

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA**

(Creada Ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**"COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA FORRAJERA DE AVENA Y VICIA EN SUS DIFERENTES PROPORCIONES CON LA ADICIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA Y MICROORGANISMOS EFICACES"**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**PASTOS Y FORRAJES CULTIVADOS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. SEDANO TAIPE, Rusmel Efrain

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**HUANCABELICA, PERÚ**

**2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

### ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintiocho días (28) del mes de diciembre del año 2021, siendo las once de la mañana (11:00 a.m.), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: M.Sc. Rodrigo Huamán Jurado (Presidente), M.Sc. Yola Victoria Ramos Espinoza (Secretaria), Dr. Rufino Paucar Chanca (Asesor), designados con Resolución de Decano N° 350-2021-FCI-UNH, de fecha 07 de diciembre del 2021, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **“COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA FORRAJERA DE AVENA Y VICIA EN SUS DIFERENTES PROPORCIONES CON LA ADICIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA Y MICROORGANISMOS EFICACES”**, presentado por el Bachiller **Rusmel Efrain SEDANO TAIPE**, a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Zootecnista**. Finalizada la sustentación virtual a horas 1:05 pm; se comunicó al sustentante y al público en general que los Miembros del Jurado abandonaran el aula virtual para deliberar el resultado:

APROBADO  POR unanimidad

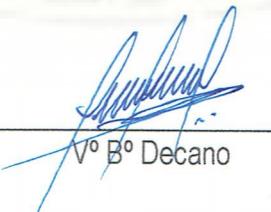
DESAPROBADO

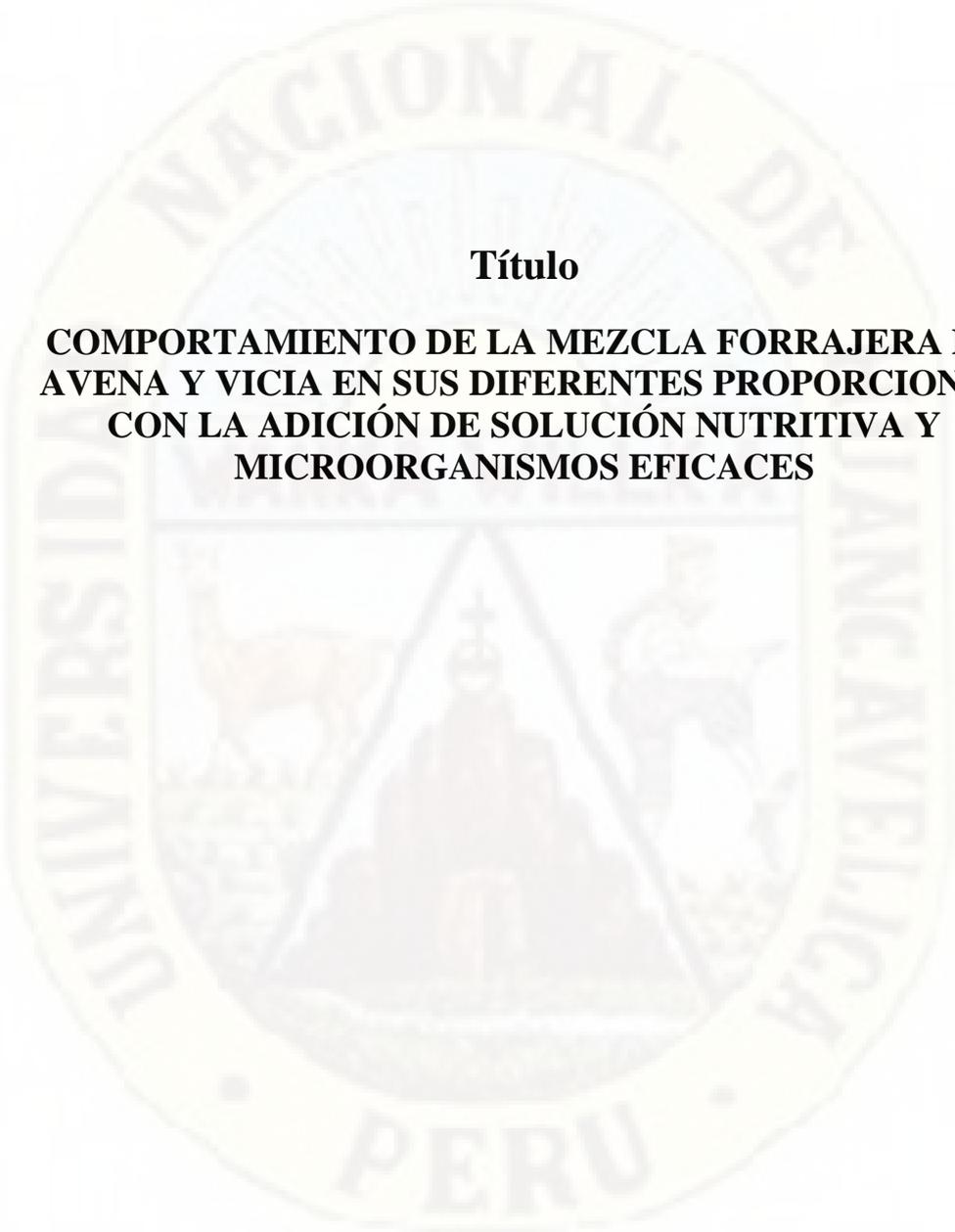
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

  
Presidente

  
Secretario

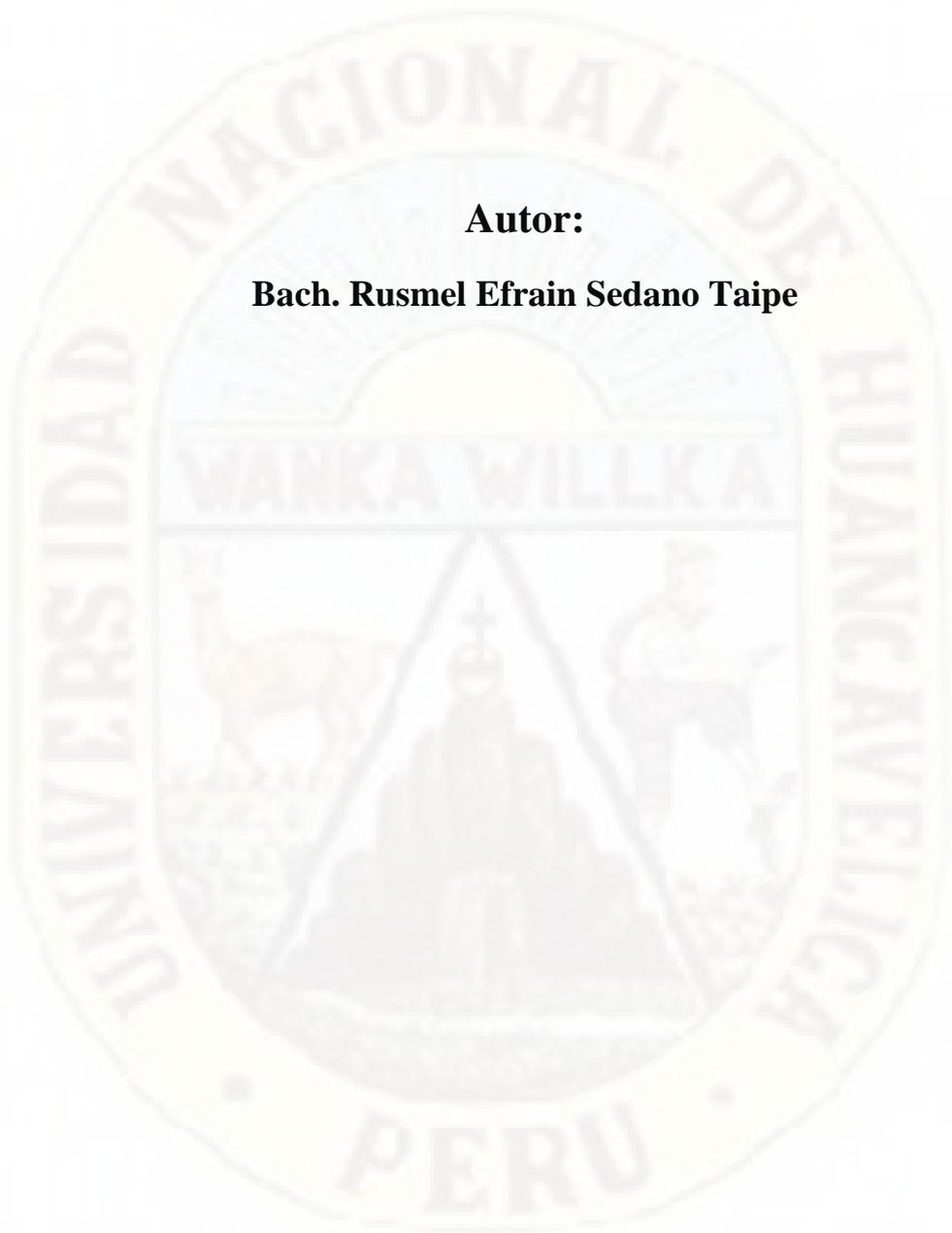
  
Asesor

  
V° B° Decano



**Título**

**COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA FORRAJERA DE  
AVENA Y VICIA EN SUS DIFERENTES PROPORCIONES  
CON LA ADICIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA Y  
MICROORGANISMOS EFICACES**

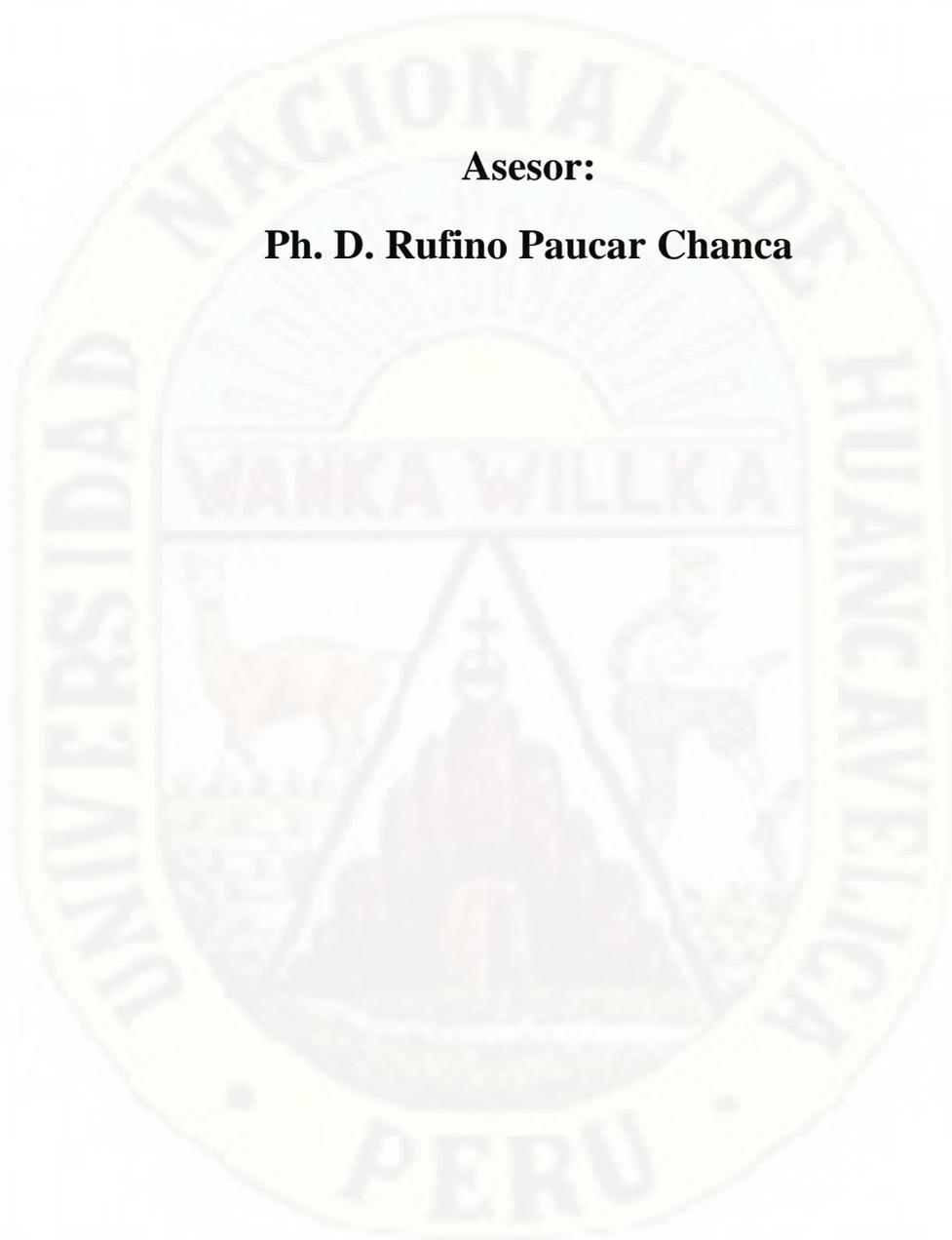


**Autor:**

**Bach. Rusmel Efrain Sedano Taipe**

**Asesor:**

**Ph. D. Rufino Paucar Chanca**



## Agradecimiento

Al proyecto de investigación “Estimación de parámetros genéticos de las principales características productivas y reproductivas en cuyes (*Cavia porcellus*) de la provincia de Huancavelica”, financiada por el Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea (FOCAM) de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Agradezco infinitamente a Dios, Padre Todo Poderoso, por la vida, por el amor que nos muestra día a día y por permitirme cumplir una importante meta que es ser profesional.

Del mismo modo, proporciono mis sinceros agradecimientos a las personas e instituciones quienes hicieron esto posible, que menciono a continuación:

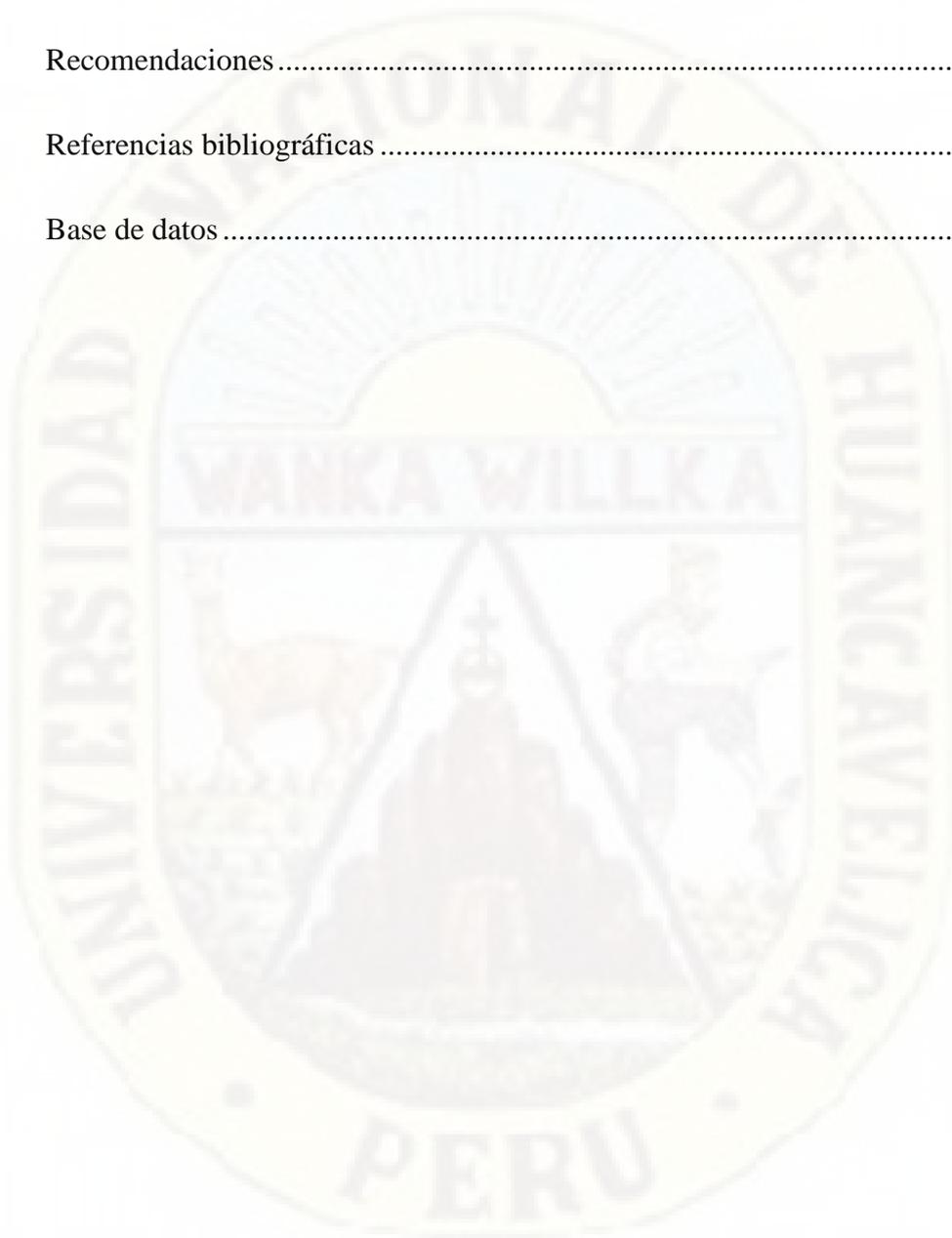
- Al Ph.D. Rufino Paucar Chanca; asesor de mi tesis, mi guía profesional; quien con su capacidad profesional y calidad humana me brindó sus conocimientos y experiencias que me permitió crecer como persona y como profesional.
- Al Mg. José Luis Contreras Paco, por su ayuda y guía en la metodología experimental de la presente investigación; quien también enriqueció este trabajo con sus aportes.
- Al Ing. Paúl Mayhua Mendoza, por brindarme siempre un espacio de ayuda, por los consejos y apoyo durante mi etapa de formación profesional.
- A Marco Antonio Espinoza, James Curasma, Romario Inga, Yeraldin Inga; quienes siempre encontraron la forma de apoyarme en el proceso de la ejecución del presente estudio y convertirse en grandes amigos.
- A la Universidad Nacional de Huancavelica, a la Facultad de Ciencias de Ingeniería, en especial a la Escuela Profesional de Zootecnia, a su personal docente y administrativo, por formarme como persona y como profesional.

