la activación de la semilla, saliendo de la latencia, dentro de la determinación en el estado pre-germinación se encuentran la  $t^{\circ}$ , nivel de humedad y la oxígeno. Se usa solo agua. en esta etapa se mantiene por un día a la semilla. (Caraguay, 2016)

El remojo se divide en dos momentos de doce horas respectivamente, la primera con doce horas de remojo se saca para oxigenar y se regresa con líquido limpio. **(HYDROENVIRONMENT, 2014)**.

### **3.2.12.4. Tapado**

Durante esta etapa se evidencia cambios a nivel químico y enzimático cuando la semilla se encuentra en un ambiente húmedo que oscilan en promedio de 65% a 70% con aire y temperatura de 21 a 25°C , se podrá observar que el producto rompe la cutícula emergiendo la radícula **(Vargas, 2008)**.

### **3.2.12.5. Siembra**

Una vez pasadas las etapas anteriores, la producción de forrajes en envases, para evitar la aparición de algún hongo o alguna enfermedad, por lo cual se sugiere la desinfección de la bandeja con cloro por un tiempo promedio. Después de realizado lo anterior se coloca a la semilla dentro del envase manteniendo la densidad. Dicha ubicación en cada extremo se simula la existencia de una base donde se enraizará las plantas. **(HYDROENVIRONMENT, 2014)**

### **3.2.12.6. Dosis de siembra**

Para la “siembra” la cantidad optima en cuestión de semilla que sirve para la siembra por metro cuadrado será de 2.2 kl a 3.4 se toma en cuenta como se dispone la semilla” dentro del envase no debe superar el metro y medio en altura. **(FAO, 2001)**. De acuerdo a trabajos científicos se sostiene que “la mejor densidad de siembra para cebada es de 1 kg x 6 m<sup>2</sup>, dando una profundidad de 2 cm” **(Vargas, 2008)**.

### **3.2.12.7. Riego**

Para el riego “el agua que se va usar para riego del forraje verde hidropónico. De preferencia debe ser potable o sino desinfectar el agua aplicando 2 gotas de hipoclorito de sodio por litro de agua que se va emplear” **(Pautrat, 2008)**.

Para regar los contenedores se utilizarán aspersor, nebulizador o pulverizador. Regar en forma de inundación no se recomienda por peligros en cantidades suponiendo la perdida de cultivos **(Ramirez, 2015)**.

Para regar de acuerdo al volumen se relaciona con lo que se requiere así como el ambiente. Se sugiere no regar al observar humedad **(FAO, 2001)**.

#### **3.2.12.8. Crecimiento**

Seguidamente se enfoca en el crecimiento debido a la fotosíntesis, se da de forma rápida, llegando a medir de entre 20 a 25 cm, con calidad en las hojas así como en los tallos, encontrándose listos para ser cosechados. **(Siza, 2013)**.

#### **3.2.12.9. Cosecha**

Después de medio mes. El forraje rinde entre 12 a 18 kilos por cada semilla. En comparación con el costo para producirlo es beneficioso. Se puede observar un tapiz con semillas que germinaron como no. La altura oscila los 25 cm **(Siza, 2013)**.

También se indica que “Gracias al poder germinativo de la semilla, agua y energía solar, se logra de 1 kg de semilla se puede alcanzar de 6 a 8 kg de forraje verde hidropónico” **(Tarrillo, 2008)**.

#### **3.2.13. Cebada forrajera**

Una cebada (*Hordium vulgare*) para heno debe ser de barbas suaves o sin barbas, o de espiga cubierta. En California, se han usado mucho las variedades Hero y Rojo. Las cebadas de espiga cubierta están muy generalizadas en Oregon, Washington y Colorado, siendo apreciadas las Spray y Colsses. Entre las variedades más usadas en el Sur de las Grandes Llanuras, se encuentran las Cordova, Texan y Tenkow, usada comúnmente en Texas. En los estados del Sureste, sólo se usa en grado limitado la cebada para la obtención de heno. Las variedades más usadas son las Tennessee sin

barbas y la Tredell. En los estados del Medio Atlántico se usa la variedad Wong, tanto para forraje como para la producción de grano.

Estudios realizados en California, han mostrado una gran variabilidad entre las variedades de cebada, en lo relativo al tanto por ciento de hojas, tallos e inflorescencias. Al elegir las variedades más convenientes para la producción de heno, hay que tener en cuenta las características citadas y, además lo erectas que crezcan y su precocidad. Ensayos llevados a cabo en Washington con muchas variedades, han mostrado una variación en los rendimientos en heno de 3261 a 8424 kilogramos por hectárea. Las variedades de primavera rinden un 15 % más que las del grupo de invierno (**Hughes et al.,1980**).

#### **3.2.13.1. Morfología y Taxonomía**

La cebada pertenece a la familia Poaceae. Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si queda solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, tendremos la cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*); si aborta la espiguilla central, quedando las dos espiguillas laterales, tendremos la cebada de cuatro carreras (*Hordeum tetrastichum*); si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*)

Perteneciendo a la familia Poaceae. Se caracteriza debido a que cuando se cultiva posee la espiguilla en los dientes de raqui. Cuando la espiguilla del medio se queda sola se conoce como (*Horden distichum*), al ser expulsadas las espiguillas del centro se conoce como (*Hordeum tetrastichum*) cuando el desarrollo es completo se conoce como (*Hodeum hexastichum*) (**INFOAGRO, 2019**).

- Hojas: Estrecha, con un tono verde claro en comparación con los trigos.
- Raíces: Su estructura radicular es fasciculada, fibrosa siendo menos profunda. El peso de la primera parte es superior mientras que su crecimiento inferior es de 1.20 en promedio.
- Tallo: Se encuentra erecto, es grueso con nudos en su mayoría a los costados. Su altura en promedio varía por las especies desde 0.50 centímetros a alrededor de un metro.
- Flores: Con tres estambres y solo un pistilo con dos estigmas. Autógama. Las flores aparecen después de haber fecundación.
- Fruto: Cariópside, con glumillas juntas menos en las cebadas desnudas. (INFOAGRO, 2019).

### 3.2.13.2. Análisis químico del Forraje verde hidropónico de cebada

En la tabla N°6 se detalla el análisis químico de forraje verde hidropónico de cebada.

**Tabla 6 Análisis químico del FVH de cebada**

Especie	MS (%)	Pt (%)	Digestibilidad ad "in vitro" (%)	Energía Metabolizable (Mcal/kg)	FDA (%)	FDN (%)	Cenizas (%)	Lignina (%)	Celulosa (%)
Cebada	4,6	17,2	66,1	2,3	24,9	50,4	4,2	4,7	20,2

**Fuente: (Contreras et al., 2018)**

### 3.3. Soja

Los registros existentes en china indican que la soja, *Glycine max*, es una de las cosechas más antiguas producidas por el hombre. Probablemente se trajo semilla a los Estados Unidos en la época colonial. Sin embargo, las investigaciones serias sobre el lugar y el valor de la soja como planta cultivada, no empezaron sino hasta 1890. En



1910 sólo estaban en cultivo unas 2000 ha, pero en 1959 la superficie total era de 80000 ha. Antes de 1941, la superficie cultivada para heno era mayor que la destinada para producción de grano. En los últimos años, sólo se ha cultivado para heno de un 2 a un 3 % de la superficie total. En general, la soja tiene la misma área de adaptación que el maíz. Se han cultivado con cierta extensión varios centenares de variedades, que difieren por su área de adaptación **(Hughes et al.,1980)**.