## Tabla de Contenido

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Portada.....                        | i    |
| Acta de Sustentación .....          | ii   |
| Título .....                        | iii  |
| Autor:.....                         | iv   |
| Asesor:.....                        | v    |
| Agradecimiento .....                | vi   |
| Tabla de Contenido .....            | vii  |
| Tabla de contenido de Tablas .....  | x    |
| Resumen .....                       | xii  |
| Abstract .....                      | xiii |
| Introducción.....                   | xiv  |
| CAPÍTULO I.....                     | 14   |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....     | 14   |
| 1.1. Descripción del problema ..... | 14   |
| 1.2. Objetivos.....                 | 18   |
| 1.3. Justificación .....            | 19   |
| CAPÍTULO II.....                    | 22   |
| MARCO TEÓRICO .....                 | 22   |

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes .....                                      | 22 |
| 2.2. Bases teóricas.....                                     | 34 |
| 2.2.1. Microorganismos Eficaces (EM-1).....                  | 34 |
| 2.2.2. Soluciones nutritivas:.....                           | 39 |
| 2.2.3. Forraje verde hidropónico:.....                       | 44 |
| 2.3. Definición de términos.....                             | 54 |
| 2.4. Hipótesis .....   | 57 |
| 2.5. Variables .....   | 57 |
| 2.6. Operacionalización de variables e indicadores .....     | 59 |
| CAPÍTULO III .....   | 60 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....                         | 60 |
| 3.1. Ámbito temporal y espacial .....                        | 60 |
| 3.2. Tipo de investigación.....                              | 60 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                     | 60 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos ..... | 61 |
| 3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos ..... | 66 |
| CAPÍTULO IV .....  | 68 |
| PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....                              | 68 |
| 4.1. Presentación e interpretación de datos.....             | 68 |
| 4.2. Discusión de resultados .....                           | 78 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.3. Proceso de prueba de hipótesis ..... | 85  |
| Conclusiones .....                        | 87  |
| Recomendaciones .....                     | 88  |
| Referencias bibliográficas .....          | 89  |
| Base de datos .....                       | 102 |



## Tabla de contenido de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Macro y micronutrientes para la nutrición de las plantas. ....   | 41 |
| Tabla 2. Composición química de la solución nutritiva La Molina. ....   | 41 |
| Tabla 3 Composición química de soluciones nutritivas La Molina. ....  | 42 |
| Tabla 4 Contenido de concentraciones de la solución nutritiva La Molina. ....   | 42 |
| Tabla 5 Composición química del grano de la Vicia Sativa. ....  | 54 |
| Tabla 6 ANOVA del efecto de la asociación y tipos de solución sobre el rendimiento de biomasa del FVH de avena asociado con vicia. ....   | 68 |
| Tabla 7 Media y desviación estándar del rendimiento de biomasa (Kg/m <sup>2</sup> ) del FVH de la asociación forrajera avena vicia sembradas en diferentes proporciones con la adición de dos tipos de nutrientes. .... | 69 |
| Tabla 8 Efecto del tipo de nutriente sobre el rendimiento de biomasa de las diferentes proporciones de siembra de la asociación avena vicia. ....   | 69 |
| Tabla 9 Efecto del nutriente y proporciones de siembra del FVH de la asociación avena vicia sobre el rendimiento de tallos y hojas. ....  | 70 |
| Tabla 10 Media y desviación estándar del rendimiento de hojas y tallos (kg/m <sup>2</sup> ) del FVH de la asociación forrajera avena vicia en diferentes proporciones con la adición de dos tipos de nutrientes. ....   | 71 |
| Tabla 11 Efecto del nutriente sobre el rendimiento de hojas y tallos de las diferentes proporciones de siembra de la asociación avena vicia. ....   | 71 |
| Tabla 12 Comportamiento del nutriente y proporciones de siembra de la asociación avena vicia sobre la materia seca de hojas y tallos del FVH. ....  | 72 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 13 Comparación de medias del rendimiento de la materia seca de las hojas y tallos del FVH de la asociación avena vicia, bajo diferentes proporciones de siembra. ....                             | 73 |
| Tabla 14 Comportamiento del rendimiento de MS del FVH de la asociación avena vicia en sus diferentes proporciones con la adición de dos tipos de nutrientes. ....                                       | 73 |
| Tabla 15 Análisis de varianza de altura de planta del forraje verde hidropónico de avena asociado con vicia en diferentes proporciones. ....  | 74 |
| Tabla 16 Comparación de medias de la altura de planta (cm/18 días) del forraje verde hidropónico de avena asociada a la vicia, adicionada con dos tipos de nutrientes. ....                             | 74 |
| Tabla 17 Comportamiento del factor nutriente en la altura de planta (cm/18 días) en las diferentes proporciones de cultivo del FVH de la asociación forrajera avena vicia. ....                         | 75 |
| Tabla 18 Efecto de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento del colchón radicular del FVH de avena asociada con vicia en diferentes proporciones. ....  | 76 |
| Tabla 19 Efecto del nutriente dentro de las proporciones de siembra sobre la relación biomasa y colchón radicular. ....   | 77 |
| Tabla 21 Valor de p (p-valor) para el efecto nutriente sobre las características productivas del forraje verde hidropónico de la asociación avena vicia cultivadas en sus diferentes proporciones. .... | 86 |

## Resumen

En el invernadero de la Universidad Nacional de Huancavelica se evaluó el comportamiento de la mezcla forrajera avena (*Avena sativa*) vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) cultivadas en hidroponía. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar de cuatro repeticiones con arreglo factorial  $2 \times 3$  (dos tratamientos y tres proporciones de siembra). Se evaluaron rendimiento de biomasa, rendimiento de hojas y tallos, % de materia seca de hojas y tallos, altura de planta, rendimiento del colchón radicular y la relación de peso de colchón radicular y biomasa. El rendimiento de biomasa fue afectada significativamente por el tipo de nutriente y proporción de siembra ( $p < 0.05$ ), donde la aplicación del EM-1 logró  $14.80 \pm 1.17 \text{ Kg/m}^2$  y con proporción 75% gramínea y 25% leguminosa, se logró rendimiento de  $15.03 \pm 1.23 \text{ Kg/m}^2$ ; el rendimiento de hojas y tallos resultaron diferentes bajo los dos factores ( $p < 0.05$ ), donde la mayor respuesta se logró con uso de EM-1 ( $3.69 \pm 0.15 \text{ Kg/m}^2$ ) y en proporción de siembra de 75%A:25%V ( $3.69 \pm 0.15 \text{ Kg/m}^2$ ); en relación del % de materia seca de hojas y tallos, la mayor respuesta se halló en la proporción de siembra 75%A:25%V ( $0.24 \pm 0.02$ ), donde no hubo efecto significativo del factor nutriente. La altura de planta, fue afectada por el tipo de nutriente ( $p < 0.05$ ), donde los microorganismos eficaces lograron mayores crecimientos ( $24.11 \pm 1.69 \text{ cm/18 días}$ ); con respecto a rendimiento del colchón radicular no se observaron efectos estadísticamente significativos del tipo de nutriente y de la proporción de siembra ( $p > 0.05$ ); mientras para la relación peso del colchón radicular y biomasa sí se observaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ), donde la mejor relación se mostró bajo el tratamiento del EM-1 ( $0.77 \pm 0.02$ ) y en la proporción 80%A:20%V ( $0.77 \pm 0.03$ ). Bajos los escenarios logrados, se concluye que el comportamiento de la asociación forrajera avena vicia cultivadas en diferentes proporciones, resulta ser beneficioso y muy favorable; mas aún, con la adición de microorganismos eficaces, recomendando como un nutriente opcional para uso en hidroponía y alimentación animal.

Palabras claves: microorganismos eficaces, avena, vicia, soluciones nutritivas, biomasa, leguminosas, gramíneas.

## Abstract

In the greenhouse of the National University of Huancavelica, the performance of the forage mixture oats (*Avena sativa*) and vicia (*Vicia sativa*) in different proportions with the addition of nutrient solutions and effective microorganisms (EM-1) grown in hydroponics was evaluated. The experiment was established under a completely randomized design of four replications with a  $2 \times 3$  factorial arrangement (two treatments and three seeding ratios). Biomass yield, leaf and stem yield, % dry matter of leaves and stems, plant height, root mat yield, and the ratio of root mat weight to biomass were evaluated. Biomass yield was significantly affected by the type of nutrient and sowing proportion ( $p < 0.05$ ), where the application of EM-1 achieved  $14.80 \pm 1.17 \text{ kg/m}^2$  and with a proportion of 75% grass and 25% legume, a yield of  $15.03 \pm 1.23 \text{ kg/m}^2$  was achieved; leaf and stem yields were different under the two factors ( $p < 0.05$ ), where the greatest response was achieved with the use of EM-1 ( $3.69 \pm 0.15 \text{ Kg/m}^2$ ) and at a sowing ratio of 75%A:25%V ( $3.69 \pm 0.15 \text{ Kg/m}^2$ ); in relation to the % dry matter of leaves and stems, the greatest response was found at a sowing ratio of 75%A:25%V ( $0.24 \pm 0.02$ ), where there was no significant effect of the nutrient factor. Plant height was affected by the type of nutrient ( $p < 0.05$ ), where the effective microorganisms achieved greater growth ( $24.11 \pm 1.69 \text{ cm/18 days}$ ); with respect to root mat yield, no statistically significant effects were observed for the type of nutrient and the seeding proportion ( $p > 0.05$ ); while for the ratio of root mat weight and biomass, statistical differences were observed ( $p < 0.05$ ), where the best ratio was shown under the EM-1 treatment ( $0.77 \pm 0.02$ ) and in the 80%A:20%V ratio ( $0.77 \pm 0.03$ ). Under the achieved scenarios, it is concluded that the behavior of the forage oats-vicia association cultivated in different proportions, is beneficial and very favorable; even more, with the addition of effective microorganisms, recommending it as an optional nutrient for use in hydroponics and animal feed.

Key words: effective microorganisms, oats, vetch, nutrient solutions, biomass, legumes, grasses.

## Introducción

El constante incremento de la población mundial supone mayor consumo de carne y a la vez mayor producción de animales para este fin. Puesto que la mayor parte de la alimentación animal se basa en el consumo de forrajes ya sean cereales o leguminosas, significa que la producción de forrajes también debería acrecentar a medida que la población aumente y considere los cambios en las dietas alimenticias.

En la región altoandina de Huancavelica prima la ganadería extensiva, debido a la deficiencia y adaptabilidad de pastos y forrajes cultivados, que traen consigo implicancias negativas en la producción y calidad de las carnes con consecuencias negativas para la alimentación de la población. Frente a este déficit, el forraje verde hidropónico (FVH), es considerado como una alternativa viable, puesto que ofrece pastos de calidad, en corto tiempo y a bajo costo.

La implementación de hidroponía en la alimentación animal, ha traído consigo excelentes resultados en la nutrición de animales menores (cuyes, conejos, pollos, ovinos, caprinos y cerdos) y mayores (vacas, caballos, alpacas y llamas), donde no se han visto problemas digestivos y rechazo por los mismos.

En producciones intensivas de forrajes, se hacen uso de cantidades de fertilizantes nitrogenadas con la finalidad de incrementar los rendimientos en materia verde y seca, dejando a un lado los efectos tóxicos originados en dichas plantas cuando no se respetan los límites permisibles establecidos, que son perjudiciales en los animales y en la salud humana.

Aunque se utilizan concentrados en raciones de los animales, los cultivos forrajeros desempeñan un importante papel en el suministro de energía y proteínas para el ganado. Los cereales se utilizan ampliamente por su elevada producción de materia seca y bajo costo, que tienen el potencial de suministrar gran cantidad de energía a los animales, pero lamentablemente estos cereales contienen poca proteína y por tanto baja calidad de forraje.

Dado que una buena nutrición de los animales es esencial para obtener altas tasas de ganancia de peso, reproducción eficiente y por ende unos beneficios adecuados; es vitalmente necesario proporcionar a los animales suplementos proteicos cuando la calidad de forraje es baja. Pero la admisión de suplementos proteicos es costosa, dando lugar a elevados costes de producción, lo que obliga a los ganaderos ser más eficientes con su explotación.

Un forraje de alta calidad optimiza la productividad de los animales; por ello añadir la calidad del forraje disponible es uno de los mejores métodos para mejorar la eficiencia general de la alimentación. Ante ello, cultivar forrajes de cereales con cultivos con contenido proteico alto, tiene un potencial nutricional y económico. Las leguminosas son una buena fuente de proteínas y pueden compensar la escasez de proteínas de los cereales; por tanto, el cultivo combinando con leguminosas, conocido como cultivo intercalado puede aumentar el contenido de proteína forrajera de las dietas.

Basado en estas consideraciones, este trabajo tuvo por objetivo evaluar el comportamiento de la mezcla forrajera de gramíneas (*Avena sativa*) y leguminosas (*Vicia sativa*) cultivadas en diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1), un nuevo nutriente que contribuye al incremento del rendimiento de forraje, cultivo sano, limpio y sin efecto negativo en el medio ambiente.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

Actualmente, una seria y creciente amenaza para la seguridad alimentaria mundial está representado por el cambio climático (Ramírez *et al.*, 2017). El aumento de temperatura, los fenómenos meteorológicos extremos, la escasez de agua, la erosión de los suelos y la pérdida de biodiversidad son efectos visibles de este fenómeno; los mismos que traerán consigo, aumento de hambre, incremento de la desnutrición y la pobreza, etc., del mismo modo; conllevarán a la escasez en cantidad y calidad de forrajes y alimentos para la ganadería.

El Perú, cuenta con regiones consideradas como zonas altoandinas (Puno, Huancavelica, Cusco, Ayacucho, Arequipa, Moquegua, Tacna); regiones ubicadas por encima de los 3 500 m.s.n.m., donde la principal fuente de seguridad alimenticia y de ingreso económico es a base de la ganadería y la agricultura. Pero, lamentablemente estos sectores están siendo afectadas por el cambio climático. Las heladas, las bajas temperaturas ( $-15^{\circ}\text{C}$ ), lluvias excesivas, granizadas, las sequías prolongadas son algunas de los riesgos climáticos que día a día azotan estas regiones que traen consigo directamente la baja productividad pecuaria y agraria.

La producción ganadera en las regiones altoandinas del Perú, se caracterizan por ser sistemas productivos a pequeña escala (explotación de tipo familiar); sistemas definidos por la producción extensiva (pastoreo) de ganado, caracterizado principalmente por la movilidad conjunta de animales (vacunos, ovinos y camélidos) y el uso compartido de los recursos naturales. Esto es, en gran medida, debido a la existencia de riesgos climáticos, que coinciden con la época de estiaje, presencia de heladas, granizadas y lluvias excesivas; lo que traen consigo un deterioro de las condiciones de las

praderas naturales y escasez forrajera; a ello, se debe añadir la cantidad limitada de terrenos para el cultivo de forrajes para el aprovechamiento de los animales.

Del mismo modo; la región de Huancavelica se caracteriza por la constante presencia de fenómenos ambientales, por tener suelos degradados, por la presencia de lluvias esporádicas, la presencia de heladas, granizadas, por la sequía atípica; todas estas situaciones negativas son las que no permiten el crecimiento adecuado de pastizales (tanto cultivados y no cultivados) para la alimentación de los animales en las zonas altoandinas, que en gran parte conllevan a la mortalidad ganadera.

Las comunidades ganaderas de la región de Huancavelica, presentan épocas adversas, que la mayoría de veces coincide con la época de estiaje (escasez de lluvia, presencia de heladas), lo que conllevan a un empeoramiento de las condiciones de las praderas naturales y a la escasez forrajera. En esta época, la mayoría de los animales pierden peso debido a poco suministro de forraje, que se traduce como baja rentabilidad económica para los ganaderos altoandinos.

Por otro lado, la época de estiaje, trae consigo heladas, limitada o nula precipitación pluvial e indecisas temperaturas que afectan el buen crecimiento y desarrollo de los pastizales naturales y/o cultivados (Joaquín *et al.*, 2006). A consecuencia de estos problemas, muchas veces los productores tratan de reducir su tamaño poblacional.

Las condiciones negativas, se repiten año tras año, conservando muy bajos estándares de producción con relación a otras zonas del país (Acosta *et al.*, 2016).

Estudios previos en la región de Huancavelica, exponen la optimización alimenticia del sistema extensivo mediante la administración de complementos alimenticios, cuidando y añadiendo de esta manera la productividad de los pastos naturales y la productividad de los animales. Sin

embargo, el bajo nivel económico de los campesinos locales imposibilita una suplementación comercial constante, siendo obligatorio buscar en la zona otras fuentes alimenticias accesibles para el ganadero y con características nutricionales adecuadas.

Los agricultores, por las condiciones climatológicas existentes muchas veces se dedican a producir ganados con manejo extensivo, donde los animales pastorean en extensas praderas en busca de alimento que les proporcione algún nutriente (Acosta et al., 2016). Del mismo modo, y por la misma situación, muchos campesinos migran a las ciudades a buscar otro tipo de fuentes de ingreso económico; puesto que la actividad primordial al cual son dedicados, no les es rentable.

Los fenómenos descritos anteriormente, traen serias consecuencias para la ganadería altoandina, ya que todas las especies dependen de la aprensión directa de pastos naturales. Ante estas situaciones negativas, muchos de los ganaderos o productores suelen comprar henos o ensilados (en pocos casos siembran) provenientes de zonas más bajas de la región; pero lamentablemente la compra y traslado significan muy caro (costosas), para el bolsillo del productor.

En estas circunstancias; la producción del FVH es una buena opción para la obtención de forraje de alta calidad con altos rendimientos a un menor precio, con un fácil manejo, en un pequeño espacio y en ausencia de suelo, compensando así la falta de alimento para el ganado en épocas de mayor déficit. Sin embargo, existe un problema que la mayoría de los productores de forraje en hidroponía enfrentan; la formación de hongos sobre los granos, que afectan la calidad y el rendimiento final; puesto que si no se toma medidas adecuadas y no se controlan pueden conllevar a la muerte del ganado que lo consuma.

### 1.1.1. Formulación del problema

#### Problema general

¿Cómo es el comportamiento de la mezcla forrajera avena (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia sativa*) en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1)?

#### Problemas específicos:

¿Cómo es el comportamiento de dos tipos de nutrientes en el rendimiento de biomasa de forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones?

¿Cómo es el comportamiento de dos tipos nutrientes en el rendimiento de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones?

¿Cómo es el comportamiento de dos tipos nutrientes en el rendimiento de materia seca de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones?

¿Cuál es el efecto de dos tipos de nutrientes sobre la altura de planta del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones?

¿Cuál es el efecto de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones?

¿Cuál es el efecto de dos tipos de nutrientes en la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento de la mezcla forrajera avena (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia sativa*) en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1)

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

Evaluar el comportamiento de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones.

Conocer el comportamiento de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones.

Conocer el comportamiento de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento de materia seca de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones.

Determinar el efecto de dos tipos de nutrientes sobre la altura de planta del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones.

Estimar el efecto de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones.

Estimar el efecto de dos tipos de nutrientes sobre la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*) en diferentes proporciones.

### **1.3. Justificación**

#### **Relevancia social:**

Los hallazgos del actual trabajo de investigación, es de beneficios para los campesinos de las zonas altoandinas del Perú, quienes día a día afrontan escasez de forrajes para la alimentación de sus animales. Del mismo modo, el trabajo guarda su justificación social por proponer generar y contar con alternativas de producción de forraje natural de calidad nutritiva a un bajo precio, en un menor tiempo y espacio reducido; puesto que el sistema se caracteriza por su bajo coste de producción, baja inclusión de mano de obra en su manejo, alta calidad nutricional para el ganado, menor dependencia de las condiciones climatológicas, viable en cualquier época del año y localidad geográfica, especialmente en tiempos de carencia de forraje verde.

#### **Implicaciones prácticas:**

El presente trabajo de investigación tiene implicaciones prácticas; puesto que es de ayuda para solucionar problemas actuales referentes a la escasez forrajera para la alimentación de los animales causados por el cambio climático. Por ello, una de las opciones para garantizar la alimentación de la ganadería altoandina, a bajo costo y de fácil manejo, incluso en condiciones poco tecnificadas de la región, es la producción de forrajes hidropónicos. Además, alimentar a los animales con concentrados u otro tipo de alimento, no es económico; entonces, la única opción práctica para asegurar la producción de forraje, puede ser la implementación del FVH, más aun mezclando especies forrajeras, como la avena que provee energía y la vicia que proporciona proteína; del mismo modo, con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces.

### **Valor teórico**

El presente trabajo de investigación adquiere su valor teórico al generar información básica sobre el comportamiento forrajera de la avena asociado a la vicia con la aplicación de dos nutrientes (soluciones nutritivas y microorganismos eficaces), lo mismo que permite mejorar la producción de la ganadería altoandina. Así mismo, la información que se obtuvo de la investigación establece el momento de partida para que los productores ganaderos puedan utilizar de manera más eficiente la hidroponía, ya que les brinda el conocimiento del efecto de las soluciones nutritivas y microorganismos eficaces sobre los parámetros productivos de la asociación avena y vicia, cultivadas en diferentes proporciones.