Cuando el cultivo se destina a la producción de heno, no se siega hasta que están bien formadas las semillas en las vainas, pero antes de que las hojas se pongan amarillas y se desprendan **(Hughes et al., 1980)**.

### **3.3.1. Vicia**

#### **3.3.1.1. Identificación**

Plantación de cada año que oscila entre los 10-80 cm, con presencia de vellosidades. Dos folios, y zarcillos remificados en la parte superior. La estipula es dentada. Néctar purpúreo. Flor rojas a violetas, solas o con 4 flores. Sus legumbres son negras cuando maduran.**(Canals et al.,2019)**.

#### **3.3.1.2. Requerimientos ambientales**

versátil, adaptada tanto a ambientes mediterráneos como templados. Resiste altas temperaturas, pero necesita precipitaciones superiores a los 350 mm anuales. Soporta mal el exceso de humedad, siendo su cultivo impracticable en suelos encharcados. No tolera la salinidad **(Canals et al.,2019)**.

### **3.3.1.3. Análisis fisicoquímicos**

Para evaluar la alimentación se requiere de pasos que hagan posible conocer cuales son los valores nutritivos y de esta manera mejorar su uso. Los más usuales son los procesos con ensayo de tipo fisicoquímico, exactamente el Análisis Fisicoquímico Proximal. Dichos sistemas involucran que se determine las técnicas de uso frecuente determinada por la Asociación of Official Agriculture Chemists (AOAC) (**Mora, 2007**).

### **3.3.1.4. Análisis proximal de los alimentos de Weende**

Dicho sistema hace posible caracterizar y valorar los elementos de nutrición de los alimentos para la práctica.

Pese a sus efectos promedio es el más utilizado. Dicho método fue creado en 1867 en Weende indicando que se deberá separar las materias secas, fraccionándolas en series, presentando solubilidad o insolubilidad con respecto al reactivo.

Se fundamenta en las consecuencias de formulaciones y evaluación de programas de alimentación, permitiendo encontrar un valor en un ambiente considerando el estadio y como se presenta (**Mora, 2007**).

### **3.3.1.5. Materia seca (MS)**

Es lo restante después de extraer lo húmedo en un nivel de temperatura (100% muestra - % Materia Seca) = Humedad, su método se basa en la separación de las materias secas por medio de procesos de calor y pérdidas de líquidos.

### **3.3.1.6. Proteína total (PT)**

Dicha terminación se refiere a los elementos agrupados pero relacionados con diferencia en sus funciones. Hay diferencias entre proteína de tipo animal y vegetal. Por su función no se igualan.

Los valores del nitrógeno dentro de este macronutriente son de 16%. Indicador de material nutritivo. Los valores de este elemento pueden encontrarse sin ser proteicos siendo denominados como proteína cruda. Para la determinación de contenido proteico total, se determinara por medio de contenido de N sin ácido sulfúrico, haciendo uso del  $Fx = 6,25$  (Mora, 2007).

### **3.3.2. Análisis biológicos**

Dichas evaluaciones hacen posible conocer lo que contiene, pero no la cantidad a usar. Entendiendo que hay pérdidas en los procesos digestivos. Es fundamental conocer los procesos de digestibilidad, por lo cual se realizan análisis de tipo biológico. Las evacuaciones determinan los alimentos que no se han absorbidos, de esta manera se puede determinar la disponibilidad de los alimentos y su absorción en el organismo. (Mora, 2007).

#### **3.3.2.1. Digestibilidad (método in vitro)**

##### **3.3.2.1.1 Digestión enzimática**

Versión de experimentación en el cual se realiza simulaciones de entes dentro de un espacio a experimentar. El cual se refiere a la incubación con diferentes elementos como mineral líquido, enzimas, líquidos ruminales. Se colocan dentro de un espacio que simule el cultivo y la digestión, con lo cual se sabrá cuanto de lo colocado fue procesado (Mora, 2007).

## CAPITULO IV

### MATERIALES Y METODO

#### 4.1. Lugar del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó, en el Centro Agronómico K'ayra, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Unidad de Vacunos, en el distrito de San Jerónimo en la Región del Cusco.



Fuente: Google Maps 2019

##### 4.1.1. Ubicación política

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

##### 4.1.2. Ubicación geográfica

- Latitud Sur : 13° 33' 41"
- Longitud Oeste : 71° 52' 37.5"
- Altitud : 3219 msnm

##### 4.1.3. Ubicación hidrográfica

- Cuenca : Vilcanota

- Sub cuenca : Huatanay
- Microcuenca : Huanacaure

## **4.2. Materiales y equipos**

### **4.2.1. Materiales y equipo para la producción de forraje verde hidropónico**

- Módulo de FVH
- Bandejas plásticas
- Bolsas de papel Kraft
- Baldes
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Balanza electrónica
- Termómetro digital - higrómetro con sonda

### **4.2.2. Material biológico para la producción de forraje verde hidropónico**

- Semilla de cebada
- Semilla de soya
- Semilla de vicia

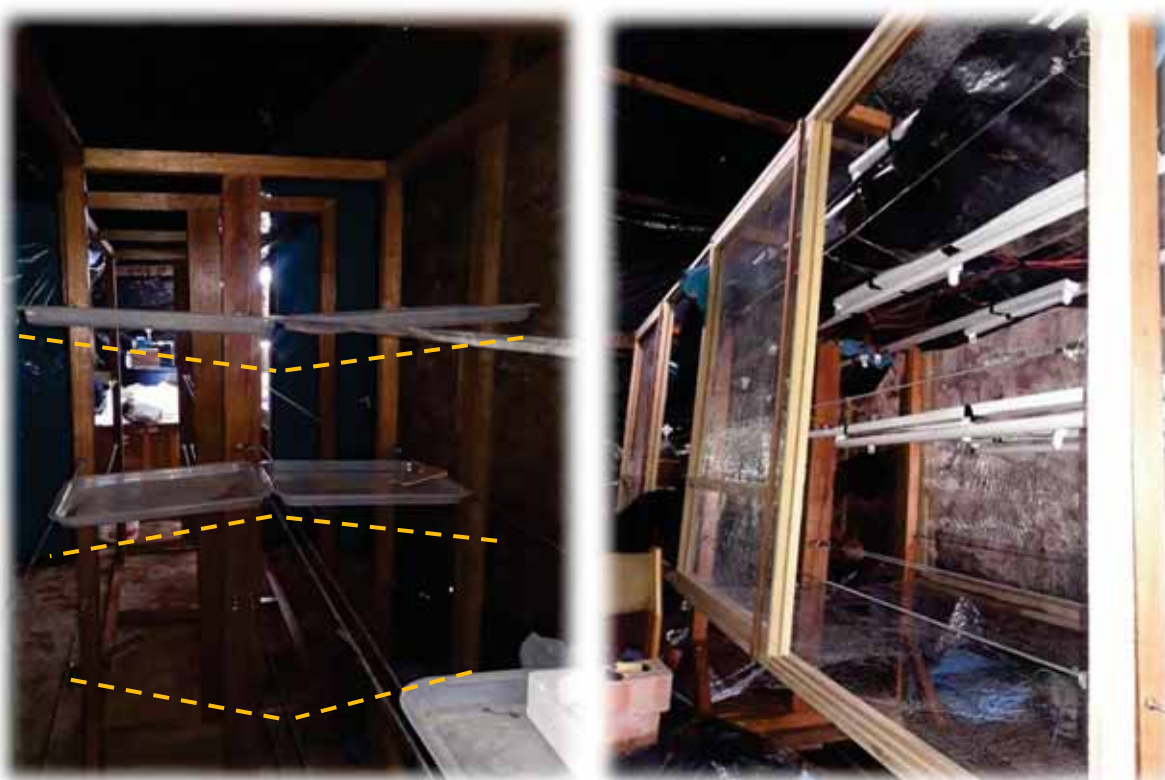
### **4.2.3. Materiales para la Determinación de la materia seca mediante el método de horno microondas**