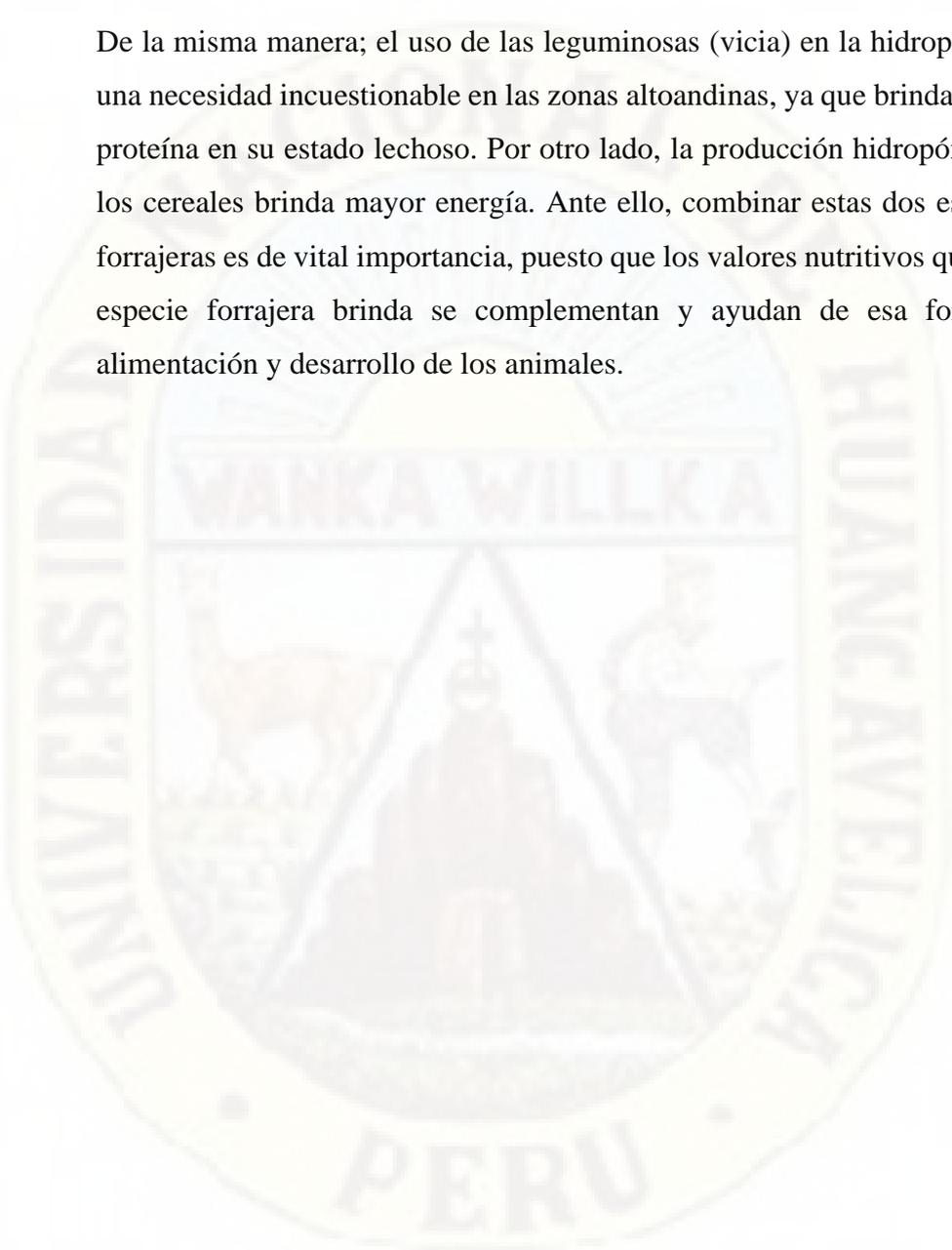
### **Utilidad metodológica**

La presente investigación posee una utilidad metodológica, puesto que ayuda reforzar el instrumento de recolección de datos; del mismo modo, contribuye en la definición del efecto de microorganismo eficaces sobre el crecimiento de forrajes hidropónico, ya que su aplicación en la hidroponía es reciente o de actualidad. Del mismo modo, tiene una utilidad metodológica, ya que con la aplicación de los microorganismos eficaces se logró mejoras similares o superiores a los efectos de las soluciones nutritivas, por lo que se sugiere seguir estudiando en una mayor población, cultivado en condiciones de tierra (siembra en suelo) y midiendo variables indicadoras de calidad.

Por último, ejecutar el trabajo fue muy importante y necesario, ya que la hidroponía es una alternativa sencilla de entender, fácil de manejar, en un espacio reducido, sin necesidad de tierra y con baja inversión; por lo que significa altamente efectiva en la alimentación del ganado. Además, el empleo de la nutrición mineral (soluciones nutritivas y microorganismos eficaces) en etapas fenológicas tempranas es una estrategia para facilitar el

crecimiento de las raíces y tallo, minimizar el estrés en las plántulas al ser trasplantadas e incrementar la supervivencia de éstas.

De la misma manera; el uso de las leguminosas (vicia) en la hidroponía es una necesidad incuestionable en las zonas altoandinas, ya que brinda mayor proteína en su estado lechoso. Por otro lado, la producción hidropónica de los cereales brinda mayor energía. Ante ello, combinar estas dos especies forrajeras es de vital importancia, puesto que los valores nutritivos que cada especie forrajera brinda se complementan y ayudan de esa forma la alimentación y desarrollo de los animales.



# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacionales

Morales et al. (2020) en el artículo *“Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (Zea maíz L.) con diferente concentración de solución nutritiva”*, caracterizaron el FVH de maíz aplicando niveles de solución nutritiva en el riego (0, 25, 50, 75 y 100 %), en 3 tiempos de cosecha (8, 10 y 12 días); para ello sembraron 1 kg de maíz amarillo en bandejas de plástico, donde las variables controlados fueron altura de planta, longitud de raíz y peso de biomasa. Los mejores resultados en biomasa (5.27 kg), altura (25.8 cm) y longitud de raíz (23.03 cm) fueron alcanzados con la aplicación de 75 % de solución nutritiva y a los 12 días de cosecha. Concluyeron asegurando que los parámetros productivos del FVH de maíz son superiores cuando se cultiva a 75% de la solución nutritiva con la cosecha a los 12 días.

Castillo (2017) en su tesis de grado *“Producción de biomasa y calidad nutricional de FVH de Avena sativa y Hordeum vulgare”*, observó el efecto de la aplicación de macro y micro nutrientes en cultivos hidropónicos, donde realizó dos cortes sucesivos a los 20 días y 15 días después del primer corte. Las variables evaluadas fueron producción de biomasa, valor nutricional y costos de producción. La mejor producción de biomasa en el primer corte fue alcanzado por el tratamiento compuesto de avena + macronutrientes 7.0 ml/L + 4.0 ml/L de micronutrientes; asimismo, el mismo tratamiento obtuvo valores altos en el segundo corte; con respecto a la altura de planta, alcanzó 17.25 cm al primer corte y 12.33 cm al segundo corte; del mismo modo, el mismo tratamiento obtuvo 387.48 g/m<sup>2</sup> y 88.13 g/ m<sup>2</sup> de materia verde para el primer y segundo corte, respectivamente; además, alcanzó valores de 30.79 % y 7.71 % de materia seca al primer y segundo corte,

respectivamente; en relación a los costos de producción el sistema que les reflejó mas económico fue el sistema compuesto por forraje (avena y cebada) + macronutriente 7 ml/L + micronutriente 2.5 ml/L. Concluye indicando que la mejor producción de biomasa y la mejor altura en la avena y cebada a los 16 días se logró en el primer corte.

Zambrano (2015) en la tesis “*Comportamiento agronómico y calidad nutricional de dos especies de leguminosas con el método de cultivo forraje verde hidropónico (FVH)*”, evaluó la respuesta agronómica de vicia y trébol blanca, mediante fertirriego por gravedad; del mismo modo evaluó el valor nutricional e hizo un análisis económico. Para la producción del FVH, utilizó bandejas en un módulo tipo invernadero utilizando como solución nutritiva fertilizante foliar. Las especies leguminosas (dos) y las fechas de corte (tres) fueron los factores estudiados, donde evaluaron porcentaje de germinación, altura de plantas, rendimiento, porcentaje de proteína cruda y análisis económica. Los resultados mostraron que el cultivo de vicia forrajera presentó mayor germinación; el rendimiento de biomasa fue de igual modo superior al del trébol blanco; la altura de planta y el porcentaje de proteína fueron superiores en la vicia forrajera, representando una mejor opción forrajera.

Villalta (2014) en la tesis “*Evaluación de tres niveles de microorganismos eficientes activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (FVH) en la Quinta Experimental Punzara de UNL*”, evaluó el efecto en del EM-A en la fertilización del FVH. Para ello se sembró 200 g de avena forrajera en bandejas de plástico utilizando como sustrato aserrín fino, considerando 21 días de cultivo. Las variables que estudió fueron; altura de planta a los 7, 14 y 21 días, y la producción de biomasa a los 21 días de crecimiento. Los resultados indican que el porcentaje de proteína a los 21 días del FVH sin tratamiento fue mayor tanto en base seca como en fresca, mientras que la fibra fue mayor en FVH con tratamiento. Por otro lado, la rentabilidad fue mejor (0.23 USD) para la avena producido sin

tratamiento. Concluye, considerando que la producción del FVH no es rentable para su comercialización, pero sí para el consumo de los animales.

Villota (2013) en su tesis *“Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de maíz, trigo y cebada en el cantón Mocha provincia de Tungurahua”*, evaluó el efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y calidad del FVH de maíz, trigo y cebada; para ello usó un DBCA con tres repeticiones y cuatro siembras. Las variables controladas fueron; porcentaje de germinación, altura de raíz, extensión del tallo, altura de planta, tiempo de cosecha, peso de biomasa y el análisis químico nutricional del FVH. Los mejores resultados fueron alcanzados por el tratamiento compuesto por cebada + solución nutritiva y el tratamiento compuesto por cebada + solución nutritiva 2. Por otra parte, económicamente el tratamiento cebada + solución nutritiva 2, fue el mejor con una tasa marginal de retorno del 349.74%.

Fuentes et al. (2011) en su investigación *“Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto”*; estudiaron los parámetros productivos y nutritivos de avena como FVH mediante de tres ensayos en condiciones de desierto. En el primer ensayo evaluaron cuatro tiempos de remojo de semillas (0, 12, 24 y 48 h), midiendo porcentaje de germinación y tasa media de germinación; donde el mejor tratamiento fue el remojo por 12 h. En el segundo ensayo evaluaron diferentes dosis de semilla (1.6; 3.2; 4.8 y 6.4 kg/m<sup>2</sup>), donde la mejor dosis correspondió a 6,4 kg/m<sup>2</sup>, presentando el máximo valor de plantas normales. En el tercer ensayo evaluaron cuatro tiempos de cosecha (7, 10, 13 y 16 días después de siembra), midiendo los parámetros de altura de planta, conversión (materia seca de forraje por materia seca de semillas) y análisis químico del material cosechado; donde el día 10 fue el mejor tiempo de cosecha, caracterizado por presentar 36.86% materia seca, 14.79% proteína bruta, 18.77% fibra cruda y una mejor condición sanitaria de forraje. A partir de los resultados que obtuvieron establecieron los

parámetros productivos y nutritivos básicos para el cultivo de avena como FVH en condiciones de desierto.

Erol et al. (2009) en su estudio "*Oats (Avena sativa) — common vetch (Vicia sativa) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture*", investigó los efectos de los cultivos asociados en el rendimiento y la calidad de forrajes, y la relación competitiva (RC) de los cultivos componentes. El rendimiento medio de materia seca de avena pura fue de 6.07 t/ha y el de vicia pura fue de 4.14 t/ha ( $P < 0.05$ ), con el mayor rendimiento (6.32 t/ha) en la mezcla 45:55 avena: vicia. La concentración de proteína cruda (PC) en la materia seca recolectada incrementó a medida que aumentaba el nivel de vicia en la asociación, con 8.5% de PC en avena pura y 22.3% en vicia pura. El rendimiento de PC alcanzó su punto máximo (1.1 t/ha) en la mezcla 45:55 de avena: vicia. La vicia común fue un cultivo más competitivo que la avena en todas las mezclas, excepto en las mezclas de avena: arveja 25:75 y 15:85. Concluyen indicando que una mezcla de 45:55 con un nivel bajo de fertilizante produciría tanto forraje como la avena pura, pero de mayor calidad que la avena.

Mónica (2008) en su tesis de grado "*Producción de Forraje Verde Hidropónico de diferentes cereales (avena, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de Cuyes*"; evaluó el efecto de cinco cereales en las etapas de preñez, lactancia, crecimiento y engorde de cuyes. Para la etapa de gestación y lactancia utilizó 48 cuyes hembras y para la etapa de crecimiento – engorde usó 96 destetados. Obtuvo excelentes resultados con la alimentación del FVH de cebada, encontrando diferencias estadísticamente diferentes entre los tratamientos de estudio; del mismo modo, entre los sexos de los cuyes. Por otro lado, con respecto al costo beneficio, el tratamiento que más rentabilidad obtuvo fue la de cebada, con una ganancia de 0.25 centavos de dólar, en promedio. Concluye recomendando el uso de forraje hidropónico de cebada, puesto que mejoran los parámetros productivos, reproductivos y económico.

Navarrete (2008) en su tesis “Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una leguminosa (*Vicia sp.*) para forraje verde hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA” evaluó tres cortes en gramíneas y leguminosas en FVH y sus incidencia en el incremento de producción y contenido nutricional del cultivo. Las variables en investigación fueron, días y porcentaje de germinación, altura al primer corte, rendimiento, contenido de proteína y análisis económico; para lo cual, utilizó un DBCA con arreglo factorial A × B, donde las pruebas de significancia fueron la de Tukey al 5%. Dentro de los resultados que halló con respecto a días, porcentaje de germinación, altura de planta y rendimiento, la cebada fue el tratamiento que ofreció los mejores resultados; en cuanto al contenido de proteína y rentabilidad, los resultados favorecieron fuertemente para la vicia. Concluye remarcando las diferencias existentes entre las especies en cuanto a los parámetros cuantitativos y cualitativos.

### **2.1.2. Nacionales**

Altamirano *et al.* (2019) evaluaron el rendimiento y valor nutricional de avena asociada con vicia en condiciones altoandinas de Junin, con el objetivo de determinar el rendimiento en materia seca y el valor nutricional de la asociación de avena-vicia, empleando diferentes variedades y proporciones en la siembra en condiciones altoandinas de la región; para lo cual sembraron avena (*Avena sativa*) variedad Mantaro 15 y Centenario, asociado con vicia (*Vicia sativa*) en dos proporciones 80 – 20 y 70 – 30 kg/ha en un diseño experimental de bloques completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2. El rendimiento de materia seca de la variedad Centenario fue de 15.833<sup>a</sup> Kg/ha y de la variedad Mantaro 15 de 12.765<sup>b</sup> Kg/ha; y en porcentaje de proteína de 6.5<sup>b</sup> y 7.9<sup>a</sup>, respectivamente; concluyeron afirmando que en rendimiento de materia seca (Kg/ha) y energía metabolizable (MJ/ha), la asociación variedad Centenario - vicia fue superior a la asociación Mantaro 15 - vicia; y en contenido de porcentaje de

proteína, la asociación variedad Mantaro 15 - vicia fue mejor a la asociación variedad Centenario - vicia.

Cuadra (2019) en su tesis de grado estudió el Efecto de la solución nutritiva "La Molina" en el crecimiento y productividad de *Zea mays L.* V-53 A "maíz" en condiciones de campo experimentales, con el objetivo de evaluar la mejor concentración de la solución nutritiva "la Molina" en longitud de tallo, diámetro de tallo, longitud de mazorca, peso de mazorca mas semilla, peso fresco de semilla, peso de coronta y número de hileras por mazorca de maiz variedad V-53 A; utilizó como material biológico maiz certificado y bajo un DBCA, con un distanciamiento de 80 cm entre surcos y 30 cm entre golpes, a 0 %; 2 %; 3.5; concentraciones, los mismos que fueron los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Los resultados que alcanzó mostraron que el T3 alcanzó valores para longitud de tallo de 1.65 m, un diámetro de 23.96 mm, longitud de mazorca de 19.47 cm, peso de mazorca mas la semilla 296.79 g, peso fresco de semilla 229.69 g por mazorca, peso coronta de 66.10 g. Concluye indicando que, a medida que las concentraciones de las soluciones nutritivas, aumentan los efectos suben.

Coaquira (2018) en su tesis de grado: evaluación de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha, en cebada forrajera nacional (*Hordeum vulgare L.*), producida como forraje verde hidropónico; evaluó el efecto combinado e individual de tiempo de cosecha y aplicación de diferentes soluciones nutritivas sobre el cultivo de cebada forrajera hidropónica; teniendo en cuenta variables como crecimiento, rendimiento y valor nutritivo; además, midieron el crecimiento de raíz, longitud de parte aérea, conversión de semilla a biomasa y valor nutritivo a través de análisis bromatológico. El diseño empleando fue un DBCA con arreglo factorial  $4 \times 2$ , con 8 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Los resultados que obtuvo demostraron el efecto positivo de la aplicación de soluciones nutritivas sobre longitud de parte aérea, conversión de semilla a biomasa y análisis bromatológico; además de mostrar que el tiempo de cosecha a los 18 días

favorece la longitud de parte aérea y conversión de semilla a biomasa; mientras que el tiempo de cosecha 12 días favoreció al valor nutricional de la cebada cultivada en condiciones de forraje verde hidropónico.

Espinoza-Montes *et al.* (2018) en su investigación “*Producción de forraje y competencia interespecífica del cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de secano y gran altitud*”; experimentó el cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) y vicia común (*Vicia sativa*) en condiciones de secano, a 4035 m. s. n. m., para conocer su comportamiento y efectos en el rendimiento, calidad de forraje y competencia interespecífica. En promedio, el rendimiento de forraje verde, materia seca y calidad de forraje que encontraron fueron superiores al del monocultivo de avena ( $p < 0.05$ ). El porcentaje de proteína cruda incrementó en la medida que creció la proporción de vicia común en la asociación, acompañado de una disminución del contenido de fibra. En cuanto a los índices de competencia, el cultivo asociado de avena con vicia favorece el rendimiento relativo total de forraje ( $LER_{total} > 1$ ). Ninguna de las especies manifestó comportamiento agresivo ( $A = 0$ ). Se observó mayor capacidad competitiva de la vicia común ( $CR > 1$ ) comparado con la capacidad competitiva de la avena.

Pacco (2018) en su tesis realizado en Cabana – Puno, titulado producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas, con los objetivos de estudiar la altura de planta del FVH, con la adición de hormonas de crecimiento, y el rendimiento de biomasa de forraje verde de cebada y avena. Los fitorreguladores de crecimiento fueron *SW-3 Seaweed Creme*, *Phyllum*, *Biogyz* y Testigo; considerados como factores de estudio, los cuales fueron conducidos bajo un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial bajo tres repeticiones y ocho tratamientos, donde la dosis de los fitorreguladores fue de 5ml/L de agua. En los resultados que halló muestra que la aplicación de Biogyz tuvo mayores rendimientos de biomasa, donde la cebada rindió 18.67 kg/m<sup>2</sup> y la

avena  $16.83 \text{ kg/m}^2$ ; seguido por *Seaweed Creme*, donde tuvo efectos de  $16.17 \text{ kg/m}^2$  y  $15.17 \text{ kg/m}^2$  para el rendimiento de la cebada y avena, respectivamente. Para la variable altura de planta, con *Biogyz* alcanzó valores de 17.47 cm, y con *Seaweed Creme* 16.83 cm, en la cebada; mientras la avena alcanzó 15.27 cm y 14.30 con *Biogyz* y *Seaweed Creme*, respectivamente. Concluye indicando que el mayor rendimiento de biomasa y altura de planta de cebada y avena, se obtiene con la aplicación de *Biogyz*, seguido por *Seaweed Creme*.

Basurto (2017) evaluó la composición nutricional de ensilado cebada – vicia en diferentes proporciones, con y sin urea al 1 % en minisilos en la región de Huancavelica; para lo cual ensiló en minisilo de PVC, durante 121 días de fermentación. Los tratamientos fueron conformados de: 100 % cebada – 0 % vicia; 75% cebada – 25% vicia; 50% cebada – 50% vicia; 25% cebada – 75% vicia; 0% cebada – 100% vicia; todas con y sin urea al 1% con tres repeticiones. En los resultados demostró variación; a mayor porcentaje de vicia con la inclusión de urea al 1% incrementó el contenido de proteína cruda; mientras que la materia seca, FDN, FDA, hemicelulosa y minerales totales no fueron afectados. Concluyó indicando que a mayores proporciones de vicia como ensilado incrementó el contenido de proteína y minerales; además, la inclusión de urea al 1% mejorando e incrementando el contenido de proteína.