- Muestra de 100 g aproximadamente de FVH
- Dos vasos de vidrio con agua
- plato de papel
- horno microondas
- Cámara fotográfica
- Balanza electrónica

### 4.3. Metodología de la investigación

#### 4.3.1. Construcción y acondicionamiento del módulo

El módulo de producción de forraje verde hidropónico que se utilizó en la presente investigación fue según la recomendación de **Abarca et al., (2014)**, con ciertas adaptaciones al medio requerido siendo sus dimensiones: altura 185 cm, ancho 90 cm y largo 200 cm, consta de 3 pisos con una ligera inclinación intercalada, cada piso a una distancia de 40 cm con 4 tubos fluorescentes por piso. Recubierta con plástico color negro, con una distribución de pulverizadores para riego en la parte superior.



a

b

**Fotografía 1** (a) pisos e inclinación de las bandejas (b) estructura del módulo de producción de forraje verde hidropónico

#### 4.3.1.1. Selección de la semilla

La **FAO (2001)**, recomienda una densidad de siembra de 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, teniendo en cuenta no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja; realizando una cosecha entre los 10 a 15 días de haber sembrado con un rendimiento de 12 a 18 kilos de forraje por cada kilo de semilla. En el presente trabajo de investigación se aplicó una densidad de siembra de 4 kg/ m<sup>2</sup>, 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 95% de germinación se dio inicio al proceso del presente trabajo de investigación.

#### 4.3.1.2. Pesado de la semilla según tratamientos

Teniendo en cuenta la tabla N°3 distribución de los tratamientos y dosis de siembra, que indica las dosis de siembra por tratamiento y repeticiones se procedió a pesar cada una de ellas, en una balanza electrónica.



**Fotografía 2** Pesado de semillas por tratamientos

#### 4.3.1.3. Lavado

La semilla se sumergió en un recipiente con abundante agua para eliminar las impurezas (semillas no desarrolladas, envolturas de las mismas, tallos) que quedan flotando en la superficie.



*Fotografía 3 Lavado de la semilla en envase individual por tratamiento*

#### 4.3.1.4. Remojo

El tiempo de remojo empleado fue de 24 horas, cada tratamiento en su propio envase con su dosis de siembra respectiva, agitando el agua para poder oxigenar, se realizó un cambio de agua después de las primeras 12 horas, todo el proceso en el interior del módulo con las condiciones adecuadas de temperatura.

#### 4.3.1.5. Desinfección

La desinfección se realizó con hipoclorito de sodio (Clorox) 10 gotas por litro de agua durante tres minutos. Posterior a la desinfección se lavó con abundante agua para eliminar restos del desinfectante.





*Fotografía 4 Desinfección de la semilla con hipoclorito de sodio*

#### **4.3.1.6. Escurrido**

El tiempo de escurrido fue de 12 horas en el interior del módulo, teniendo en cuenta la humedad entre 70 y 80%.

#### **4.3.1.7. Siembra**

Para poder determinar la dosis de siembra de cada tratamiento y repetición se tomó en cuenta la medida de la bandeja 41 cm X 29 cm, obteniendo así un área de 1189 cm<sup>2</sup> por bandeja. Una vez escurrida la semilla se procedió a distribuir las uniformemente en las bandejas cada una de ellas con su dosis de siembra respectiva.



**Fotografía 5** Siembra bien distribuida y uniformizada por tratamientos y repeticiones

En seguida se colocó al módulo de producción de forraje verde hidropónico cubriéndolas con plástico de color negro durante 48 horas para cumplir el proceso de emergencia de la radícula de las semillas.



**Fotografía 6** Germinación de la semilla a las 48 horas

#### **4.3.1.8. Crecimiento**

En el proceso de crecimiento la intensidad lumínica es importante para cumplir el proceso de fotosíntesis, es por ello que se utilizó 12 horas de luz con tubos

fluorescentes de 1600 Luxes de luminosidad y 12 horas de oscuridad, los riegos se realizaron 4 veces al día con una temperatura de 25 a 26°C, la humedad relativa más de 80%. Se mantuvo constante los factores mencionados ya que influyen directamente en la producción de FVH.

#### **4.3.1.9. Cosecha**

La cosecha se realizó a los 11 días obteniendo tres capas, el tapete radicular, las semillas que no pudieron germinar y por último la capa aérea de forraje verde hidropónico.



**Fotografía 7** Cosecha a los 11 días de producción de forraje verde hidropónico

#### **4.3.2. Obtención de muestras de forraje verde hidropónico**

Las muestras se obtuvieron mediante un corte de 8 x 8 cm al azar, con la finalidad de obtener un peso aproximado de 100 g de forraje verde hidropónico

*a**b*

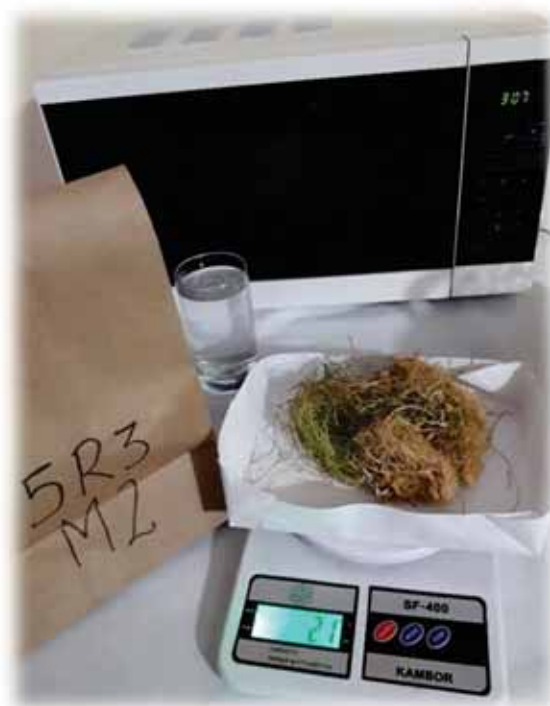
**Fotografía 8** (a) Corte al azar de la muestra de FVH, (b) pesado de muestras para el análisis en laboratorio

#### 4.3.3. Determinación de la materia seca

La determinación de la materia seca se realizó por el método del horno de microondas.

El método de secado con horno microondas permite determinar confiablemente el contenido de Materia Seca en los materiales forrajeros utilizados, reduciendo significativamente el tiempo de secado (6 a 8 min) respecto a la estufa de circulación forzada de aire (48 h) (Crespo et al., 2007).

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



*Fotografía 9* Determinación de la materia seca – peso de la muestra secada al aire

#### **4.3.4. Análisis químico y biológico (laboratorio)**

El análisis químico de proteína total y biológico de digestibilidad de la proteína 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 Química de la Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco.

##### **4.3.4.1. Determinación de la proteína total en base seca**

Las muestras de aproximadamente 100 g cada una fueron enviadas al Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco para ser evaluadas mediante métodos aprobados por la AOAC.

#### **4.3.4.2. Determinación y evaluación de la proteína total digestible in vitro**

La determinación de la proteína total digestible se realizó mediante el método enzimático denominado Prueba de digestibilidad de pepsina A.O.A.C. 971.09 en el Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

#### **4.3.5. Determinación del rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado**

Para la determinación del rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado se tomó en cuenta el peso obtenido de forraje verde hidropónico por bandeja y el peso de la semilla utilizada por bandeja.

### **4.4. Diseño de la investigación**

#### **4.5. Variables**

##### **4.5.1. Variable independiente o en estudio**

- 2 tipos de asociado de FVH (cebada + vicia y cebada + soya)

##### **4.5.2. Variable dependiente o de resultado**

- Producción de FVH a los 11 días, en Kilogramos.
- Rendimiento de materia seca en gramos.
- Rendimiento de proteína total en gramos.
- Rendimiento de proteína digestible en gramos.



#### 4.6. Tratamientos y repeticiones

En el presente estudio se evaluaron 5 tratamientos de los cuales uno de ellos se consideró como testigo. Cada tratamiento tuvo 3 repeticiones y cada repetición con dosis de siembra que se detalla a continuación:

**Tabla 7 Distribución de los tratamientos y dosis de siembra**

TRATAMIENTOS		REPETICIONES	DOSIS DE SIEMBRA
<b>T1</b>	100% cebada	R1	0.476 g C
		R2	0.476 g C
		R3	0.476 g C
<b>T2</b>	90% cebada + 10 % soya	R1	0.4284 g C + 0.0476 g S
		R2	0.4284 g C + 0.0476 g S
		R3	0.4284 g C + 0.0476 g S
<b>T3</b>	80% cebada + 20 % soya	R1	0.3808 g C + 0.0952 g S
		R2	0.3808 g C + 0.0952 g S
		R3	0.3808 g C + 0.0952 g S
<b>T4</b>	90 % cebada + 10 % vicia	R1	0.4284 g C + 0.0476 g V
		R2	0.4284 g C + 0.0476 g V
		R3	0.4284 g C + 0.0476 g V
<b>T5</b>	80 % cebada + 20% vicia	R1	0.3808 g C + 0.0952 g V
		R2	0.3808 g C + 0.0952 g V
		R3	0.3808 g C + 0.0952 g V

C: cebada, V: vicia, S: soya

#### 4.7. Análisis e interpretación de la información

Para el presente trabajo se utilizó un diseño completamente al Azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza con un método de comparación de Tukey, con el siguiente modelo aditivo lineal:

$$X_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$X_{ij}$  = cualquier valor o dato experimental.

$\mu$  = media o valor representativo de la población.

$T_i$  = efecto del  $i$  tratamiento.

$E_{ij}$  = Error experimental en el  $i$  tratamiento y  $j$  repetición.



## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Rendimiento del forraje verde hidropónico

En la tabla N°12 se muestran los promedios de rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

**Tabla 8. Rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado (kg/ m<sup>2</sup>)**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>R1</b>	22.649	24.247	21.060	23.087	23.919
<b>R2</b>	29.756	18.823	24.743	24.962	24.441
<b>R3</b>	22.195	24.584	20.950	19.445	20.437
<b>TOTAL</b>	74.60	67.65	66.75	67.49	68.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.87</b>	<b>22.55</b>	<b>22.25</b>	<b>22.50</b>	<b>22.93</b>
<b>DS</b>	4.240	3.233	2.159	2.805	2.176
<b>CV (%)</b>	17.052	14.338	9.703	12.469	9.491

T1: 100%cebada, T2: 90%cebada + 10%soya, T3: 80%cebada + 20%soya, T4: 90%cebada + 10%vicia, T5: 80%cebada + 20%vicia; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

De acuerdo al análisis empleado en (Anexo 13) no se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, los promedios de rendimiento de forraje verde hidropónico son iguales estadísticamente, quiere decir que la inclusión de los niveles de semilla de Fabáceas utilizadas no influyó en este aspecto. Por otro lado se comparó con el trabajo de investigación de **Quillahuaman y Condori (2019)**, reportando valores menores a la presente investigación teniendo en cuenta que agrego niveles de fertilizantes. En cuanto a las proporciones de forraje verde hidropónico (FVH: semilla) de los diferentes tratamientos y repeticiones podemos observar los datos detallados en la siguiente tabla.

**Tabla 9. Proporciones de forraje verde hidropónico (semilla: FVH)**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>R1</b>	5.66	6.06	5.26	5.77	5.97
<b>R2</b>	7.43	4.70	6.18	6.24	6.11
<b>R3</b>	5.54	6.14	5.23	4.86	5.11
<b>TOTAL</b>	18.63	16.90	16.67	16.86	17.18
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.21</b>	<b>5.63</b>	<b>5.56</b>	<b>5.62</b>	<b>5.73</b>
<b>DS</b>	1.059	0.808	0.539	0.701	0.544
<b>CV (%)</b>	17.052	14.338	9.703	12.469	9.491

T1: 100%cebada, T2: 90%cebada + 10%soya, T3: 80%cebada + 20%soya, T4: 90%cebada + 10%vicia, T5: 80%cebada + 20%vicia; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

De acuerdo al análisis empleado en (Anexo 12) no se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, los promedios de las proporciones de forraje verde hidropónico son iguales estadísticamente, quiere decir que la inclusión de los niveles de semilla de Fabáceas utilizadas no influyó en este aspecto. Mostrando de esta manera los promedios en proporciones en los cinco tratamientos trabajados en la presente investigación:

- ❖ Cebada 100% 1: 6.21
- ❖ Cebada 90% + soya 10% 1: 5.63
- ❖ Cebada 80% + soya 20% 1: 5.56
- ❖ Cebada 90% + vicia 10% 1: 5.62
- ❖ Cebada 80% + vicia 20% 1: 5.73

En comparación con **Herrera y Nuñez (2007)** quienes reportan proporciones superiores al presente trabajo, resultados que pudieron ser influenciados por porcentajes de fertilizantes utilizados en sus tratamientos.