Aroni (2016) estudió el efecto de tres variedades de avena forrajera asociadas con *Vicia sativa* sobre parámetros productivos y químicos en dos tipos de siembra; los parámetros productivos evaluados fueron: altura de planta, N° de plantas por  $\text{m}^2$ , rendimiento de materia verde y Rendimiento de Materia Seca y los parámetros químicos: materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y ceniza; para lo cual utilizaron 3 variedades de avena (Mantaro 15, Strigosa y Cayuse) y dos tipos de siembra (surco y voleo). El factor variedad influyó significativamente ( $P < 0.05$ ) en altura de planta de la asociación avena y

vicia, presentando los mejores resultados el tratamiento *Avena strigosa* + *Vicia sativa* en surcos (38.8 cm A y 17.1 cm V), *Avena strigosa* + *Vicia sativa* en voleo (36.9 cm A y 17.2 cm V), seguidos del Avena Mantaro 15 + *Vicia sativa* en surcos (35.8 cm A y 17.2 cm V) y Avena Mantaro 15 + *Vicia sativa* en voleo (34.6 cm A y 17.1 cm V) sobre los Avena cayuse + *Vicia sativa* en voleo (31.4 cm A y 14.4 cm V) y Avena cayuse + *Vicia sativa* en surcos (30.8 cm A y 14.0 cm V); igualmente el tipo de siembra influyó significativamente ( $P < 0.05$ ) en la población de plantas de vicia; en cambio en cuanto al rendimiento de materia verde y materia seca no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Concluyó indicando que el tipo de siembra que mejores resultados mostró fue siembra en surcos.

Condori y Cabrera (2016) en sus tesis de grado: Efecto de los hidrocultivos y tiempos de cosecha en la composición química y producción de cebada (*Hordium vulgare L.*), trigo (*Triticum aestivum L.*) y avena (*Avena saliva L.*); con el propósito de determinar el efecto de los hidrocultivos y tiempos de cosecha en la composición química y producción de cebada, trigo y avena; donde utilizaron 12 bandejas de cebada, 12 bandejas de trigo y 12 bandejas de avena. Los parámetros que evaluaron fueron: producción de forraje verde (kg/m<sup>2</sup>), producción de materia seca (kg/m<sup>2</sup>), altura de planta (mm/planta), porcentaje de proteína cruda (%) y porcentaje de FDN (%); donde los resultados obtenidos para la altura de planta a los 15, 18 y 21 días fueron estadísticamente diferentes; la producción de forraje verde y materia seca también fueron significativos. Concluyeron que el mejor tiempo de cosecha fue a los 18 días, y como mejor hidrocultivo el trigo ya que se obtuvo mayor porcentaje de PC y mayor altura de planta.

Candia (2015) en un artículo, evaluó la calidad nutricional del forraje verde hidropónico de la cebada producido a base de hidroponía y fertilizado con guano de cuy. Entre los objetivos también consideró la materia seca y los rendimientos de calidad como son proteína, fibra detergente neutra y acida. Los resultados que halló fue que, halló 4.14% y 8.09 % de materia seca y

2.77% y 5.56 de materia orgánica con respecto a las soluciones con guano de cuy a dosis de 100 g/L agua y 200 g/ L de agua, respectivamente. Además, en los estándares de calidad encontró importante influencia del factor guano. Concluye que las soluciones de guano de cuy son una alternativa orgánica de fertilización para el forraje hidropónico de cebada debido a la calidad de nutrientes que ofrece a la planta.

De la Cruz (2015) en su tesis: optimización del tiempo de aplicación de soluciones hidropónicas en el agua de riego en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*); tuvo como objetivos, determinar el mejor tiempo de aplicación de solución nutritiva A y B en el agua de riego de germinado hidropónico (GH) de cebada, determinar el valor nutricional del GH de cebada regada en diferentes periodos con solución nutritiva A y B, y determinar el rendimiento del GH de cebada regada con 5 ml de solución nutritiva A y 2.5 ml de solución nutritiva B diluidas en un litro de agua en diferentes periodos de tiempo. Para lograr estos objetivos implementaron 4 tratamientos con 10 repeticiones cada uno: T0: GH de cebada regado con soluciones hidropónicas los días 5, 6, 7 y 8 post siembra; T1: GH de cebada regado los días 5, 6 y 7; T2: GH regado los 5 y 6; y T3: GH de cebada regado el día 5 post siembra. Los resultados mostraron la no existencia de diferencias estadísticas entre tratamientos respecto al rendimiento de GH en base fresca y materia seca por kilogramo de semilla; sin embargo, nutricionalmente los mejores resultados que obtuvo fueron con el T2, superando los tratamientos donde se regaban por 4 días. Concluyó que el mejor costo de producción y mérito económico en función de materia seca producida por tratamiento, obtuvo con el tratamiento dos (T2).

Candia (2015) evaluó la calidad nutritiva de forraje verde de cebada (*Hordeum vulgare*) hidropónico, fertilizando con soluciones de guano de cuy (*Cavia porcellus*) a dos concentraciones (100 g/L y 200 g/L) y una solución nutritiva comercial; donde las variables medidas fueron: porcentaje de Materia Seca, Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Ácido y el

rendimiento de nutrientes. Los resultados que encontró fue 4.14 % y 8.09 % de materia seca con soluciones de guano de cuy de 100g/L agua y 200 g/L agua respectivamente; el rendimiento forrajero alcanzó valores de 15 Kg/m<sup>2</sup> y 15.1 Kg/m<sup>2</sup> con guano de cuy de 100 g/L agua y 200 g/L agua respectivamente; la longitud de tallo alcanzó valores de 13.2 cm y 16.8 cm; mientras que la longitud de raíz alcanzó una altura de 13.5 y 15.1 de guano de cuy de 100 g/L agua y 200 g/L agua, respectivamente. Concluyó indicando que las soluciones de guano de cuy son una alternativa orgánica de fertilización para el forraje hidropónico de cebada debido a la calidad de nutrientes que ofrece a la planta, el rendimiento que producen en ellas y la fácil disponibilidad y accesibilidad para los productores de animales.

W. Castillo *et al.* (2013) estudiaron el efecto del suministro de nutrientes en la producción de forraje de cebada hidropónico y su uso en el desempeño productivo de cuyes, con el objetivo de evaluar la producción y el valor nutritivo del forraje de cebada hidropónico producido con y sin suministro de nutrientes (minerales en el agua) y su uso en la alimentación de cuyes sobre el desempeño productivo y económico. La aplicación de los nutrientes se realizó al comienzo de la germinación y a los ocho días pos germinación; además alimentaron 64 cuyes raza Perú durante 60 días. Las mejores calidades de forraje fueron encontradas a los 12 y 16 días de edad; del mismo modo, las bandejas de forraje que recibieron nutrientes desde la germinación tuvieron la menor concentración de materia seca y la mayor de proteína bruta, conllevando a mayor producción de forraje verde; por otro lado, el forraje hidropónico cultivado con solución nutritiva desde la germinación provocó en los cuyes altos desempeños productivos, generando mayores beneficios económicos como resultado de la crianza.

Cerillo *et al.*,(2012), investigaron la producción de biomasa y su valor nutricional del FVH de trigo y avena, con el objetivo de estimar la producción de biomasa y valor nutricional; para ello sembraron las semillas en charolas de plásticos de 40 x 40 cm. Las plantas se cosecharon a los 10 y

12 días después de la siembra. El análisis de datos fue mediante el análisis de varianza con un diseño factorial 3\*3\*2 y pruebas de Tukey. Los resultados que obtuvieron fue que la producción de biomasa a los 10 días alcanzó 10 kg/m<sup>2</sup> y la producción a los 12 días valores de 11.5 kg/ m<sup>2</sup>, para la avena. En cambio, para el trigo, obtuvieron valores de 14 y 16 kg/m<sup>2</sup> para los 10 y 12 días de cosecha, respectivamente, además de hallar el contenido de proteínas (15.6 % base MS). Llegaron a concluir que el FVH ofrece condiciones de buena calidad nutritiva y producen mayor biomasa, que luego pueden ser utilizadas en la alimentación de los rumiantes.

Noli et al. (2005) publicó un artículo *Evaluación de variedades de avena forrajera tolerantes a sequía y heladas para producción de forraje verde*; con el objetivo de determinar y caracterizar variedades y líneas de avena forrajera con buenos rendimientos en producción de forraje verde, tolerantes a sequías y heladas. La siembra se ejecutó por el método de líneas, considerando a 20 cm entre plantas, a 3260 m.s.n.m. en el departamento de Junín. Los tratamientos fueron; Avena Mantaro 15 (T1), Avena línea promisorio INIA 2000 (T2), Avena línea promisorio INIA SANTA ANA (T3), Avena Vilcanota (T4), Avena Tayko (T5), Avena Cayuse (T6) y Avena de Puno (T7); los mismos que fueron diseñados en un bloque completamente al azar con 4 repeticiones. Los resultados muestran que en altura de planta máxima y mínima sobresalió la variedad INIA SANTA ANA (T3) con 159.70 y 126.30 cm, seguida de la variedad Mantaro 15 mejorado con 157.85 y 123.35 cm, continuando el INIA 2000 con 154.55 y 121.40 cm, luego Vilcanota, Cayuse, Tayko y Puno. En rendimiento de forraje y materia seca sobresalió el INIA 2000 y INIA SANTA ANA, y la Mantaro 15 mejorado con 7.430 Kg/m<sup>2</sup>, 7.280 Kg/m<sup>2</sup> y 6.330 Kg/m<sup>2</sup> en forraje verde; y 51.27%, 49.44% y 48.26% y 3.78 Kg/m<sup>2</sup>, 3.59 Kg/m<sup>2</sup> 3.04 Kg/m<sup>2</sup> de materia seca respectivamente, seguida de los otros tratamientos T5, T6 y T7 que han obtenido producciones menores. Concluyeron indicando que, las líneas promisorias de Avena INIA 2000, Avena INIA

Santa Ana y Avena variedad Mantaro 15 son las avenas forrajeras con buenos rendimientos en forrajes verde y en materia seca.

### 2.1.3. Local

Carhuapoma y Curi (2014) en su tesis titulado, producción de forraje verde hidropónico de cebada con el uso de efluentes de piscigranja, determinaron efecto del efluente de las pozas de trucha en la producción de forraje verde hidropónico de cebada, al mismo tiempo midieron la altura del FVH, además de evaluar la producción de biomasa en 16 días. El diseño fue el completamente al azar con tres tratamientos, para el análisis de datos utilizaron la prueba de Tukey al 5 %. En el crecimiento de la cebada hubo efecto altamente significativo por parte del tratamiento con 100% efluente del biofiltro. Este tratamiento alcanzó valores de 6.35; 8.29; 9.58 y 10.85 centímetros en los 4, 8, 12 y 16 días, respectivamente. Asimismo, este tratamiento alcanzó una alta producción de biomasa, alcanzando a producir 87 kg/m<sup>2</sup> de FVH. Concluyen indicando que la inclusión del biofiltro tiene efecto significativo en la altura de planta y producción de biomasa.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Microorganismos Eficaces (EM-1)

Es un inoculante microbiano natural que contiene microorganismos benéficos. El EM-1 (Microorganismos Eficaces, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por el Dr. Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus de Okinawa, Japón (AGEARTH, 2019). **Es una tecnología natural que promueve el uso y aprovechamiento de microorganismos eficientes para el bienestar de los seres humanos, plantas, animales y medio ambiente** (AGEARTH, 2019).

Para el Banco Interamericano de Desarrollo Convenio Fondo Especial de Japón - BID (2009); los microorganismos eficaces son una mezcla de tres grupos de microorganismos completamente naturales que se encuentran

comúnmente en los suelos y en los alimentos, que a su vez tienen efectos sinérgicos; siendo superior el efecto en equipo a la suma del efecto individual. Para el BID (2009), el EM está compuesto de *Lactobacillus*, levaduras y bacterias fotosintéticas; microorganismos no nocivos, ni tóxicos, ni modificados genéticamente; al contrario son naturales, benéficos y altamente eficientes.

Para la Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón - EEAITAJ (2013), el EM -1 es una mezcla de microorganismos benéficos naturales que pertenecen a los géneros *Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomices* (levaduras) y *Rhodopseudomonas* (bacterias fotosintéticas o fototróficas).

#### **2.2.1.1. Importancia de los Microorganismos Eficaces**

La Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón – EEAITAJ (2013), sostiene que la importancia del EM, se encuentra en las funciones básicas que cumple:

- a) Eliminación competitiva de microorganismos patógenos, por medio de la competencia por la materia orgánica que sirve de alimento y la producción de sustancias controladores de poblaciones patógenas.
- b) Producción sustancias benéficas a través del proceso de descomposición anaeróbica parcial; como las vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes.

Del mismo modo, los microorganismos eficaces son alternativas naturales frente a los fertilizantes químicos, pesticidas, etc. (EEAITAJ, 2013).

Para el Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón – BID (2009), la importancia de los microorganismos eficientes radica por ser considerados como instrumentos de mejora de la calidad de vida de los pobladores rurales mediante el progreso de las

condiciones ambientales y una aumento de la productividad de las huertas familiares.

Los Microorganismo Eficaces es un producto que favorece especialmente la descontaminación de aguas, tratamiento de desechos, eliminación de malos olores y presencia de moscas debido a la acumulación de materia orgánica (AGEARTH, 2019).

Los microorganismos eficaces son muy importantes puesto que tienen capacidad directa o indirecta de prevenir sustancias que deterioran la vida y el ambiente a través de la generación de sustancias bioactivas. Los EM, son una mezcla de microorganismos benéficos que desalojan a los microorganismos patógenos mejorando la calidad del medio en el que son aplicados. Estos microorganismos vivos no han sido modificados genéticamente; por lo que no pueden ser mezclados con antibióticos, químicos ni plaguicidas, ya que pueden perder su efectividad (AGEARTH, 2019).

Del mismo modo, el EM debido a la presencia de bacterias fotosintéticas en su composición, tiene la capacidad de neutralizar los malos olores y prevenirlos, transformando las sustancias que producen olores desagradables (metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoníaco, etc.) en ácidos orgánicos que no producen mal olor y que no son nocivos para el hombre (BID, 2009). Desde este punto, su uso en graseras, baños, cocinas, en granjas, etc.

Además; los lactobacilos o bacterias ácido lácticas – presentes en el EM – son los encargados de producir sustancias que aceleran la descomposición de materia orgánica (por la vía de fermentación y no de la putrefacción), por lo que los microorganismos permiten reducir el período de compostaje. Además, estos microorganismos producen sustancias que ayudan a controlar algunos patógenos que atacan a las plantas (BID, 2009).

Por su parte, las levaduras presentes en la composición del EM generan sustancias que actúan como hormonas naturales y que promueven el crecimiento y el desarrollo de las plantas (BID, 2009).

#### 2.2.1.2. Propiedades de los Microorganismo eficaces

Entre las propiedades del EM encontramos (AGEARTH, 2019; BID, 2009; EEAITAJ, 2013; EMPROTEC, 2015):

- a) Contenido mínimo UFC/mL
  - Bacterias ácido lácticas o *lactobacillus*:  $10^4$
  - Bacterias Fototróficas o fotosintéticas:  $10^3$
  - Levaduras : 103
- b) Datos físicos:
  - Apariencia: Solución color marrón amarillenta.
  - Olor: Fuertemente a fermento.
  - pH: Max 3.5

#### 2.2.1.3. Utilización de los Microorganismos Eficaces

Los Microorganismo eficientes se utilizan para la inoculación de aguas residuales, degradación de desechos orgánicos, limpieza de pozos sépticos, para la fertilización de suelos, enraizamiento y nutrición de plantas, etc.

Los usos del EM son variados y en diferentes espacios:

- **Agricultura:** El EM, es ampliamente utilizado en la agricultura, puesto que una de sus beneficios es mejorar la calidad del suelo, construyendo una microflora balanceada, desde donde es posible controlar las enfermedades (EMPROTEC, 2015). Además, el uso de los microorganismos eficientes, mejoran la microflora del suelo, mejora la calidad de las plantas, suprime las enfermedades, reduce el uso de herbicidas, agroquímicos, fertilizantes sintéticos y aceleran la descomposición de la materia orgánica.

Del mismo modo, estos microorganismos son utilizados en la preparación del terreno, germinación y enraizamiento del material vegetal, siembra y trasplante y el mantenimiento tanto al suelo como al follaje de las plantas (EMPROTEC, 2015)..

- **Pecuaría:** Actúa como probióticos y antioxidante; previene enfermedades, reduce el uso de antibióticos, previene la mastitis y diarrea en terneros, reduce casi por completo la población de moscas, elimina la necesidad de usar hipoclorito de sodio para el curado de quesos.
- **Medio ambiente:** Ayuda recuperar aguas contaminadas, acelera la descomposición de residuos sólidos, elimina los malos olores y moscas. Reduce la población de patógenos como coliformes y salmonella. Además, es eficaz para el tratamiento de aguas residuales, reduciendo significativamente su impacto en el ambiente.

#### **2.2.1.4. Modos de uso de los Microorganismos Eficaces**

Para la producción de forrajes (alfalfa, avena, cebada, trigo, etc.), se recomienda 20g/ha diluido en 200 L de agua, 10 a 15 días después de cada corte. En caso de las semillas, se recomienda aplicar antes de sembrar para poder obtener una mayor germinación, aplicando la solución mediante aspersión (ANDROYCIA, 2019; González, Caycedo, *et al.*, 2007; Pérez-Barraza, Vázquez-Valdivia, y Osuna-García, 2008).

#### **2.2.1.5. Disponibilidad comercial de los microorganismos eficaces**

Los microorganismos eficaces se encuentran disponibles comercialmente en nuestro país, con varios nombres: EM-1<sup>®</sup> (Microorganismos eficaces), MB (Microorganismos Bioforesta); de los cuales el recomendable es EM-1<sup>®</sup>, comercializadas por empresas certificadas como BIOEM y Tecnología EM<sup>™</sup>.

### 2.2.2. Soluciones nutritivas:

El nutriente es un producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse, como son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeseo, Cobre, Molibdeno, Boro y Zinc; los mismo que se presentan en forma de sales minerales (FAO, 2000).

La solución nutritiva es el medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, y es la vía principal de nutrición de cultivos en hidroponía y sustratos (INTAGRI, 2017).

Las soluciones nutritivas para los cultivos hidropónicos se componen de los minerales en la fuente del agua y de los nutrientes añadidos con los fertilizantes (Sela, 2020).

INTAGRI (2017), sugiere que una solución nutritiva completa debe tener: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc, cobre y níquel. En la solución nutritiva estos elementos están en forma de iones para que las plantas puedan tomarlos, ya que no puede absorberlos en su forma elemental.

Añadir, que es muy importante aclarar que los cultivos difieren en sus demandas nutricionales, lo que significa que requieren de soluciones nutritivas distintas, y para cada cultivo soluciones nutritivas según sus etapas fenológicas. En la actualidad, las soluciones nutritivas pueden ser tan específicas al nivel de variedades. Las condiciones climáticas y métodos de cultivos también son variables que influyen en la formulación de soluciones nutritivas y deben indiscutiblemente ser considerados. En definitiva, las variables son muchas que las soluciones nutritivas optimizadas podrían ser infinitas. El éxito de las soluciones nutritivas está determinado entonces, por la constitución de dicha solución, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH (INTAGRI, 2017).

### **2.2.2.1. Importancia de la solución nutritiva**

En la hidroponía las plantas se desarrollan en el agua o sustratos inertes, que la mayoría de las veces no aporta ningún tipo de alimento por lo que se tiene que suministrar los nutrientes como solución nutritiva. Esta solución nutritiva está compuesta a su vez, de dos soluciones concentradas: Solución A, que proporciona elementos nutritivos que las plantas consumen en mayor cantidad; y solución B que aporta, en cambio, los elementos nutritivos requeridos en menor cantidad, pero que son muy esenciales para el desarrollo normal de los procesos fisiológicos de las plantas (Aroni, 2016; FAO, 2000; Gómez y Sánchez, 2003; Ordoñez et al., 2018a).

La solución nutritiva contiene y brinda en forma balanceada todos los elementos que una planta necesita para crecer sana, vigorosa y dar buenos frutos (FAO, 2000).

La mayoría de las investigaciones previas al presente trabajo indican que la aplicación de soluciones nutritivas en la hidroponía, mejora el volumen de producción y el valor nutritivo del forraje verde hidropónico.

Por otro lado, las soluciones nutritivas, aportan los elementos químicos necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, para mejorar su palatabilidad, digestibilidad y sustituir de esta manera los alimentos concentrados.