## 5.2. Porcentaje y rendimiento de Materia seca (g/m<sup>2</sup>)

Los resultados respecto al contenido de materia seca en porcentaje, de los diferentes tratamientos y repeticiones, obtenidos en el presente trabajo de investigación, se da a conocer en la tabla N°8.

**Tabla 10. Porcentaje de materia seca de los 5 tratamientos de forraje verde hidropónico**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>R1</b>	7.85	8.15	9.61	9.77	7.89
<b>R2</b>	7.57	10	8.33	7.69	8.28
<b>R3</b>	8.99	9.2	9.27	12.5	12.4
<b>TOTAL</b>	24.41	27.35	27.21	29.96	28.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.14</b>	<b>9.12</b>	<b>9.07</b>	<b>9.99</b>	<b>9.52</b>
<b>DS</b>	0.752	0.928	0.663	2.412	2.499
<b>CV (%)</b>	9.244	10.177	7.310	24.155	26.240

T1: 100%cebada, T2: 90%cebada + 10%soya, T3: 80%cebada + 20%soya, T4: 90%cebada + 10%vicia, T5: 80%cebada + 20%vicia; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Se observa que los datos muestran homogeneidad (desviación estándar y coeficiente de variabilidad de las muestras) dentro de los márgenes permitidos. En el análisis de varianza se encontró que los promedios son estadísticamente iguales (ANEXO 11). Al comparar los resultados con **Ccente y Cornejo (2016)**, en su trabajo de investigación realizado bajo condiciones de invernadero, en donde el techo dejaba ingresar mucha intensidad lumínica por lo que al interior se colocó yute de color negro para evitar el quemado de las plantas por el fuerte contacto con los rayos solares y utilizando concentraciones de biol en 5 tratamientos en diferentes tiempos de cosecha registro valores entre 10% a 12% de materia seca siendo estas superiores al presente trabajo. Sin embargo, **Ramirez (2015)** reportó valores de 7.57% y 9.49% utilizando ambos cultivos, cebada y vicia, evidentemente los valores son inferiores a los obtenidos en la

presente investigación. En tal sentido la incorporación de las semillas de fabáceas soya y vicia en el cultivo de forraje verde hidropónico no afectaron el porcentaje de materia seca a los 11 días de su producción, de tal manera se puede inferir que si el rendimiento de materia seca por metro cuadrado es igual en los tratamientos, es de suponer que, al estado fisiológico de cosecha, el rendimiento de materia seca de las tres especies independientemente utilizadas en el presente trabajo son iguales.

Respecto al rendimiento de materia seca por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones, se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 11. Rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico por metro cuadrado (g/m<sup>2</sup>)**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>R1</b>	1777.97	1976.15	2023.84	2255.56	1887.23
<b>R2</b>	2252.54	1882.25	2061.13	1919.59	2023.69
<b>R3</b>	1995.34	2261.70	1942.10	2430.61	2534.23
<b>TOTAL</b>	6025.85	6120.11	6027.07	6605.77	6445.15
<b>PROMEDIO</b>	<b>2008.62</b>	<b>2040.04</b>	<b>2009.02</b>	<b>2201.92</b>	<b>2148.38</b>
<b>DS</b>	237.562	197.624	60.883	259.701	341.048
<b>CV (%)</b>	11.827	9.687	3.030	11.794	15.875

T1: 100%cebada, T2: 90%cebada + 10%soya, T3: 80%cebada + 20%soya, T4: 90%cebada + 10%vicia, T5: 80%cebada + 20%vicia; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

Al análisis estadístico empleado (Anexo 6), análisis de varianza del rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico por metro cuadrado, no se encontraron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) en los tratamientos, de tal manera que bajo las condiciones en las cuales se realizó el presente trabajo de investigación los promedios de rendimiento de materia seca (g/m<sup>2</sup>) entre la cebada y las asociaciones empleadas con vicia y soya, no tuvieron influencia en rendimiento de materia seca. Los datos obtenidos fueron comparados con los valores registrados por **Vera (2002)**, bajo

condiciones de invernadero con luz artificial y ventilación de aire para regular la temperatura, los cuales fueron muy superiores a los encontrados en el presente trabajo y similares a los reportados por **Cantuta (2015)**, teniendo en cuenta que utilizó fertilizantes químicos. Se hace necesario resaltar que en el presente trabajo se utilizó luz artificial con una potencia de 1600 luxes, sin embargo, **HYDROENVIRONMENT (2014)** recomienda un mínimo de luz de 2,800 hasta 40,000 luxes, por lo que se cree que es el factor de las diferencias en la cantidad de materia seca con las investigaciones mencionadas.

### 5.3. Rendimiento de Proteína total

En la tabla N°10 se muestran los promedios de rendimiento de proteína total por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

**Tabla 12. Rendimiento de proteína total del forraje verde hidropónico por metro cuadrado (g/m<sup>2</sup>) y comparación de promedios (TUKEY 0.05)**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>R1</b>	169.26	243.26	242.05	264.80	262.32
<b>R2</b>	214.44	231.71	246.51	225.36	281.29
<b>R3</b>	189.96	278.42	232.28	285.35	352.26
<b>TOTAL</b>	573.66	753.38	720.84	775.52	895.88
<b>PROMEDIO</b>	<b>191.22<sup>b</sup></b>	<b>251.13<sup>ab</sup></b>	<b>240.28<sup>ab</sup></b>	<b>258.51<sup>ab</sup></b>	<b>298.63<sup>a</sup></b>
<b>DS</b>	22.616	24.328	7.282	30.489	47.406
<b>CV (%)</b>	11.827	9.687	3.030	11.794	15.875

T1: 100%cebada, T2: 90%cebada + 10%soya, T3: 80%cebada + 20%soya, T4: 90%cebada + 10%vicia, T5: 80%cebada + 20%vicia; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

De acuerdo al análisis estadístico empleado (Anexo 7) se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, la prueba de Tukey (Anexo 8) indica que los tratamientos de cebada más vicia o soja tienen promedios de rendimiento de

proteína total por metro cuadrado superiores al de cebada, siendo el tratamiento 5 (80% cebada y 20% vicia) el mayor dentro de las asociaciones de especie utilizada. Al comparar estas evidencias, **Vera (2002)**, registra valores inferiores al presente trabajo de investigación mientras que **Quillahuaman y Condori (2019)**, reportan en rendimiento de proteína total en su tratamiento N° 7, 100 % de cebada, valores superiores a la presente investigación mas no en el asociado con vicia siendo similares a los registrados en el presente trabajo, teniendo en cuenta la cantidad de días de producción las cuales fueron 15. En virtud de los resultados obtenidos indica que los tratamientos obtenidos con mayor rendimiento de proteína total son aquellas que tienen una relación inherente a la familia de las fabaceas las cuales ostentan mayor contenido proteico en comparacion a otras familias.

#### 5.4. Proteína total digestible

En la tabla N°11 se muestran los promedios de contenido de proteína total digestible por metro cuadrado de los diferentes tratamientos y repeticiones.