### **2.2.2.2. Propiedades de la solución nutritiva**

Según Sela (2020), las soluciones nutritivas para los cultivos hidropónicos se componen de los minerales en la fuente del agua y de los nutrientes añadidos con los fertilizantes.

La solución nutritiva está compuesta por:

- Solución concentrada A: Llamadas también macro nutrientes, quienes aportan elementos nutritivos consumidos por las plantas en mayor cantidad.
- Solución concentrada B: Llamados micronutrientes, quienes aportan elementos nutritivos consumidos por las plantas en menor cantidad, pero esenciales para el crecimiento y desarrollo de los forrajes.

Las soluciones nutritivas están compuestas químicamente por 16 elementos nutritivos, consideradas muy esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

*Tabla 1. Macro y micronutrientes para la nutrición de las plantas.*

| <b>Macronutrientes</b> | <b>Micronutrientes</b> |
|------------------------|------------------------|
| Nitrógeno (N)          | Cloro (Cl)             |
| Fósforo (P)            | Manganeso (Mn)         |
| Potasio (K)            | Hierro (Fe)            |
| Azufre (S)             | Boro (B)               |
| Magnesio (Mg)          | Cobre (Cu)             |
| Calcio (Ca)            | Zinc (Zn)              |
| Carbono (C)            | Molibdeno (Mo)         |
| Oxígeno (O)            |                        |
| Hidrógeno (H)          |                        |

Fuente: Elaboración propia y extraída del trabajo de Zirena (2002).

Rodríguez, et al. (2001) mencionan que la solución nutritiva La Molina se prepara con los siguientes fertilizantes:

*Tabla 2. Composición química de la solución nutritiva La Molina.*

| <b>Solución A (5 L, Vol. final)</b>                                      | <b>Solución B (2 L, Vol. final)</b>         |
|--|---|
| 500 g de Nitrato de potasio 13.5% N, 45% K <sub>2</sub> O                | 220 g de Sulfato de magnesio 16% MgO, 13% S |
| 350 g de Nitrato de amonio 33% N   | 17 g de Quelato de hierro 6% Fe             |
| 180 g de Superfosfato triple 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 20% CaO | 400 ml de Solución de micronutrientes       |

Fuente: Elaboración propia y extraída del trabajo de Rodríguez, et al. (2001)

Por otro lado, Cuadra (2019) plasma que la composición química de la solución nutritiva La Molina es como sigue:

*Tabla 3 Composición química de soluciones nutritivas La Molina.*

|                             | <b>Nombre comercial</b> | <b>Peso g/litro</b> |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
| Solución concentrada A      | Nitrato de potasio      | 110                 |
|                             | Nitrato de amonio       | 70                  |
|                             | Superfosfato triple     | 36                  |
| Solución concentrada A      | Sulfato de magnesio     | 44                  |
|                             | Quelato de hierro 6%    | 3.4                 |
| Solución de micronutrientes | Sulfato de manganeso    | 5                   |
|                             | Ácido bórico            | 3                   |
|                             | Sulfato de zinc         | 1.7                 |
|                             | Sulfato de cobre        | 1                   |

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina (2010).

En tanto, el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), sostiene que la solución nutritiva preparada con solución hidropónica La Molina contiene las siguientes concentraciones de nutrientes (ppm o mg/L) (CIHNM, 2021):

*Tabla 4 Contenido de concentraciones de la solución nutritiva La Molina*

| <b>Concentraciones de nutrientes</b> |             |
|--------------------------------------|-------------|
| 210 ppm K                            | 1.0 ppm Fe  |
| 190 ppm N                            | 0.50 ppm Mn |
| 150 ppm Ca*                          | 0.50 ppm B* |
| 70 ppm S*                            | 0.15 ppm Zn |
| 45 ppm Mg*                           | 0.10 ppm Cu |
| 35 ppm P                             | 0.05 ppm Mo |

Nota: \*Incluye las cantidades que aporta el agua  
1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/Litro

### **2.2.2.3. Utilización de la solución nutritiva**

Se utilizan para en el proceso de la elaboración de hidroponía de diferentes cultivos, teniendo en cuenta desde hortalizas hasta frutales.

Del mismo modo, el uso de la solución nutritiva radica en que el éxito de la producción en sistemas hidropónicos depende de la nutrición mineral bien equilibrada (Ccahuana, 2019).

Para Candia (2014) citado por Ordoñez et al., (2018a), las soluciones hidropónicas son importantes para mejorar el rendimiento de biomasa vegetal, aplicando durante la etapa de germinación y crecimiento temprano.

Por otro lado; Favela *et al.*, (2006) resalta algunas de las funciones básicas y específicas que los nutrimentos cumplen dentro de los vegetales, las mismas que son:

- a) Estructurales: Elementos que forman parte de la molécula de uno o más compuestos orgánicos: N – aminoácidos y proteínas, Ca – pectanos (sal de ácido poligalacturónico), Mg – centro del núcleo tetrapirrólico de clorofilas.
- b) Constituyentes de enzimas: Elementos metales o de transición; Cu, Fe, Mn, Mo, Zn y Ni.
- c) Activadores enzimáticos: Parte del grupo o elemento disociable de la fracción proteínica de las enzimas.

### **2.2.2.4. Modos de uso de la solución nutritiva**

El Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2021), recomienda que para la producción de forraje verde hidropónico se debe de utilizar 5 ml de solución A y 2 ml de solución B para 3 litros de agua,

con un riego aplicado desde el quinto día hasta el décimo día, para luego regar con agua hasta la cosecha.

En cambio, para aplicar o regar a almácigos de hortalizas se recomienda 2.5 ml de solución A y 1 ml de solución B por litro de agua, desde la aparición de la primera hoja verdadera durante los primeros días del almácigo (5-7 días), luego se recomienda el riego con la dosis completa (5 ml de solución A y 2 ml de la solución B), (CIHNM, 2021).

Las mismas dosis son sugeridas por la FAO (2000), la utilización de una concentración media para los almácigos y dosis completa para regar hidroponías de forrajes aplicando la dosis de solución al agua del contenedor.

#### **2.2.2.5. Disponibilidad comercial la solución nutritiva**

Las soluciones nutritivas para la aplicación en sistemas hidropónicos se encuentran disponibles comercialmente en nuestro país como: SolNut de la empresa Montana; La Molina® soluciones nutritivas de la UNALM; soluciones nutritivas de INIA, soluciones hidropónicas RMR, etc.

#### **2.2.3. Forraje verde hidropónico:**

Es el resultado del proceso de germinación de los granos de cereales (cebada, avena, maíz, y sorgo, etc.) o leguminosas (arvejas y vicia), realizado durante 9 a 24 días alcanzando una altura aproximada de 18 a 28 cm, y que los animales lo consumen por completo (tallos, hojas, raizuelas, resto de semilla) (Regalado, 2009). El término hidropónico, indica que el cultivo de la cebada toma como base el agua (M. de A. de C. INIA, 2014).

La palabra hidroponía procede de dos palabras griegas: *hydor*, que significa agua y *ponos* que significa trabajo, que unidas significan “trabajo en agua” y es una alusión al empleo de soluciones de agua y fertilizantes químicos

para el cultivo de plantas sin tierra para su sustento, Miranda (2006) citado por Ordoñez et al., (2018a).

El forraje verde hidropónico nace de la necesidad de eliminar la dependencia y limitación que origina la degradación, pobreza del suelo; a ello se debe de añadir las condiciones climatológicas adversas, tales como helada, sequía, bajas temperaturas, et., posibilitando a los productores contar con forraje verde en cantidad y de calidad y a un costo menor, que se puede producir en cualquier época del año (INIA, 2014).

El FVH se considera como complemento, más no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas, como la avena, maíz y cebada, para cultivo forrajero convencional.

Como las ventajas que tiene esta tecnología tenemos la mejora de salud animal, la mayor asimilación alimenticia, alto contenido de proteína y vitaminas y alto valor forrajero, bajo costo de producción, se puede producir todo el año, en espacio pequeño, valor nutritivo alto (INIA, 2014).

#### **2.2.4. Importancia del forraje verde hidropónico**

El forraje verde hidropónico es una alternativa interesante para los productores alto andinos, gracias a su alta productividad forrajera por metro cuadrado, por su inocuidad del producto y por su eficiencia en el uso del agua (Birgi, 2008).

Del mismo modo, la importancia del FVH para los productores ganaderos de la región, radica en que la accesibilidad a este sistema, les permitirá la adquisición de forraje asequible, alimento de alta calidad y producido local y artesanalmente.

Por otro lado, el FVH tiene una importancia vital, puesto que se puede utilizar como suplemento estratégico consumido en forraje verde en épocas de escasez forrajera o estiaje, comprendida entre los meses de junio a setiembre.

Como indica López-Aguilar et al., (2009) y Adame (2012), el forraje verde producido bajo sistemas de hidroponía es propicia para combatir las principales dificultades existentes en las zonas donde predominan las condiciones de sequedad atípica, con cobertura vegetal reducida, con lluvias irregulares y con bajas temperaturas, que se presentan año tras año.

Es de conocimiento que, las sequías atípicas son fenómenos severos que producen alta mortandad de animales, paralelamente generan competencia por la adquisición de forrajes para el consumo animal.

La producción de forraje verde hidropónico, es de vital importancia por ser una alternativa viable frente a problemas como disponibilidad de terrenos para sembrar, agua para los riegos, exceso carga animal y principalmente los factores climático-ambientales. Para Mejía y Orellana (2019) y Elizondo (2005), la hidroponía es una técnica que cumple un rol muy importante en el desarrollo de la agricultura, frente al cambio climático, incremento de la población, erosión de suelos, escasez de agua y contaminación.

#### **2.2.5. Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH):** (Mejía & Orellana, 2019)

Los procedimientos a seguir para poder producir el forraje verde hidropónico según Castillo, (2017); FAO (2017); Herrera *et al.*, (2010); Pacco (2018); Regalado (2009); Romero *et al.* (2009); Salazar, (2005); Silva (2017) y Mejía y Orellana (2019), son:

- a) **Selección de semillas:** Recomendable provenientes de lotes limpios, semillas no tratadas, sin preservantes ni resinas externas.
- b) **Lavado de semilla:** Con el objetivo de eliminar polvo, microorganismos, impurezas visibles y granos partidos, se sumergen las semillas al agua y luego se agita el contenido por unos segundos, para luego eliminar el agua sucia. El procedimiento se puede repetir hasta tres veces o dependiendo de la suciedad de las semillas.
- c) **Desinfección:** Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción, esporas de hongos y bacterias

contaminantes y así evitar problemas durante el proceso de germinación y producción. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1 % (10 ml de lejía por cada litro de agua) por espacio de 1 a 2 minutos. Otros autores como Silva (2017) y López (2005) recomiendan no menor a treinta segundos ni mayor a tres minutos, ya que dejarlas más tiempo puede ser perjudicial para la viabilidad de las mismas, con importantes pérdidas de tiempo y dinero.

Finalizado el lavado y desinfección se procede a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia (FAO, 2001).

- d) **Remojo:** Las semillas son puestas en remojo con agua por tiempo de 24 horas, con el objeto de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la germinación.
- e) **Oreo:** Las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un depósito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, en un ambiente sombreado. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecen por espacio de uno a dos horas.
- f) **Pre germinación:** Después del oreo se remojan nuevamente las semillas por espacio de otras 24 horas.
- g) **Germinación:** Etapa que inicia con la siembra de las semillas en las bandejas, a una densidad de 5 kilos de semilla seca por metro cuadrado (420 g/0.25cm×0.35cm de bandeja), es decir una altura de cama de semillas de 1.5 cm, asegurando dejar una capa uniforme sin espacios. Luego las bandejas son colocadas en un estante de germinación, y son regadas con agua tres a cuatro veces al día. Las bandejas se pueden cubrir con plásticos, costales, triplay o periódicos, ya que este proceso favorece la germinación evitando la resecación de las semillas (Tapia, 2018). Luego de 4 a 6 días las bandejas son trasladadas al estante de producción.

- h) Producción:** Una vez trasladadas a estantes de producción, se puede utilizar solución nutritiva. La etapa de producción del FVH dura entre 4 a 25 días (FAO, 2017; Romero *et al.*, 2009; Salazar, 2005). En esta etapa es donde se lleva a cabo el riego, que se puede llevar utilizando una regadera manual. La frecuencia de irrigación es muy importante, ya que dependerá de la demanda de agua, temperatura, iluminación y la etapa de desarrollo en el cual se encuentre la planta. La cantidad recomendada es de 0.5 hasta 2 litros/ $m^2$  (Tapia, 2018).
- i) Cosecha:** Los dos últimos días se solamente se riega con agua con la finalidad de desmineralizar la base radicular. Después de la cosecha, se recomienda orear 2 a 3 horas antes de ser proporcionadas a los animales.

#### **2.2.5.1. Factores que influyen** (Juárez-Lopez et al., 2013)

**Luz:** Para la producción óptima, necesariamente los 4 a 6 primeros días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y raíces. Después del tercer día, es necesario un ambiente con una mayor luminosidad homogénea sobre las bandejas, no exponiendo directamente al sol. Recomiendan que, si no tenemos luz necesaria, es recomendable usar la luz artificial, con una duración máxima de 12 a 15 horas (FAO, 2001).

**Temperatura:** La temperatura óptima varía de 22°C a 25°C. Ahora, en las gramíneas es muy importante considerar la temperatura de 25 a 28°C, por su alto volumen de producción y su contenido nutricional. A mayores de estos datos, se presentan problemas de actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces, agregando que las noches son más favorables para las gramíneas (FAO, 2001).

**Humedad:** Factor muy importante, debiendo de oscilar entre 65-70 %. Valores superiores sin una buena ventilación puede causar graves problemas fitosanitarios debido a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar (Castillo, 2017; FAO, 2001).

**Calidad de semilla:** Factor muy importante, donde el porcentaje de germinación debe ser de 80 a 90 %. Los granos de avena, cebada, maíz, trigo y centeno son los más empleados para la producción de FVH, ya que cumplen con algunos requisitos que permiten una mayor producción libre de hongos, un problema frecuente que enfrenta el productor que inicia con el sistema (Castillo, 2017; FAO, 2001).

Romero, Córdova, y Hernández (2009) y Salazar (2005), indican que los granos de las semillas, no deben de contener agroquímicos tóxicos y de acción residual, ya que el tiempo de producción es corto y pueden ocasionar problemas en los animales que se alimenten con el producto. Además de ello, sugieren que el porcentaje de germinación debe ser mayor al 90%, permaneciendo en un estado sano, entero y no suelte almidón, ya que con ello puede ocasionar la propagación de enfermedades.

**Calidad de agua:** El agua debe de estar en condiciones de potabilidad. Salazar (2005) sugiere que es necesario un análisis químico detallado, estudiando el contenido de sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro). Asimismo, estudiar el contenido de microorganismos patógenos, concentración de metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos. El pH de agua debe de oscilar entre 5.2 y 7, salvo para algunas leguminosas que se pueden comportar eficientemente por encima del valor 7 (FAO, 2017; FAO, 2001).

#### **2.2.6. La avena (*Avena sativa*)**

Es la principal especie cultivada en el mundo para la producción de forraje o grano, destinados para la alimentación de animales rumiantes. La producción de grano es de buena calidad, con contenido de proteína superior a los demás cereales de grano pequeño (J. Castillo, 2017a).

La avena es una gramínea muy buena para la producción de heno o el pastoreo. Esta especie de forraje es apreciada en zonas altas y secas, es una

planta que puede adaptarse a una gran variedad de climas desde semiáridos a fríos y alturas desde 0 m.s.n.m. hasta los encima de los 3.000 m.s.n.m. (Castillo, 2017; Condori y Cabrera, 2016; Pacco, 2018).

Su ciclo vegetativo dura un aproximado de 180 días. En la alimentación de los animales se le utiliza a una edad tierna como forraje verde o henificado y en seco como grano o también como semilla. La dosis de siembra es de 0.05 Tn/ha, con un rendimiento en materia verde de 34 Tn/ha (J. Castillo, 2017a).

Clasificación taxonómica de la avena según Toapanta (2014) citado por Castillo (2017) y Pacco (2018):

Reino: Plantae

División: Anthophyta

Clase: Liliópsida

Sub clase: Commelinidas

Orden: Poales

Familia: Poáceas

Género: Avena

Especie: *Avena sativa* L.

La avena tiene un sistema radicular, pseudo fascinado y potentes a comparación de los otros cereales, tiene tallo de forma cilíndrica con entrenudos, donde se insertan las hojas, de forma plana y alargadas, con un limbo estrecho y largo de color verde. Las inflorescencias son panículas, con racimos de espigas de dos a tres flores hermafroditas, unisexuales o estériles. La semilla es contenida en un fruto cariósido, que presenta una

estructura pericarpio, que corresponde a la fusión de las paredes del ovario, que se presenta unido a la testa de la semilla.

### **Avena Variedad Mantaro 15**

Según INIA (2006), la germoplasma base de esta variedad se obtuvo de colecciones de la avena Mantaro, sembrados en la sierra central del Perú. A partir de ese material, se seleccionaron mediante el método-hilera, durante 10 ciclos en la Estación Experimental Agraria Santa Ana – Huancayo.

Su principal fortaleza, radica en su rusticidad. Esta variedad fácilmente se adapta a condiciones agroclimáticas comprendidas desde 3200 hasta los 4200 m.s.n.m. para la producción de forraje verde y desde los 3200 a 3300 m.s.n.m. para la producción de semillas (INIA, 2006).

La variedad Mantaro 15 se caracteriza por alcanzar rendimientos superiores de forraje verde comparados a los cultivos sembrados en la sierra central del país. Del mismo modo, se caracteriza, por ser tolerante a las enfermedades prevalentes en esta región, por su alta producción de semillas (INIA, 2007).

La variedad Mantaro 15M, tiene un alto rendimiento en biomasa, a parte de contener una buena composición nutricional, los mismos que hacen que la alimentación ganadera mejore, principalmente de las zonas altoandinas de la sierra central del Perú (INIA, 2007).

El porcentaje de germinación de su semilla está entre 95 – 97%, que alcanza una altura de 120 a 156 cm. El rendimiento de forraje verde (kg/ha), alcanza valores de 60 000 toneladas por hectárea, valor muy superior a otras especies forrajeras, con un contenido de proteína cruda del forraje de 7.57 a 10.15% (INIA, 2006).

#### **2.2.7. La vicia (*Vicia sativa*)**

La Vicia es una leguminosa anual de gran calidad forrajera, de ciclo OIP (otoño – invierno – primaveral), sus hojas son imparipinadas, con folíolos

en forma de zarcillos, por lo que pueden crecer trepándose a otras plantas (Navarrete, 2008). Como toda leguminosa, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de sus nódulos de la raíz, es decir, que pueden aportar nitrógeno al suelo (FAO, 2001).

Del mismo modo, una de sus fortalezas de esta leguminosa es su perfecta tolerancia a la sequía y a suelos pobres, aunque es exigente a las lluvias durante su periodo vegetativo, sobre todo en la estación de primavera (San Miguel, 2007). Esta variedad de leguminosa es muy exigente en fósforo y potasio, reaccionando muy bien cuando son fertilizados con estos nutrientes.

La vicia presenta la clasificación taxonómica siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliophyta

Orden: Rosidae

Familia: Fabaceae

Género: *Vicia*

Especie: *V. sativa*

Nombre común: *Vicia*

#### 2.2.7.1. Producción de la vicia

La producción de la vicia (*Vicia sativa*), resulta conveniente cuando se asocia con cereales que se desarrollen a la vez, para que la vicia utilice como apoyo o tutor, ya que esta planta es de porte erecto y dispone de zarcillos.

Además, la siembra asociada con cereales posee una composición nutricional muy equilibrada, desde donde es recomendable sembrar asociado con avena o cebada.

La dosis de siembra, al voleo o en líneas fluctúa alrededor de los 150 kg/ha, aunque pueden variar los porcentajes cuando se siembras combinados con cereales (Aroni, 2016; San Miguel, 2007). Por su parte San Miguel (2007), sugiere que la dosis cuando se siembra asociado a la avena o cebada por costumbre y/o coste varía de 50 kg/ha de vicia y 100 kg/ha de cereal. Pero para poder obtener forraje de una asociación óptima con alto porcentaje de proteína, la dosis comprendería 50 kg/ha de cereal y 100 kg de vicia.