**Tabla 13. Rendimiento de la proteína total digestible del forraje verde hidropónico por metro cuadrado (g/m<sup>2</sup>) y comparación de promedios (TUKEY 0.05)**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>R1</b>	137.78	194.61	204.05	219.52	205.66
<b>R2</b>	174.56	185.36	207.81	186.82	220.53
<b>R3</b>	154.62	222.73	195.81	236.56	276.17
<b>TOTAL</b>	466.96	602.71	607.67	642.90	702.37
<b>PROMEDIO</b>	<b>155.65<sup>b</sup></b>	<b>200.90<sup>ab</sup></b>	<b>202.56<sup>ab</sup></b>	<b>214.30<sup>ab</sup></b>	<b>234.12<sup>a</sup></b>
<b>DS</b>	18.409	19.462	6.138	25.275	37.166
<b>CV (%)</b>	11.827	9.687	3.030	11.794	15.875

T1: 100%cebada, T2: 90%cebada + 10%soya, T3: 80%cebada + 20%soya, T4: 90%cebada + 10%vicia, T5: 80%cebada + 20%vicia; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad.

De acuerdo al análisis estadístico empleado (Anexo 9) se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los promedios de rendimiento de proteína total digestible de los tratamientos, la prueba de Tukey (Anexo 10) indica en forma descriptiva que los tratamientos de cebada más vicia o soja tienen promedios de rendimiento de proteína total digestible por metro cuadrado superiores al de cebada, siendo el tratamiento 5 (80 % cebada y 20% vicia) el mayor dentro de las asociaciones de especie utilizada. Estos resultados coinciden con las diferencias estadísticas obtenidas en el contenido de proteína total, lo que indicaría que los coeficientes de digestibilidad de la proteína total en los diferentes tratamientos son similares, lo que se observa en el Anexo 14. Al compararlos los resultados con **Quillahuaman y Condori (2019)**, se observa que reportan valores mucho menores al presente trabajo teniendo en cuenta que realizaron su investigación incluyendo ormus en cebada pura y también forraje verde hidropónico asociado, cebada con vicia.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en el que se realizó la presente investigación se concluye que:

1. El uso de las semillas de vicia y soya asociado a la semilla de cebada en el cultivo de forraje verde hidropónico no influye significativamente en el rendimiento final ( $\text{Kg/m}^2$ ) a los 11 días de su producción.
2. El cultivo de forraje verde hidropónico de cebada, cebada – soya y cebada – vicia tienen similar rendimiento de materia seca a los 11 días de su producción.
3. El cultivo asociado de forraje verde hidropónico de cebada – vicia (tratamiento 5) es el que tuvo el mayor rendimiento de proteína total mientras que el tratamiento 1 (testigo) obtuvo el menor rendimiento y los tratamientos 2,3 y 4 fueron estadísticamente iguales a los 11 días de su producción.
4. El mayor rendimiento de proteína total digestible lo tuvo el tratamiento 5 mientras que el de menor rendimiento lo posee el tratamiento 1 y los tratamientos 2,3 y 4 fueron estadísticamente iguales e inferiores al tratamiento 5 a los 11 días de su producción.



## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar Estudio de intensidad lumínica con diferentes fuentes de iluminación.
2. Realizar un Estudio de costos de producción en condiciones de invernadero.
3. Realizar pruebas biológicas productivas en diferentes especies animales con las diferentes asociaciones utilizadas en el presente trabajo de investigación.

## CAPITULO VII

### BIBLIOGRAFIA

**Abarca R. P., Aguirre A. C., Carrasco J. J. y Silva R. L. ( 2014).** INIA Rayentué.

Obtenido de Forraje verde hidropónico Informativo N° 51 Construcción de estructura de madera para producción de forraje hidropónico:  
<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Informativo-51-Forraje-verde-hidrop%C3%B3nico.pdf>

**Al-Karaki G. N. y Al-Hashimi M. ( 2012).** Producción de forraje verde y eficiencia del

uso del agua de algunos cultivos forrajeros en condiciones hidropónicas. Universidad del Golfo Pérsico, Manama, Bahrein. ISRN Avisos internacionales de investigación académica, ID de artículo 924672, 5.

**Altieri M. y Nicholls C. I. (2000).** Agroecología Teoría y práctica para una agricultura

sustentable (primera ed.). México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Obtenido de  
<http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/agroecologia2%5B1%5D.pdf>

**Alvarez F. (2011).** Producción de forraje verde hidroponico - Una alternativa para la

alimentación de animales en periodos de carencia de pastos . Lima: Soluciones Practicas.

**Arano C. (1998).** Forraje Verde Hidropónico y otras Técnicas de Cultivo sin Tierra.

Buenos Aires, Argentina.

**Bidwell R. O. S. (1993).** Fisiología Vegetal. AGT Editores.

**Caballos C. J. y García E. P. (1992).** Cultivos hidropónicos, Nuevas técnicas de producción. Madrid: Mundi - Prensa.

**Canals R. M., Peralta J. y Zubiri E. (2019).** Departamento de agronomía, biotecnología y alimentación herbario UPNA - Departamento de Ciencias Universidad Pública de Navarra. Obtenido de flora pratense y forrajera cultivada en la península Ibérica : [https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Vici\\_sati\\_p.htm](https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Vici_sati_p.htm)

**Cantuta S. R. T. (2015).** Efecto del abono orgánico líquido de humus en la producción. (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia.

**Caraguay D. (2016).** Utilización de forraje verde hidropónico de avena "*Avena sativa*" con tres niveles de alfalfa "*Medicago sativa*" en la alimentación de cuyes (tesis pregrado). en la Hoya de Loja. Ecuador.

**Ccente M. F. y Cornejo D. N. F. (2016).** Influencia de diferentes concentraciones de biol y tiempo de cosecha en la composición química y producción de cebada hidropónica. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

**Chira J. (2015).** La problemática de la producción forrajera. Obtenido de Gobierno regional Piura, portal de transparencia: <https://peihap.gob.pe/2015/07/17/la-problematica-de-la-produccion-forrajera-se-debe-al-mal-manejo-de-los-pastizales/>

**Contreras S. C., Burgos K. G., Portilla R. S. y Rojas M. A. (2018).** INIA Intihuasi informativo N° 79. (E. González Villalobos , Ed.) Obtenido de Valorización

económico nutricional como criterio de selección de especies para la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH): <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40885.pdf>

**Crespo R., Castaño J. y Capurro J. (2007).** Secado de Forraje con el Horno Microondas: Efecto Sobre el Analisis de Calidad. Agricultura Técnica, 67(2), 210-218.

**FAO (2001).** Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe, Manual técnico (cuatro modulos), El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios. Santiago de Chile.

**Flores S. (2019).** Aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en el Centro Experimental de Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés (tesis de pregrado). La Paz - Bolivia.

**Guzmán G. (2004).** Ministerio de agricultura y ganadería, Sistema Unificado de Información Institucional, Hidroponia en casa una actividad familiar . San José - Costa Rica: editorial MAG.

**Hernández R., Zapata N. E. y Mendoza C. P. (2013).** Metodología de la investigación. Mexico: Editorial McGraw-Hill/Interamericana.