Por otro lado, la vicia puede llegar a producir hasta 20 t/ha de forraje verde, cultivando de forma tradicional (Navarrete, 2008); mientras que, su rendimiento para semillas es hasta 1400 kg/ha (León et al., 2018).

#### **2.2.7.2. Importancia de la vicia**

La importancia de la producción de la vicia como forraje, radica en su contenido alto de proteína (>15%) y su fácil digestibilidad cuando es consumido por los animales (León et al., 2018).

Otra de su vital importancia, reside en su adaptabilidad a climas de zonas frías y secas, templados. Del mismo modo, se adapta fácilmente a toda clase de suelos, desde los arcillosos hasta arenosos (León et al., 2018).

Según León et al. (2018), esta leguminosa es muy utilizada en la implantación de potreros, como también es usada como abono verde en incorporaciones al suelo, puesto que mejora las calidades de los mismos.

Para la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA (2021), la importancia del cultivo de la vicia, radica por su adaptación a suelos alcalinos pobres y alto contenido nutricional, donde

su principal destino es para la producción de forraje asociado a cereales (avena).

La composición química de la vicia según la FEDNA (2021) es:

*Tabla 5 Composición química del grano de la Vicia Sativa*

| <b>Composición química (%)</b> |      |
|--------------------------------|------|
| Proteína bruta                 | 26.5 |
| Humedad                        | 10   |
| Cenizas                        | 3.5  |
| Fibra Bruta                    | 6.5  |
| Fibra Detergente Neutra        | 14.3 |
| Fibra Detergente Ácida         | 8.2  |
| Grasa verd. (%EE)              | 75   |
| Calcio                         | 0.12 |
| Fósforo                        | 0.41 |
| Energía metabolizable          | 2820 |

Fuente: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA (2021).

### **2.3. Definición de términos**

#### **Solución nutritiva:**

El nutriente es un producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse como son: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, molibdeno, boro, zinc.

#### **Microorganismos eficaces**

Es un inoculante microbiano natural que contiene microorganismos benéficos.

#### **Hidroponía**

Sistema de cultivo en el cual se logra el desarrollo de las plantas en medios acuosos sin la necesidad del suelo (INIA, 2014).

### **Forraje verde hidropónico**

Resultado del proceso de germinación de los granos de cereales (cebada, soya, sorgo, avena) o leguminosas que se realiza durante 9 a 15 días, alcanzando una altura de 20 a 25 cm donde los animales consumen por completo los tallos, hojas, raíces y restos de semilla (INIA, 2014; Ordoñez et al., 2018b).

Es el resultado de la germinación de semillas de gramíneas (cebada, avena, centeno) y leguminosas (vicia y arveja) en bandejas, sin la utilización de suelo (Birgi, 2008).

### **Materia seca**

El contenido de materia seca (MS) del forraje es el resultado de la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde (Canseco *et al.*, 2006).

### **Rendimiento**

Representa la producción que se obtiene en un determinado espacio (Tm/ha).

### **Producción**

Se refiere al proceso de generar forraje (producto) para la alimentación animal.

### **Biomasa**

Es la materia orgánica de origen vegetal consumible por los animales

**Radícula:** Raíz embrionaria. Normalmente el primer órgano que emerge en la germinación.

**Patógenos:** Microorganismos capaces de infectar a otros organismos y provocarles enfermedades.

**Parénquima:** Tejido vegetal metabólicamente activo que consta de unas paredes celulares delgadas, con espacios llenos de aire en las esquinas de la célula (Taiz y Zeiger, 2006).

**Monocotiledónea:** Una de las dos clases de plantas con flores que se caracterizan por tener una única hoja (cotiledón) en la semilla del embrión (Taiz y Zeiger, 2006).

**Micronutrientes:** Minerales obtenidos del suelo y presentes en los tejidos vegetales normalmente a una concentración menor a  $3 \mu\text{mol g}^{-1}$  de peso seco. Cloruro, hierro, boro, manganeso, sodio, cinc, cobre, níquel y molibdeno.

**Macronutrientes:** Minerales obtenidos del suelo y presentes en los tejidos vegetales normalmente a una concentración menor a  $30 \mu\text{mol g}^{-1}$  de peso seco. Nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo, azufre y silicio (Taiz y Zeiger, 2006).

**Germinación:** Inicio o recuperación del crecimiento de una espora, una semilla o una yema (Taiz y Zeiger, 2006).

**Epicotilo:** La región del tallo de la planta que se encuentra por encima de los cotiledones (Taiz y Zeiger, 2006).

**Embrión:** Planta inmadura formada después de la reproducción sexual o asexual (Taiz y Zeiger, 2006).

**Clorofila:** Grupo de pigmentos verdes activos que absorben la luz en la fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2006).

## 2.4. Hipótesis

### General:

$H_i$  = El comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera de avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) es estadísticamente diferente.

$H_o$  = El comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera de avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) no es estadísticamente diferente.

## 2.5. Variables

### Variables dependientes:

**Rendimiento de biomasa fresca (Kg/ha):** Es la biomasa producida en un área determinada (Mejía y Orellana, 2019).

**Rendimiento de materia seca de hojas y tallos (Kg/ha):** Cantidad de alimento producido en un área menos el agua contenida en dicho alimento.

**Altura de planta (cm/18 días):** Es la cantidad de centímetros que crece la planta en un determinado tiempo. Se estimó desde la instalación de las semillas en las bandejas hasta la cosecha del forraje.

**Peso del colchón radicular (Kg/ha):** rendimiento de la masa radicular en una determinada área.

**Relación del peso de raíz y peso del forraje:** es la relación del peso del colchón radicular y el peso de biomasa del forraje del FVH.

**Variable independiente:**

**Nutrientes:** Es el efecto producido por la aplicación de las diferentes soluciones nutritivas (soluciones nutritivas y EM-1) con los cuales fueron tratadas las semillas del forraje verde hidropónico de la asociación avena y vicia.



## 2.6.Operacionalización de variables e indicadores

| Variables                 |  | Dimensión                                 | Indicador         | Escala |
|---------------------------|--|---|-------------------|--------|
| <b>V. Independientes:</b> | Efecto de nutrientes                         | EM-1                                      | ml                | Razón  |
|                           |  | Soluciones nutritivas                     | ml                | Razón  |
| <b>V. Dependientes:</b>   | Biomasa fresca                               | Rendimiento de forraje verde              | Kg/m <sup>2</sup> | Razón  |
|                           | Materia seca de hojas y tallos               | Rendimiento de forraje en estado seco     | Kg/m <sup>2</sup> | Razón  |
|                           | Altura de planta                             | Crecimiento de planta                     | Cm/18 días        | Razón  |
|                           | Peso del colchón radicular                   | Peso de hojas y tallos                    | Kg/m <sup>2</sup> | Razón  |
|                           | Relación colchón radicular y biomasa del FVH | Peso de colchón radicular/peso de biomasa | Kg/m <sup>2</sup> | Razón  |

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.Ámbito temporal y espacial**

El estudio se realizó en invernadero de la Universidad Nacional de Huancavelica, situada a una altitud de 3700 m.s.n.m., ubicada en el distrito, provincia y región de Huancavelica, entre los meses de noviembre y diciembre.

#### **3.2.Tipo de investigación**

Según Supo (2012), la investigación fue de tipo:

- a) Experimental, según la intervención del investigador.
- b) Prospectivo, según la planificación de la toma de datos.
- c) Transversal, según número de ocasiones en que se mide la variable respuesta.
- d) Analítico, según el número de variables.

#### **3.3.Población, muestra y muestreo**

##### **Población**

Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis), que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación (Carrasco, 2005).

La población estuvo compuesta por semillas de avena y vicia para la producción del forraje verde hidropónico en bandejas (unidades experimentales). El total de la población fue 24 kg de semillas certificadas (16 kilos de avena y 8 kilos de vicia).

## **Muestra**

Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevó a cabo la investigación (Carrasco, 2005).

Para la investigación, la muestra estuvo compuesta de 8 kg de semilla de vicia certificada y 16 kilogramos de avena, los cuales se repartieron en 30 bandejas (420 g/bandeja).

Por ello, para la determinación de la biomasa fresca se trabajó con la producción de las 30 bandejas, que formaron ser unidades experimentales. En cambio, para la determinación de la materia seca se tomó una muestra representativa en el sobre, mayor a 300 g y menor a 1 kg. Para la altura de planta, se tomó al azar 10 plantas de cada unidad experimental.

### **3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

La técnica que se utilizó, fue la observación científica que consistió en observar detalladamente cada tratamiento, recogiendo datos en una ficha de registros de producción para su posterior análisis (Carrasco, 2005).

#### **Metodología de preparación de la solución nutritiva y microorganismos eficaces.**

##### a) Preparación de la solución nutritiva

Para 3 litros de solución nutritiva y aplicar a la producción de forraje verde hidropónico, se añadió a tres litros de agua, 5 ml de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B (UNALM, 2020).

##### b) Activación de los microorganismos eficaces

Para la activación de este insumo se procedió con las sugerencias del BID (2009) y la AGEARTH (2019), procesos que consistieron en combinar 5% de EM-1 y 5% de melaza, completando lo restante (90%)

con agua destilada. En este caso se combinó 1 litro de EM-1, 1 litro de melaza y 18 litros de agua, que resultó 20 litros de EM activado.

Posteriormente se colocó la mezcla en un envase herméticamente cerrado, libre de gases y de contaminaciones químicas; luego permaneció durante 5 a 7 días en la sombra. Para su aplicación fue muy importante controlar el pH del insumo, inferior a 3.5 (AGEARTH, 2019).

### **Metodología de producción de FVH a nivel de campo**

Los procesos que se siguieron fueron los propuestos por Salazar (2005), FAO (2001), Romero, Córdova, y Hernández (2009), Aviles (2003), Alberca (2018), Silva (2017) y Pacco (2018):

1. Se seleccionaron las semillas de la avena y vicia; puras, libre de malezas, u otras especies no deseables, plagas o enfermedades. Del mismo modo, se comprobaron que no fueron tratadas con insecticidas ni fungicidas, y se seleccionaron principalmente a las semillas con un poder de germinación mayor al 80%.
2. Se procedió con el lavado, cuyo propósito fue eliminar todo material no deseado. Para ello se sumergieron las semillas en agua, con un 2% de hipoclorito de sodio (cloro comercial) para así, eliminar agentes patógenos. Se continuó con el lavado, con el fin de eliminar todo el material no deseable, eliminando todo el material flotante. Las semillas se dejaron remojando por período de 5 minutos, dejando que drene y luego enjuagando hasta que pierda el olor a cloro.
3. Etapa de pre germinación. Esta etapa consistió en dejar las semillas sumergidas en agua por un período de 24 horas, dividido en dos períodos de 12 horas cada uno. Cuando se cumplió las primeras 12 horas, se botó el agua, se lavaron las semillas y se volvieron a sumergir por otro período de igual duración. Toda esta fase, se caracterizó por un rápido consumo de agua que facilitó el metabolismo del material de reserva y la utilización de este para el crecimiento y desarrollo.

4. Finalizada la etapa anterior, se procedió dejar las semillas en reposo, pero sin agua, manteniendo una humedad adecuada para que inicie el proceso de germinación.
5. Concluido ese tiempo de espera, se colocó las semillas en las bandejas, formando una capa de aproximadamente 1.5 cm. Las bandejas fueron de 45 cm de largo y 32 cm de ancho y de 1 cm de fondo, las mismas que contaban con cuatro orificios en un extremo. Las bandejas se colocaron en los estantes con un desnivel aproximadamente de 5%, con la finalidad de que el agua fluya a lo largo de la bandeja y salga por los orificios. El espacio vertical existente entre los niveles del estante fue de 30 cm.
6. Después de la siembra se empezó con una adecuada irrigación. Los primeros 7 días, se regaron a cada dos horas, hasta cinco veces por día.
7. Cinco días post siembra, se inició con el riego a base de la solución nutritiva, hasta el décimo día. En cambio, el riego con EM-1 se inició al séptimo día hasta el onceavo día. Los riegos se realizaron con un aspersor manual distribuyéndose de forma uniforme a las plantas.
8. Después del tratamiento, se continuó con los riegos hasta los 16 días. Puesto que los dos últimos días antes de la cosecha ya no se regaron, con la finalidad de que filtre toda el agua regada.

**Recolección de datos para altura de la planta del FVH a los 18 días, a nivel campo.**

La altura de la planta de la asociación avena vicia cultivada bajo un sistema de hidroponía, se estimó tomando aleatoriamente 10 plantas de toda la región de la bandeja y midiendo con una regla milimétrica desde la base del tallo hasta de punta de la hoja apical, siendo su unidad de medida cm/18 días.

### **Recolección de datos para rendimiento de biomasa del FVH (kg/m<sup>2</sup>), a nivel de campo.**

Para poder determinar el rendimiento de la biomasa fue necesario la cosecha, realizado 18 días post siembra. Para ello se dividió las plántulas en parte aérea y raíz, cortando luego manualmente el forraje verde de la asociación avena vicia. Después, se retiró de la bandeja el colchón radicular, contenido de tallos, hojas y algunas semillas no germinadas, las raicillas y los residuos de semillas germinadas, para luego pesar la parte aérea en una balanza electrónica de 5 g de aproximación y anotado en la ficha de producción.

El rendimiento de forraje verde se estimó en base al peso de las plántulas contenidas en una bandeja, para luego relacionarlas con la superficie de ésta por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>).

### **Recolección de datos para altura de raíz, a nivel de campo**

La altura de la raíz de las plantas de la asociación avena y vicia cultivada en hidroponía, se estimó tomando 10 medidas en toda la región, midiendo desde la base del colchón radicular hasta ½ cm por encima de la misma. Su unidad de medida fue cm/18 días.

### **Recolección de datos para rendimiento de materia seca (kg/m<sup>2</sup>), a nivel de laboratorio (Escobar et al., 2020).**

Para la determinación de la materia seca, se utilizó muestras usadas para la determinación de la biomasa para cada unidad experimental. Para su estimación, se introdujo las muestras de forraje en sobres de papel previamente identificadas, de acuerdo al tratamiento y asociación. Luego se llevaron a la estufa para ser condicionadas a 105° C por 48 horas en el Laboratorio de Alimentación y Nutrición Animal. Del mismo modo, detallar que las muestras fueron pesadas antes y después del secado en el horno.

### **Recolección de datos para relación altura planta y altura de raíz.**

Para la determinación de la relación de la altura del forraje verde y altura de raíz se dividirá el promedio de la altura del forraje sobre altura del colchón radicular.

### **Recolección de datos para relación peso de forraje/ peso colchón radicular.**

La relación del peso de forraje y peso del colchón radicular se estimará por la división del peso del forraje verde entre el peso del colchón radicular.

## **3.4.2. Instrumentos para recolección**

### **Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento que se utilizó fue la ficha de registros de producción, donde se plasmaron los datos obtenidos del crecimiento, peso de cultivo hidropónico de la asociación avena (*Avena sativa*) vicia (*Vicia sativa*) y las variables en estudio.

### **Materiales:**

- a) Baldes.
- b) Bandejas.
- c) Semilla de avena (*Avena sativa*).
- d) Semillas de vicia (*Vicia sativa*).
- e) Agua.
- f) Cloro.
- g) Microorganismos eficaces (EM-1)
- h) Solución nutritiva
- i) Mantada negra.
- j) Micro aspersor.

- k) Regla milimétrica.
- l) Ficha de registro.
- m) Papel.
- n) Sobre manila.
- o) Tablero de campo

#### **Instrumentos y equipos**

- e) Balanza.
- f) Termómetro.
- g) Horno

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos**

Finalizado el experimento y una vez tomada los datos, se procedió a ordenar los mismos en una hoja de cálculo de Excel 2016, que luego fueron analizadas con el paquete estadístico R versión 4.0.5.

El diseño estadístico que se utilizó fue el completamente al azar de cuatro repeticiones con arreglo factorial de  $2 \times 3$  (dos tratamientos: soluciones nutritivas y EM-1, y tres proporciones de avena-vicia), se aplicaron la prueba de rango múltiple de Duncan, para los efectos estadísticamente significativos. Las variables a medir fueron la producción de biomasa, rendimiento de materia seca, altura de planta, altura de raíz, relación altura de planta/altura de raíz y relación peso de forraje/peso de colchón radicular.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$ = Fue la observación de la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel del factor A (EM-1 y soluciones nutritivas), sujeto al i-ésimo nivel del factor B (proporciones de avena y vicia).

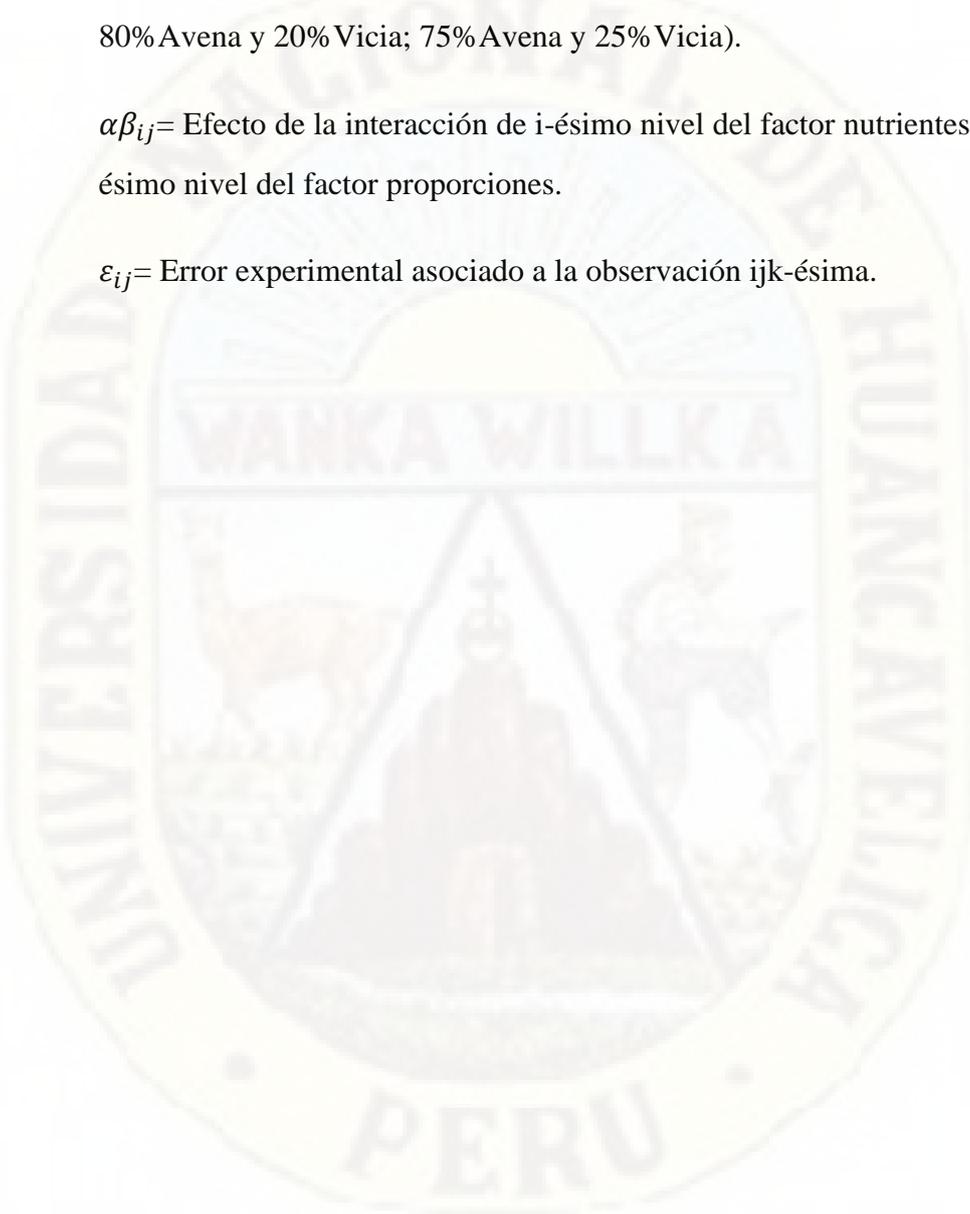
$\mu$ = Fue la media general.