**Herrera E. y Nuñez W. (2007).** Producción y uso de forraje verde hidropónico de cebada, maíz amarillo y asociados en el engorde de cuyes. Universidad Nacional del Centro del Perú . (tesis de pregrado). Huancayo.

**Hughes H. D., Heath M. E. y Metcalfe, D. S. (1980).** Forrajes. Mexico: editorial Continental, S.A.

**HYDROENVIRONMENT (2014).** Innovación Agrícola, Condiciones Ambientales para Producir F.V.H. Obtenido de Comercializadora Hydro Environment S.A. de C.V.: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=128](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=128)

**INFOAGRO (2019).** Infoagro Systems, S.L.Madrid, España. Obtenido de Revista agricola, Industria de los cereales y derivados: <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>

**INTA (2016).** Instituto Tecnológico Agrario, J. D., Plan de monitorización de los cultivos de regadío en Castilla y León. Resultado de la encuesta de cultivos en la campaña agrícola 2014 - 2015. Obtenido de Infoagro: [http://www.inforiego.org/opencms/opencms/system/modules/es.jcyl.ita.site.info.riego/elements/galleries/galeria\\_downloads/2016-08-18\\_Informe\\_ANUAL\\_Encuesta\\_CCRR\\_2015.pdf](http://www.inforiego.org/opencms/opencms/system/modules/es.jcyl.ita.site.info.riego/elements/galleries/galeria_downloads/2016-08-18_Informe_ANUAL_Encuesta_CCRR_2015.pdf)

**Juárez P., Morales H., Sandoval M., Gómez A., Crespo E., Juárez C. y Ortiz M. (2013).** Producción de forraje verde hidropónico . Nayarit: Editorial UAN.

**Less p. (1983).** Ganadería Hidropónica, agricultura de las Américas.

**López L. A. (2005).** Producción de forraje verde hidropónico. (tesis pregrado). Centro de Investigación en química aplicada. Sotillo, Coahuila.

**MINAGRI (1996).** Ministerio de Agricultura y Riego - República del Perú, el Agro en cifras, Pastos naturales altoandinos. Obtenido de

<https://www.minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/306-pastos-naturales?limitstart=0>

**Mora I. (2007).** Nutrición animal . San José - Costa Rica: EUNED Editorial Universidad Estatal a distancia . Obtenido de <http://fiai-pe.blogspot.com/2013/10/valor-nutricional-de-los-alimentos.html>

**Núñez Torres O. P. (2017).** Los costos de la alimentación en la producción pecuaria, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tungurahua - Ecuador. Scielo Revista de la Ciencia Animal Selva Andina, versión impresa ISSN 2311-2581.

**Ñaupari J. (2019).** Congreso de ecosistemas altoandinos de la puna, Universidad Nacional Agraria la Molina, a través del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP) de la Facultad de Zootecnia y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP). Lima - Perú.

**Pautrat W. (2008).** Producción de forraje verde hidropónico de cebada para alimentación de cuyes (tesis de pregrado). INIA . Junin - Perú.

**Posada S., Angulo J. y Restrepo L. (2007).** Validación de métodos de secado para la determinación de materia seca en especies forrajeras. Livestock Research for Rural Development, 19(3).

**Quillahuaman A. F. y Condori M. R. (2019).** Producción de forraje verde hidropónico con la utilización de tres tipos de ormus en el Centro Agronómico K'ayra - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. ( tesis de pregrado). CUSCO.

- Ramirez M. (2015).** Efecto de la utilización de forraje verde hidropónico de *Hordeum vulgare* asociado a la *Vicia sativa* sobre la ganancia de peso vivo en cavia porcellus destetados ( tesis de pregrado) . Huncavelica - Perú.
- Resh H. (1997).** Cultivos hidropónicos. Barcelona: Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Rodríguez de la R G. S. (2003).** Forraje verde hidropónico. Hidroponía. Lo más cerca del futuro.
- Rodríguez A. (2005).** Red hidroponía, Boletín informativo N° 29. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rodríguez A., Chang M., Paqui L. y Orosco J. (2016).** Curso práctico de hidroponía. Lima: UNALM.
- Siza M. (2013).** Utilización de forraje hidropónico mas balanceado comercial como alimento en la crianza de cuyes a partir de la tercera hasta la decima tercera semana de edad (tesis de pregrado).Universidad Tecnica del Ambato. Ecuador.
- Tarrillo H. (2008).** Forraje verde hidropónico. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Sofilucita/produccion-forraje-verde-hidroponico-ing-tarrillo>
- Valdivia B. E. (1996).** Producción de forraje verde hidropónico (FVH). Curso taller internacional de hidroponía. 25 - 29 de Marzo. Lima, Perú.

**Valdivia B. E. (1997).** Producción de Forraje Verde Hidropónico, Conferencia Internacional en Conferencia Internacional en hidroponía comercial 6 - 8 agosto Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.

**Vargas F. (2008).** Comparación productiva de forraje verde hidroponico de maíz, arroz y sorgo forrajero (tesis de pregrado). Agronomia mesoamericano.

**Vera A. A. (2002).** Abonamiento orgánico e inorgánico en el cultivo asociado cebada (*Hordeum vulgare L.*) - Vicia (*Vicia sativa L.*) bajo condiciones de invernadero e hidroponia.(tesis de pregrado).Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco,. Cusco, Perú.



## ANEXOS

## ANEXO 1 Peso del forraje verde hidropónico obtenido a los 11 días (g/bandeja)

REPETICIONES		TRATAMIENTOS				
		T1	T2	T3	T4	T5
R1		2.693	2.883	2.504	2.745	2.844
R2		3.538	2.238	2.942	2.968	2.906
R3		2.639	2.923	2.491	2.312	2.430

## ANEXO 2 Rendimiento de materia seca por bandeja y por metro cuadrado (g)

tratamientos	repeticiones	peso fresco / bandeja (g)	% MS	MS/bandeja (g)	MS/m <sup>2</sup> (g)
T1	R1	2693	7.85	211.4	1777.97
	R2	3538	7.57	267.8	2252.54
	R3	2639	8.99	237.2	1995.34
T2	R1	2883	8.15	235.0	1976.15
	R2	2238	10	223.8	1882.25
	R3	2923	9.2	268.9	2261.70
T3	R1	2504	9.61	240.6	2023.84
	R2	2942	8.33	245.1	2061.13
	R3	2491	9.27	230.9	1942.10
T4	R1	2745	9.77	268.2	2255.56
	R2	2968	7.69	228.2	1919.59
	R3	2312	12.5	289.0	2430.61
T5	R1	2844	7.89	224.4	1887.23
	R2	2906	8.28	240.6	2023.69
	R3	2430	12.4	301.3	2534.23

**ANEXO 3** Rendimiento de proteína total (g/ m<sup>2</sup>)

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>MS/m<sup>2</sup> (g)</b>	<b>% PT (Base seca)</b>	<b>PT (g /m<sup>2</sup>)</b>
<b>T1</b>	R1	1777.97	9.52	169.26
	R2	2252.54	9.52	214.44
	R3	1995.34	9.52	189.96
<b>T2</b>	R1	1976.15	12.31	243.26
	R2	1882.25	12.31	231.71
	R3	2261.70	12.31	278.42
<b>T3</b>	R1	2023.84	11.96	242.05
	R2	2061.13	11.96	246.51
	R3	1942.10	11.96	232.28
<b>T4</b>	R1	2255.56	11.74	264.80
	R2	1919.59	11.74	225.36
	R3	2430.61	11.74	285.35
<b>T5</b>	R1	1887.23	13.9	262.32
	R2	2023.69	13.9	281.29
	R3	2534.23	13.9	352.26