$\alpha_i$ = Efecto que produce el i-ésimo nivel del factor nutriente (EM-1 y soluciones nutritivas).

$\beta_j$ = Efecto de j-ésimo del factor proporciones (85% Avena y 15% Vicia; 80% Avena y 20% Vicia; 75% Avena y 25% Vicia).

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de i-ésimo nivel del factor nutrientes en el j-ésimo nivel del factor proporciones.

$\varepsilon_{ij}$ = Error experimental asociado a la observación ijk-ésima.



# CAPÍTULO IV

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Presentación e interpretación de datos

La producción de avena y vicia como asociado, favorece el rendimiento de forraje verde, y aún más cuando la proporción de vicia es cada vez mayor. La Tabla 6, detalla que en el experimento realizado se evidenció el efecto estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) de los nutrientes y proporciones de siembra sobre el rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) asociado con vicia (*Vicia sativa*). Esto significa que, el comportamiento del FVH de avena asociado con vicia aplicadas con dos tipos de nutrientes es diferente. Del mismo modo, el rendimiento de la biomasa según las diferentes proporciones de siembra, es distinta.

Tabla 6 ANOVA del efecto de la asociación y tipos de solución sobre el rendimiento de biomasa del FVH de avena asociado con vicia.

| Fuentes de variación | SC           | gl        | CM   | F    | p-valor |
|----------------------|--------------|-----------|------|------|---------|
| Modelo               | 12.47        | 3.00      | 4.16 | 3.97 | 0.0188  |
| Asociación           | 7.53         | 2.00      | 3.77 | 3.59 | 0.044*  |
| Solución             | 4.93         | 1.00      | 4.93 | 4.71 | 0.041*  |
| Error                | 27.25        | 26.00     | 1.05 |      |         |
| <b>Total</b>         | <b>39.72</b> | <b>29</b> |      |      |         |

Nota: ‘\*’ Significativo al 0.05.

En la Tabla 7 se muestran los rendimientos de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) del forraje verde hidropónico de la asociación avena vicia con la adición de los microorganismos eficaces (EM-1) y soluciones nutritivas “La Molina”; donde la aplicación del EM-1 obtuvo respuestas superiores ( $14.80 \pm 1.17 \text{ kg/m}^2$ ) con respecto a lo tratado con soluciones nutritivas ( $13.99 \pm 1.05 \text{ kg/m}^2$ ), los mismos que resultaron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Al comparar por las proporciones evaluadas de la asociación avena y vicia, se encontró un mayor rendimiento cuando la dosis de siembra estuvo compuesta por 75 % de avena y 25 % de vicia, seguido por la dosis 80% de avena y 20% de vicia, alcanzando una producción menor la dosis compuesta por 85% de avena y 15% de vicia. Las dosis de siembra que alcanzaron rendimiento de biomasa superior e inferior (85%A:15% V y 75%A:25% V), resultaron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ); mientras que no sucedió lo mismo con la proporción 80 % Avena y 20 % vicia.

*Tabla 7 Media y desviación estándar del rendimiento de biomasa (Kg/m<sup>2</sup>) del FVH de la asociación forrajera avena vicia sembradas en diferentes proporciones con la adición de dos tipos de nutrientes.*

|                    | Nutriente                 |                           | Total                      |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                    | EM-1                      | Sol. Nutritivas           |                            |
| <b>Asociación:</b> |                           |                           |                            |
| 85% A:15% V        | 13.88 ± 0.59              | 13.74 ± 1.10              | 13.81 ± 0.83 <sup>a</sup>  |
| 80% A:20% V        | 14.83 ± 0.95              | 13.86 ± 1.27              | 14.35 ± 1.17 <sup>ab</sup> |
| 75% A:25% V        | 15.69 ± 1.23              | 14.38 ± 0.88              | 15.03 ± 1.22 <sup>b</sup>  |
| <b>Total</b>       | 14.80 ± 1.17 <sup>A</sup> | 13.99 ± 1.05 <sup>B</sup> | 14.39 ± 1.17               |

Nota: Letras diferentes dentro de las filas y columnas, indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

La Tabla 8 detalla que los tipos de soluciones adicionados (EM-1 y solución nutritiva) no tuvieron efectos estadísticamente significativos ( $p > 0.05$ ) sobre el rendimiento de biomasa en las diferentes proporciones de siembra de la asociación avena vicia. Esto es indicio de que, buscar diferentes rendimientos de cada proporción de siembra con cualquiera de los tratamientos será en vano, puesto que los resultados encontrados no fueron estadísticamente diferentes.

*Tabla 8 Efecto del tipo de nutriente sobre el rendimiento de biomasa de las diferentes proporciones de siembra de la asociación avena vicia.*

| Fuentes de Variación |           | SC   | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------------------|-----------|------|----|------|------|---------|
| Nutriente            | 85%A:15%V | 0.05 | 1  | 0.05 | 0.07 | 0.8029  |
|                      | 80%A:20%V | 2.37 | 1  | 2.37 | 1.89 | 0.2063  |
|                      | 75%A:25%V | 4.33 | 1  | 4.33 | 3.78 | 0.0876  |

En la Tabla 9, se presentan los efectos estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) del nutriente y las proporciones de siembra sobre el rendimiento de biomasa de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de la asociación forrajera avena vicia. En los resultados se muestran una mayor incidencia del nutriente sobre la variable evaluada, que revela que el buen desarrollo de las hojas y tallos de la asociación forrajera, dependerá del tipo de nutriente con el que fueron tratadas.

*Tabla 9 Efecto del nutriente y proporciones de siembra del FVH de la asociación avena vicia sobre el rendimiento de tallos y hojas.*

| <b>F.V.</b>  | <b>SC</b>   | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|--------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo       | 3.67        | 3         | 1.22      | 5.71     | 0.0038         |
| Nutriente    | 1.99        | 1         | 1.99      | 9.27     | 0.0053*        |
| Proporciones | 1.69        | 2         | 0.84      | 3.94     | 0.0321*        |
| Error        | 5.57        | 26        | 0.21      |          |                |
| <b>Total</b> | <b>9.24</b> | <b>29</b> |           |          |                |

Nota: '\*' Significativo al 0.05.

Al final del período de cultivo, el rendimiento de las hojas y tallos del FVH de la asociación avena vicia, resultaron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ) cuando se les aplicó distintos nutrientes. La producción por metro cuadrado de hojas y tallos de la asociación forrajera avena vicia, tratadas con microorganismos eficaces (EM-1) fue de  $3.39 \pm 0.45 \text{ kg/m}^2$ ; mayor en comparación a los  $2.88 \pm 0.55 \text{ kg/m}^2$  logradas con el suministro de soluciones nutritivas (Tabla 10).

Del mismo modo, la proporción de siembra evidenció diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) sobre el rendimiento de hojas y tallos en un metro cuadrado; donde la asociación conformada por 85% de avena y 15% de vicia, tuvo un menor rendimiento a comparación con las asociaciones donde el porcentaje de vicia era cada vez mayor (80% de avena: 20% de vicia y 75% de avena: 25% de vicia), reporte detallado en la Tabla 10.

El rendimiento de hojas y tallos, claramente es mayor cuando en la siembra, la proporción de leguminosas aumenta. Sucede lo contrario, cuando en la siembra la proporción de las leguminosas disminuye.

*Tabla 10 Media y desviación estándar del rendimiento de hojas y tallos (kg/m<sup>2</sup>) del FVH de la asociación forrajera avena vicia en diferentes proporciones con la adición de dos tipos de nutrientes.*

|                    | Nutriente                |                          | Total                    |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                    | EM-1                     | Solución nutritiva       |                          |
| <b>Asociación:</b> |                          |                          |                          |
| 85% A:15% V        | 2.91 ± 0.36              | 2.69 ± 0.60              | 2.80 ± 0.48 <sup>a</sup> |
| 80% A:20% V        | 3.57 ± 0.39              | 2.97 ± 0.64              | 3.26 ± 0.59 <sup>b</sup> |
| 75% A:25% V        | 3.69 ± 0.15              | 2.98 ± 0.48              | 3.33 ± 0.50 <sup>b</sup> |
| <b>Total</b>       | 3.39 ± 0.45 <sup>A</sup> | 2.88 ± 0.55 <sup>B</sup> | 3.13 ± 0.56              |

Nota: Letras diferentes dentro de las filas y columnas, indican diferencias significativas (p<0.05).

Por su parte; la Tabla 11, detalla que la adición de dos tipos de nutrientes sobre el forraje verde hidropónico de avena y vicia cultivadas en diferentes proporciones, no tuvieron efectos significativos (p>0.05) sobre el rendimiento de hojas y tallos del FVH. Esto señala que, da igual adicionar o no los diferentes nutrientes sobre cada una de las proporciones de siembra, con la finalidad de obtener diferentes rendimientos de hojas y tallos del forraje verde hidropónico de avena y vicia.

*Tabla 11 Efecto del nutriente sobre el rendimiento de hojas y tallos de las diferentes proporciones de siembra de la asociación avena vicia.*

| Fuentes de variación | SC   | gl | F    | p-valor             |
|----------------------|------|----|------|---------------------|
| Nutriente            |      |    |      |                     |
| 85% A:15% V          | 0.14 | 1  | 0.55 | 0.134 <sup>ns</sup> |
| 80% A:20% V          | 0.90 | 1  | 3.15 | 0.114 <sup>ns</sup> |
| 75% A:25% V          | 1.27 | 1  | 9.99 | 0.478 <sup>ns</sup> |

Nota: 'ns' No significativo al 0.05.

Al analizar por separado la producción de la materia seca de la fracción aérea, se muestra que no existen efecto estadísticamente significativo (p>0.05) del factor solución sobre el rendimiento de MS de tallos y hojas del FVH; que indica que los microorganismos eficaces (EM-1) y la solución

nutritiva “La Molina”, tienen efectos similares o se comportan de igual manera sobre el rendimiento de materia seca de hojas y tallos del forraje verde hidropónico de la asociación forrajera avena vicia (Tabla 12).

La proporción de siembra presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) sobre el rendimiento de la materia seca de hojas y tallos del FVH de la asociación avena vicia, lo que demuestra que considerar las proporciones de semillas de avena y vicia al momento de sembrar es muy importante, puesto que cada proporción de siembra tiene un diferente rendimiento en cuestiones de materia seca (Tabla 12).

*Tabla 12 Comportamiento del nutriente y proporciones de siembra de la asociación avena vicia sobre la materia seca de hojas y tallos del FVH.*

| <b>F.V.</b>  | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo       | 0.01      | 3         | 0.0027    | 8.29     | 0.0005         |
| Nutriente    | 0.00026   | 1         | 0.00026   | 0.79     | 0.3834         |
| Proporción   | 0.01      | 2         | 0.0039    | 12.04    | 0.0002*        |
| Error        | 0.01      | 26        | 0.00033   |          |                |
| <b>Total</b> | 0.02      | 29        |           |          |                |

Nota: ‘\*’ Significativo al 0.05.

La Tabla 13, detalla la comparación de medias de las proporciones de siembra de la asociación forrajera avena vicia, a través de las pruebas de Duncan, ejecutada al 0.05. En la comparación se detalla que, la proporción de siembra constituida por 75% de avena : 25% de vicia obtuvo un rendimiento de  $0.24 \pm 0.02$  kg/m<sup>2</sup> de materia seca, valor más alto a comparación al rendimiento de la asociación 80% de avena : 20% de vicia que obtuvo un valor de  $0.23 \pm 0.02$  kg/m<sup>2</sup> y contra la proporción 85% de avena y 15% de vicia, que rindió  $0.20 \pm 0.02$  kg/m<sup>2</sup>. Del mismo modo, el rendimiento de materia seca de las hojas y tallos del forraje cultivado en un sistema de hidroponía bajo distintas proporciones de siembra, fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Tabla 13 Comparación de medias del rendimiento de la materia seca de las hojas y tallos del FVH de la asociación avena vicia, bajo diferentes proporciones de siembra.

|                               | Nutriente                |                          | TOTAL                    |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                               | EM-1                     | Solución nutritiva       |                          |
| <b>Proporción de siembra:</b> |                          |                          |                          |
| 85%A:15%V                     | 0.20 ± 0.02              | 0.21 ± 0.02              | 0.20 ± 0.02 <sup>c</sup> |
| 80%A:20%V                     | 0.23 ± 0.02              | 0.22 ± 0.02              | 0.23 ± 0.02 <sup>b</sup> |
| 75%A:25%V                     | 0.25 ± 0.01              | 0.23 ± 0.02              | 0.24 ± 0.02 <sup>a</sup> |
| <b>Total</b>                  | 0.23 ± 0.03 <sup>A</sup> | 0.22 ± 0.02 <sup>A</sup> | 0.22 ± 0.02              |

Nota: Letras diferentes dentro de las filas y columnas, indican diferencias significativas (p<0.05).

El comportamiento del rendimiento de la materia seca de hojas y tallos del forraje verde hidropónico de avena y vicia, cultivadas en diferentes proporciones con la adición dos tipos de nutrientes, no resultó estadísticamente significativo (p>0.05). Esta realidad, determina que añadir distintos tipos de nutrientes (microorganismos eficaces o soluciones nutritivas) sobre cualquier proporción de cultivo (85%A:15%V; 80%A:20%V y 75%A:25%V), con la finalidad de cosechar diferentes rendimientos de materia seca (MS) del forraje verde hidropónico de la asociación avena vicia; resulta innecesario. Aunque, es visible que cuando se trata con microorganismos eficaces la respuesta en términos de materia seca es superior con respecto a la materia seca producida con la aplicación de soluciones nutritivas “La Molina”.

Tabla 14 Comportamiento del rendimiento de MS del FVH de la asociación avena vicia en sus diferentes proporciones con la adición de dos tipos de nutrientes.

| Fuentes de variación | SC     | gl | F    | p-valor |
|----------------------|--------|----|------|---------|
| <b>Solución</b>      |        |    |      |         |
| 85%A:15%V            | 0.0001 | 1  | 0.50 | 0.498   |
| 80%A:20%V            | 0.0001 | 1  | 0.50 | 0.498   |
| 75%A:25%V            | 0.0007 | 1  | 2.69 | 0.139   |

Nota: “\*” Significativo al 0.05.

El análisis de varianza de la altura de planta a los 18 días después de la siembra del forraje verde hidropónico de avena y vicia plasmada en la Tabla 15, muestra la existencia del efecto estadísticamente significativo del factor

nutriente ( $p < 0.05$ ) y el efecto no significativo de la proporción ( $p > 0.05$ ). Esto indica que, el crecimiento de la planta en 18 días será diferente cuando independientemente se les aplique microorganismos eficaces (EM-1) o soluciones nutritivas “La Molina”; sin embargo, las diferencias no serán visibles cuando se siembre en las diferentes proporciones.

*Tabla 15 Análisis de varianza de altura de planta del forraje verde hidropónico de avena asociado con vicia en diferentes proporciones.*

| <b>F.V.</b>  | <b>SC</b>     | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b>       |
|--------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| Modelo       | 37.65         | 3         | 12.55     | 4.6      | 0.0103               |
| Nutriente    | 21.45         | 1         | 21.45     | 7.87     | 0.0094*              |
| Proporción   | 16.19         | 2         | 8.1       | 2.97     | 0.0689 <sup>ns</sup> |
| Error        | 70.89         | 26        | 2.73      |          |                      |
| <b>Total</b> | <b>108.53</b> | <b>29</b> |           |          |                      |

Nota: ‘\*’ Significativo al 0.05; ‘<sup>ns</sup>’ no significativo.

La Tabla 16, muestra los resultados de la altura de planta del FVH de la asociación avena vicia obtenidos con la aplicación de EM-1 y Solución nutritiva, lo mismos que implican una altura promedio de  $24.11 \pm 1.69$  cm/18 días y  $22.41 \pm 1.84$  cm/18 días, con la adición de microorganismos eficaces y soluciones nutritivas “La Molina”, respectivamente. La diferencia es muy visible; evidenciando que el tratamiento con microorganismos eficaces con la finalidad de lograr forrajes de mayor altura, es posible.

*Tabla 16 Comparación de medias de la altura de planta (cm/18 días) del forraje verde hidropónico de avena asociada a la vicia, adicionada con dos tipos de nutrientes.*

|                    | <b>Nutriente</b>              |                               | <b>TOTAL</b>        |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|                    | EM-1 (15)                     | Solución nutritiva            |                     |
| <b>Proporción:</b> |                               |                               |                     |
| 85%A:15%V          | $22.99 \pm 1.55$              | $22.04 \pm 2.06$              | $22.51 \pm 1.79$ a  |
| 80%A:20%V          | $24.13 \pm 1.87$              | $21.88 \pm 1.69$              | $23.01 \pm 2.06$ ab |
| 75%A:25%V          | $25.19 \pm 1.03$              | $23.33 \pm 1.77$              | $24.26 \pm 1.68$ b  |
| <b>Total</b>       | $24.11 \pm 1.69$ <sup>A</sup> | $22.41 \pm 1.84$ <sup>B</sup> | $23.26 \pm 1.93$    |

Nota: Letras diferentes dentro de las columnas, indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Con respecto al efecto del factor nutriente dentro de cada una de las proporciones cultivadas de la asociación forrajera avena vicia, con la

finalidad de buscar mejores crecimientos; no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p>0.05$ ) (Tabla 17). Esta realidad, evidencia que buscar plántulas con mejor altura, aplicando diferentes nutrientes, dentro de cada proporción de siembra, resultará innecesario.

*Tabla 17 Comportamiento del factor nutriente en la altura de planta (cm/18 días) en las diferentes proporciones de cultivo del FVH de la asociación forrajera avena vicia.*

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b>       |
|-----------------------------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| Nutriente                   |           |           |          |                      |
| 85%A:15%V                   | 2.28      | 1         | 0.69     | 0.431 <sup>ns</sup>  |
| 80%A:20%V                   | 12.68     | 1         | 4        | 0.080 <sup>ns</sup>  |
| 75%A:25%V                   | 8.71      | 1         | 4.16     | 0.0756 <sup>ns</sup> |

Nota: 'ns' No significativo

La Tabla 18, muestra que el factor nutriente y proporción no tuvieron efectos significativos ( $p>0.05$ ) sobre el rendimiento del colchón radicular del forraje verde hidropónico de la asociación forrajera avena vicia cultivadas en diferentes proporciones. Este contexto, supone que adicionar los niveles del factor nutriente (EM-1 y Soluciones nutritivas) con la finalidad de buscar un mayor rendimiento del colchón radicular, es insignificante, puesto que se no logran rendimientos estadísticamente diferentes. Del mismo modo, cultivar la asociación forrajera avena vicia en distintas proporciones, con la finalidad de comparar rendimientos del colchón radicular, no supone lograr rendimientos estadísticamente diferentes.

La tabla 18, detalla que no hubo efecto estadísticamente significativo del tipo de nutriente sobre ninguna de las tres proporciones de cultivo. Esto es indicio de que las soluciones utilizadas (EM-1 y soluciones nutritivas) dentro las proporciones planteadas, con la finalidad de buscar un menor peso, fue innecesario; puesto que los dos nutrientes tuvieron rendimientos similares de colchón radicular.

Tabla 18 Efecto de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento del colchón radicular del FVH de avena asociada con vicia en diferentes proporciones.

| <b>F.V.</b>  | <b>SC</b>    | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b>       |
|--------------|--------------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| Modelo       | 3.56         | 3         | 1.19      | 2.63     | 0.0712               |
| Nutriente    | 0.66         | 1         | 0.66      | 1.46     | 0.2371 <sup>ns</sup> |
| Proporción   | 2.9          | 2         | 1.45      | 3.22     | 0.0565 <sup>ns</sup> |
| Error        | 11.71        | 26        | 0.45      |          |                      |
| <b>Total</b> | <b>15.27</b> | <b>29</b> |           |          |                      |

ns: No significativo al 0.05

Por otro lado, indicar que el peso del colchón radicular en la mayoría de las veces dependerá de la densidad de siembra, de la variedad de las semillas, del porcentaje de semillas germinadas, semi germinadas y residuos que quedan atrapadas en él.