**ANEXO 4** Rendimiento de proteína total digestible (g/ m<sup>2</sup>)

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>PT (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>PTD (%)</b>	<b>PTD (gr/ m<sup>2</sup>)</b>
<b>T1</b>	R1	169.26	81.4	137.78
	R2	214.44	81.4	174.56
	R3	189.96	81.4	154.62
<b>T2</b>	R1	243.26	80	194.61
	R2	231.71	80	185.36
	R3	278.42	80	222.73
<b>T3</b>	R1	242.05	84.3	204.05
	R2	246.51	84.3	207.81
	R3	232.28	84.3	195.81
<b>T4</b>	R1	264.80	82.9	219.52
	R2	225.36	82.9	186.82
	R3	285.35	82.9	236.56
<b>T5</b>	R1	262.32	78.4	205.66
	R2	281.29	78.4	220.53
	R3	352.26	78.4	276.17

**ANEXO 5** Proporciones de Forraje Verde Hidropónico (FVH: semilla)

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>peso por bandeja de FVH (Kg) (1)</b>	<b>peso de la semilla (Kg) (2)</b>	<b>rendimiento de FVH (FVH: semilla) (1/2)</b>
<b>T1</b>	R1	2.693	0.476	5.66
	R2	3.538	0.476	7.43
	R3	2.639	0.476	5.54
<b>T2</b>	R1	2.883	0.476	6.06
	R2	2.238	0.476	4.70
	R3	2.923	0.476	6.14
<b>T3</b>	R1	2.504	0.476	5.26
	R2	2.942	0.476	6.18
	R3	2.491	0.476	5.23
<b>T4</b>	R1	2.745	0.476	5.77
	R2	2.968	0.476	6.24
	R3	2.312	0.476	4.86
<b>T5</b>	R1	2.844	0.476	5.97
	R2	2.906	0.476	6.11
	R3	2.430	0.476	5.11

**ANEXO 6** Análisis de varianza del rendimiento de materia seca del forraje verde hidropónico por metro cuadrado

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	93775.93	4	23443.98	0.41	0.7948
<b>Error</b>	565912.63	10	56591.26		
<b>Total</b>	659688.55	14			

CV = 11.43

**ANEXO 7** Análisis de varianza del rendimiento de proteína total del forraje verde hidropónico por metro cuadrado

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	17899.18	4	4474.80	5.16	0.0161
<b>Error</b>	8666.90	10	866.69		
<b>Total</b>	26566.08	14			

CV= 11.87

**ANEXO 8** Test Tukey del rendimiento de proteína total del forraje verde hidropónico por metro cuadrado

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 79.10386

Error: 866.6901 gl: 10

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>significancia</b>	
<b>5</b>	298.62	3	a	
<b>4</b>	258.50	3	a	b
<b>2</b>	251.13	3	a	b
<b>3</b>	240.28	3	a	b
<b>1</b>	191.22	3		b

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**ANEXO 9** Análisis de varianza del rendimiento de la proteína total digestible del forraje verde hidropónico por metro cuadrado

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	9993.89	4	2498.47	4.50	0.0245
<b>Error</b>	5551.70	10	555.17		
<b>Total</b>	15545.60	14			

CV= 11.69

**ANEXO 10** Test Tukey del rendimiento la proteína total digestible del forraje verde hidropónico por metro cuadrado

Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 63.31096

Error: 555.1704 gl: 10

TRATAMIENTOS	Medias	n	significancia	
5	234.12	3	a	
4	214.30	3	a	b
3	202.56	3	a	b
2	200.90	3	a	b
1	155.65	3		b

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**ANEXO 11** Análisis de varianza del porcentaje de materia seca del forraje verde hidropónico por tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
TRATAMIENTOS	5.62	4	1.40	0.50	0.7341
Error	27.86	10	2.79		
Total	33.48	14			

CV= 18.21

**ANEXO 12** Análisis de varianza de las proporciones de forraje verde hidropónico (FVH: semilla)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
TRATAMIENTOS	13.50	4	3.38	0.37	0.8252
Error	91.41	10	9.14		
Total	104.91	14			

CV= 13.13

**ANEXO 13** Análisis de varianza del rendimiento de forraje verde hidropónico por metro cuadrado

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	0.84	4	0.21	0.37	0.8269
<b>Error</b>	5.70	10	0.57		
<b>Total</b>	6.54	14			

CV= 13.13

**ANEXO 14** Costo variable parcial en la producción de forraje verde hidropónico en Kg/m<sup>2</sup>

<b>RUBRO</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>SEMILLA(Kg)/m<sup>2</sup></b>					
<b>CEBADA</b>	4	3.6	3.2	3.6	3.2
<b>VICIA</b>				0.4	0.8
<b>SOYA</b>		0.4	0.8		
<b>COSTO SEMILLA (S/)</b>					
<b>CEBADA</b>	S/8.00	S/ 7.20	S/ 6.40	S/ 7.20	S/ 6.40
<b>VICIA</b>				S/ 3.20	S/ 6.40
<b>SOYA</b>		S/ 1.60	S/ 3.20		
<b>COSTO TOTAL SEMILLA/m<sup>2</sup> (S/)</b>	<b>S/ 8.00</b>	<b>S/ 8.80</b>	<b>S/ 9.60</b>	<b>S/ 10.40</b>	<b>S/ 12.80</b>

En cuanto al costo variable parcial en la producción de forraje verde hidropónico se observa claramente que es superior en los tratamientos 3 y 5 los cuales son asociaciones de cebada con vicia y costo inferior en el caso de las asociaciones de cebada con soya, lo cual aporta en reducir los costos de producción.

Siendo el precio de la semilla de soya inferior al de la vicia y las variables de estudio iguales en las asociaciones empleadas (cebada/ vicia – soya), y superiores al testigo, se concluye que la soya puede reemplazar a la vicia en el cultivo de forraje verde hidropónico y mejorar las condiciones económicas productivas.

**ANEXO 15** Informe de análisis químico - porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad de proteína



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

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



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

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0515-19-LAQ

SOLICITANTE: CONZA VARGAS ELIZABETH  
 DIRECCION : CUSCO  
 MUESTRA : FORRAJE VERDE HIDROPONICO  
 TRATAMIENTO: T1, T2, T3, T4, T5  
 FECHA : 0/02/09/2019

RESULTADO ANALISIS:

	Proteína %	Digestibilidad Proteína %
T1	9.52	81.4
T2	12.31	80.0
T3	11.96	84.3
T4	11.74	82.9
T5	13.90	78.4

- \* Proteína: Método Kjeldahl
- \* Digestibilidad: AOAC 971.09

Cusco, 06 de setiembre 2019