Tabla 19 Efecto de dos tipos de nutrientes y proporciones de cultivo sobre la relación peso del colchón radicular y peso de biomasa del FVH de avena asociado con vicia.

| <b>F.V.</b>  | <b>SC</b>   | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|--------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Modelo       | 0.01        | 3         | 0.0026    | 5.57     | 0.0043         |
| Solución     | 0.0045      | 1         | 0.0045    | 9.61     | 0.0046*        |
| Asociación   | 0.0033      | 2         | 0.0017    | 3.55     | 0.0433*        |
| Error        | 0.01        | 26        | 0.0004    |          |                |
| <b>Total</b> | <b>0.02</b> | <b>29</b> |           |          |                |

Nota: "\*" Significativo al 0.05

Dentro de los resultados, se evidenciaron efectos significativos ( $p < 0.05$ ) del factor nutriente sobre la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular del FVH. Esto significa que, con la aplicación de microorganismos eficaces o soluciones nutritivas independientemente, se obtendrán resultados estadísticamente diferentes (Tabla 19).

Del mismo modo, se demostraron efectos estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) del factor proporción de cultivo sobre la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular; lo que es, que las diferentes proporciones de cultivo de la asociación avena vicia, logran distintos rendimientos.

En la Tabla 20, se muestra las diferencias significativas del factor nutriente y proporción sobre la relación rendimiento de biomasa y rendimiento del colchón radicular. Dentro de ello, se aprecia que con la aplicación de microorganismos eficaces se logra una menor relación, es decir, que se produce mayor rendimiento de biomasa y menor rendimiento en colchón radicular. Por otro lado, se observa que con la aplicación de soluciones nutritivas La Molina, se produce menor biomasa y menor rendimiento del colchón radicular.

Tabla 20

Valores promedios del efecto del tipo de nutriente y proporciones de siembra sobre la relación peso del colchón radicular y peso de biomasa y del FVH.

|                    | Nutriente                |                          | TOTAL                     |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                    | EM-1 (15)                | Sol. Nutritiva (15)      |                           |
| <b>Proporción:</b> |                          |                          |                           |
| 85%A:15% V         | 0.79 ± 0.02              | 0.81 ± 0.03              | 0.80 ± 0.02 <sup>a</sup>  |
| 80%A:20% V         | 0.76 ± 0.02              | 0.79 ± 0.03              | 0.77 ± 0.03 <sup>b</sup>  |
| 75%A:25% V         | 0.76 ± 0.01              | 0.79 ± 0.02              | 0.78 ± 0.02 <sup>ab</sup> |
| <b>Total</b>       | 0.77 ± 0.02 <sup>A</sup> | 0.80 ± 0.03 <sup>B</sup> | 0.78 ± 0.02               |

Nota: letras diferentes en la misma columna o fila, denotan diferencias significativas al 0.05.

La Tabla 21, hace visible la diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) del efecto del nutriente dentro de la tercera proporción de siembra (75% avena y 25% vicia). Por otra parte, la misma tabla detalla que no se evidenciaron efectos significativos del nutriente sobre las otras proporciones de cultivo (85%A:15% V y 80%A:20% V).

Tabla 21 Efecto del nutriente dentro de las proporciones de siembra sobre la relación biomasa y colchón radicular.

| Fuentes de variación | SC     | gl | F    | p-valor |
|----------------------|--------|----|------|---------|
| <b>Nutriente</b>     |        |    |      |         |
| 85%A:15% V           | 0.0006 | 1  | 1.06 | 0.332   |
| 80%A:20% V           | 0.0019 | 1  | 3.74 | 0.089   |
| 75%A:25% V           | 0.0022 | 1  | 5.92 | 0.041*  |

Nota: “\*” Efectos significativos al 0.05.

## 4.2. Discusión de resultados

Respecto al comportamiento de los microorganismos eficaces sobre el rendimiento de biomasa del FVH, los hallazgos del presente estudio concuerdan con los reportados por Villalta (2014), Salas (2016), Zeballos (2017) y Llanqui y Taype (2019), para quienes también el comportamiento de los microorganismo eficaces (EM-1) sobre el rendimiento de biomasa fueron favorables.

Se cree que el mejor comportamiento de los microorganismos eficaces respecto al comportamiento de soluciones nutritivas sobre el rendimiento de biomasa, radica en que los EM-1, producen sustancias benéficas como minerales, vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes, a través de un proceso de descomposición anaeróbica parcial, que son aprovechadas por las plantas (EEAITAJ, 2013).

De acuerdo a la Tabla 7, el rendimiento hallado en el presente estudio es relativamente menor con respecto a los reportados por Espinoza-Montes et al. (2018) y Salas (2016). Esta diferencia probablemente se debe al tipo de cultivo (siembra en tierra vs siembra en agua); del mismo modo, se debería a los nutrientes y tratamientos con los cuales se desarrollaron, en este caso, en suelo con los fertilizantes y en agua con microorganismos y soluciones nutritivas, independientemente. Otra de la razones de la diferencia es, que el estudio realizado por Espinoza-Montes et al. (2018), duró en promedio 150 días, mientras en el presente estudio 18 días.

El rendimiento de planta con la aplicación de soluciones nutritivas en el presente trabajo fue de  $13.99 \pm 1.05 \text{ kg/m}^2$ . Este valor es superior en más de 1 kilogramo con respecto al valor reportado por Castillo (2017b), quien incluso trató con mayor cantidad de macronutriente (7ml/l) y micronutriente (4 ml/l). La disconformidad se debe al tipo de ambiente donde se cultivó, las cantidades de soluciones nutritivas con que fueron aplicadas, la variedad

de la semilla, las cantidades de semillas sembradas y a las especies de asociación que se cultivaron.

Los resultados del estudio con respecto al rendimiento de biomasa, cuando fueron tratadas con soluciones nutritivas, fueron superiores a los reportados por Cerillo et al. (2012) y D. Morales et al. (2020), para quienes el tratamiento a base de avena como forraje verde hidropónico rindió hasta 13.23 kg/m<sup>2</sup>. La diferencia se debería al tiempo de producción, puesto que en el presente estudio se experimentó en 18 días, mientras el estudio guiado por Cerillo et al. (2012) se desarrolló en 12 días y el estudio conducido por D. Morales et al. (2020), duró 15 días. Sin embargo, las producciones en los dos casos de estudio fueron superiores a otros reportes donde se trabajaron con semillas de avena.

Por otro lado, los reportes sobre el rendimiento de FVH de avena asociada a vicia, son muy inferiores en todas las proporciones de siembra con respecto a los reportados por Contreras et al. (2019). La gran diferencia radica en el tipo de producción, mientras que Contreras et al. (2019) cultivaron sembrando en tierra, en el presente estudio se cultivó en agua. Del mismo modo, se debe a las proporciones de siembra consideradas en cada estudio; Contreras et al. (2019), consideraron proporciones de 100A: 0V; 17A: 25V; 50A: 50V; 25A: 75V y 0A: 100V; mientras en el presente estudio se consideraron proporciones de 85 A: 15V; 80A: 20V y 75A: 25V.

Destacar que hay estudios, generalmente de los últimos años, donde muestran evidencias significativas y positivas de los microorganismos eficaces en el rendimiento de forraje en épocas de invierno (trigo), experimento realizado en la región Puno por Sucapuca (2018); donde además de sus beneficios en el cultivo de forrajes, mostró aumentos en la rentabilidad en cuanto a nutrientes y producción de forraje.

Resaltar que, no se encontraron efectos específicos de las soluciones nutritivas en el rendimiento de avena asociado a vicia, pero si sobresalen

estudios desarrollados por Contreras et al. (2015), sobre rendimiento de FVH de arveja y cebada; sobre optimización de tiempo de aplicación de las soluciones nutritivas en germinados de semilla de cebada, estudio realizado por De la Cruz (2015) y Ordoñez et al. (2018a); estudios sobre efectos de la solución nutritiva en el rendimiento de dos variedades de lechuga (Gavidia, 2017; Mollehuara, 2019), estudios en la producción de jitomates (Gómez y Sánchez, 2003), estudios en FVH de maíz condiciones de invernadero (E. González et al., 2015), estudios de producción de tomate en hidroponía (A. Herrera, 1999; Madgaleno et al., 2006).

Por otro lado, también resaltan estudios sobre efectos de soluciones nutritivas en el rendimiento de maíz amarillo en condiciones de hidroponía (H. Morales et al., 2012), efectos en el rendimiento de cebada (Orellana, 2015; J. Pacco, 2018; Parihuana, 2010; Villota, 2013); donde los efectos de estos nutrientes son más visibles y significativos.

Con respecto al rendimiento de tallos y hojas del FVH de avena y vicia, con tratamiento de dos tipos de nutrientes, los reportes del presente estudio son superiores en 2.67 Kg a los informados por Zagal-Tranquilino et al., (2016). La diferencia se debe básicamente a tipo de forraje cultivado, puesto que Zagal-Tranquilino et al., (2016), experimentó con monocultivo de maíz, mientras en el presente estudio se experimentó con una asociación avena vicia; del mismo modo, se debería a la densidad de siembra, al tiempo de cosecha (15 días vs 18 días), al tipo de nutrientes con que fueron tratadas (soluciones nutritivas vs microorganismos eficaces).

Del mismo modo, los resultados del presente estudio son muy superiores respecto a los reportados por Zambrano (2015), quien halló un rendimiento promedio de 212 g/m<sup>2</sup> para monocultivo de vicia. La principal diferencia radica en la densidad de siembra, tiempo de cosecha (15 días vs 18 días), etc. También los resultados del presente son superiores a los reportados por Navarrete (2008), quien obtuvo un rendimiento de 2.39 kg del monocultivo de vicia con aplicación de soluciones nutritivas.

La producción de FVH en términos de hojas y tallos se estudió teniendo en consideración la asimilación y selectividad por algunos animales, principalmente para los animales en proceso de crecimiento, lactantes y destetados, los cuales muchas veces optan por consumir las hojas y tallos, mas no las raíces y semillas (germinadas y no germinadas), ya sea por sus características organolépticas o por sus características físicas (semillas secas, groseras y raíces duros).

El rendimiento medio de materia seca de la asociación forrajera avena vicia en el presente estudio fue menor con respecto al reportado por Erol et al. (2009); dichos investigadores encontraron un rendimiento de 6.32 t/ha. Probablemente esta diferencia se deba a la proporción de siembra, puesto que Erol et al. (2009), sembraron en una proporción de 45% V : 55 % A, mientras en el presente estudio, la máxima proporción fue de 25% V:75% A. Por otro lado, no se descarta que la diferencia se deba a la variedad y calidad de la semilla; al mismo tiempo, a la forma de producción.

Del mismo modo, los resultados del presente estudio con respecto a la materia seca de las hojas y tallos bajo los dos tipos de tratamiento, son menores con respecto a los reportados por Espinoza-Montes et al. (2018), que se debe básicamente al rendimiento superior del forraje verde en kg/m<sup>2</sup> y del mismo modo, a que consideraron las semillas y raíces.

En términos del rendimiento de materia seca, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Esto es señal de que el forraje cultivado y tratado con dos tipos de nutrientes, poseen igual cantidad de agua en las células de la planta, que se traducen en forrajes con similitud en nutrientes para el consumo de los animales.

A comparación con los reportes de Aroni (2016) y Altamirano et al., (2019), en condiciones de kg/m<sup>2</sup>, los hallazgos del presente estudio son mucho menores. La principal causa de la gran diferencia es por tipo de cultivo, donde Aroni (2016) y Altamirano et al. (2019) experimentaron sembrando

en tierra fértil y mineralizado, mientras el presente estudio se realizó en condiciones hídricas. Del mismo modo, los resultados del presente estudio respecto al rendimiento de materia seca, son menores a los reportados por Fuentes et al. (2011), que se deben a la exclusión de las semillas no germinadas y las germinadas y con todas sus raíces.

Mientras tanto, la materia seca estimada en el presente estudio, están dentro del rango reportados por Enciso et al. (2020), para quienes el porcentaje de materia seca oscila en rango desde 21% a 43.4%. Sin embargo, el proceso de la producción fueron distintas en ambos estudios, mientras que el primer caso se cultivó en tierra, en el segundo caso se cultivó en hidroponía.

Se cree que el forraje tratadas con soluciones nutritivas son de calidad por los minerales ofrecidas, mientras que las tratadas con EM-1 son más limpias, libre de toxinas y menos costosos.

Es importante mencionar que cultivar el forraje en hidroponía, supone el reto de producir limpio, libre de contaminantes, hongos, bacterias, que a futuro pueden traer consecuencias negativas a los animales consumidores, que son muy sensibles a estos contaminantes.

Por otro lado, resaltar que existen reportes que resaltan los efectos significativos y positivos de los microorganismos eficaces sobre el rendimiento de materia seca de los forrajes, tales como de Rodríguez (2019), estudio que demuestra los beneficios del EM-1 en el rendimiento de amasisa sin espina (*Erythrina sp.*), un forraje muy importante para ganado vacuno en Zungarococha.

Respecto al efecto de microorganismos eficaces sobre la altura de planta, los resultados de la presente investigación son similares a los reportados por Villalta (2014) (22.9 cm/21 días) y Rodríguez (2019). Esta similitud radica en el efecto favorable encontrado del EM-1 sobre las plantas, la cual es promover el crecimiento y desarrollo de ellas, suprimiendo en su totalidad las enfermedades ligadas a la agricultura (EEAITAJ, 2013).

Los resultados del presente estudio con respecto a la variable altura de planta con la aplicación de microorganismos eficaces, son superiores en 2.11 cm respecto a los reportados por Juñoruco (2014), quien alcanzó altura de 22 cm para el cultivar de arveja con la adición de bokashi con microorganismos eficaces. Claramente la diferencia radica en el tipo de leguminosa cultivada y en el tipo de sustrato donde se cultivó.

Los microorganismos eficaces, a través de sus levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), sintetizan sustancias vitales para el crecimiento de las plantas; vitaminas A y D, enzimas como invertasas y galactosidasas, hormonas que promueven la división celular y el crecimiento de raíces (EEAITAJ, 2013). A través las bacterias fototrópicas, utilizan la luz para obtener energía, carbono y fijar nitrógeno. Del mismo modo, sintetizan azúcares de cadenas simples, son formadores de sustancias bioactivas (aminoácidos, hormonas y ácidos nucleicos), sintetizan antioxidantes y solubilizan fósforo.

El efecto favorable de los microorganismos eficaces sobre la dimensión de la altura de planta fueron también reportadas por Llanqui y Taype (2019), quienes demostraron esta realidad en cultivares de maíz.

Con respecto a la altura de planta lograda con la aplicación de soluciones nutritivas fue superior en 5.01 cm respecto a los reportes de Castillo (2017b), donde la diferencia se ligaría a la especie cultivada, y a la marca de la solución nutritiva.

Los valores hallados para la altura de planta de la asociación avena vicia en la presente investigación, resultaron ser superiores en todas las proporciones respecto a los reportados por Fuentes et al. (2011) y Navarrete (2008), estudios ejecutados en distintos tiempos de cosecha y en monocultivos. Del mismo modo pasó con los reportes de Zambrano (2015), quien encontró alturas de hasta 9.42 cm en monocultivo de vicia en 14 días. La diferencia posiblemente es debido al monocultivo, al tiempo de cultivo y principalmente a los tratamientos al que fueron sometidas.

Del mismo modo existen reportes de altura de planta, es el caso de los reportados por Aroni (2016) y Altamirano et al., (2019); pero son reportes de experimentos realizados en condiciones de siembra, mas no en hidroponía.

El crecimiento de las plantas (altura), fueron afectadas por la aplicación de microorganismos eficaces tal como también reportó Villalta (2014). Pero la altura lograda en el presente estudio (24.11 cm) fue ligeramente superior respecto a lo reportado por Villalta (2014) (23.8 cm). La diferencia radica el cultivo de los forrajes, donde el presente estudio se experimentó con una asociación en el otro trabajó solamente se experimentó monocultivo de avena.

Por otro lado, no se debe de desprestigiar los efectos de las soluciones nutritivas sobre el crecimiento de las plantas; si bien es cierto, en este estudio no tuvo efectos favorables, existen reportes donde el tratamiento a forrajes de avena a base de soluciones nutritivas fueron muy favorables (Condori y Cabrera, 2016; Fuentes et al., 2011; Villota, 2013); del mismo modo sucede con los reportes en cultivo de maíz, el cual se evidenciaron efectos muy positivos sobre el crecimiento de las plantas (Coaquira, 2018; Cuadra, 2019; Fuentes et al., 2011; D. Morales et al., 2020; H. Morales et al., 2012; J. Pacco, 2018).

Respecto al rendimiento del colchón radicular bajo los distintos tratamientos (microorganismos eficaces y soluciones nutritivas), no se encontraron reportes similares o estudios relacionados con esta variable en estudio, a pesar de ser fundamental para la alimentación animal.

El colchón radicular forma parte de la biomasa total del FVH, pero muchas veces, es esta capa la más pesada y poco estudiada. Si bien es cierto, existen reportes y estudios de la altura del colchón radicular, mas no del peso en sí, dato muy importante para conocer el peso de semillas no germinadas, semi germinadas, residuos de semillas germinadas, raíces finas y gruesas.

El colchón radicular es muy importante para la alimentación animal, puesto que aporta nutrientes esenciales tanto a la planta como a los animales. En el desarrollo de las plantas, las raíces absorben los nutrientes, como vitaminas, enzimas, coenzimas y aminoácidos libres (Díaz, 2019; Medina et al., 2019), asimilando minerales que quedan como trazas muy fundamentales para el desarrollo vegetal.

Respecto a la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular del FVH de la asociación avena vicia, no se hallaron reportes o estudios, a pesar de su importancia en el cultivo hidropónico. Su importancia radica en que brinda información sobre la correspondencia del peso del área foliar del forraje hidropónico y el peso de la masa radicular del mismo.

### **4.3. Proceso de prueba de hipótesis**

La investigación será financiada por el tesista.

a) Para el desarrollo de la investigación se planteó la siguiente hipótesis:

$H_i$  = El comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera de avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) son estadísticamente diferentes.

$H_o$  = El comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera de avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) no son estadísticamente diferentes.

b) Estadístico de prueba y nivel de significación

Puesto que se trabajó con información de carácter cuantitativo y se empleó la prueba de T, donde el nivel de significación ( $\alpha$ ) se asumió 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ).

c) Establecimiento de región de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula.

- Si p -valor es menor que alfa ( $p\text{-valor} < \alpha$ ) se rechaza la hipótesis nula.
- Si p-valor es mayor que alfa ( $p\text{-valor} > \alpha$ ) no se rechaza la hipótesis nula.

d) Determinación del p – valor

*Tabla 19 Valor de p (p-valor) para el efecto nutriente sobre las características productivas del forraje verde hidropónico de la asociación avena vicia cultivadas en sus diferentes proporciones.*

|                  | Rendimiento de biomasa | Rendimiento de tallos y hojas | % MS de hojas y tallos | Altura de planta | Biomasa/colchón radicular |
|------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| <b>Nutriente</b> | 0.041                  | 0.009                         | 0.002                  | 0.013            | 0.008                     |

e) Toma de decisiones

Como el valor de  $p$  es menor que alfa ( $p\text{-valor} < 0.05$ ) se rechaza la hipótesis nula; por lo que se asume que el comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) son estadísticamente diferentes.

## Conclusiones

El comportamiento de los nutrientes sobre el rendimiento de biomasa del FVH de avena asociado con vicia en diferentes proporciones fueron estadísticamente significativos, donde los microorganismos eficaces obtuvieron rendimientos superiores respecto a las soluciones nutritivas.

El comportamiento del tipo de nutriente sobre el rendimiento de tallos y hojas de la asociación forrajera avena vicia cultivada en diferentes proporciones fue estadísticamente diferente, obteniendo respuestas mayores los microorganismos eficaces con relación a las soluciones nutritivas.

El rendimiento de materia seca de hojas y tallos del FVH de la asociación forrajera avena vicia en diferentes proporciones, no fueron estadísticamente diferentes cuando fueron tratadas bajo dos nutrientes (microorganismos eficaces y soluciones nutritivas).

La altura de planta de la asociación forrajera avena vicia cultivadas en hidroponía fueron afectadas significativamente por el tipo de nutriente, donde con la aplicación de microorganismos eficaces se lograron mayores crecimientos.

El comportamiento del tipo de nutriente sobre el rendimiento del colchón radicular del FVH de avena asociada con vicia cultivada en diferentes proporciones no fue estadísticamente significativo, que indica el efecto similar de los microorganismos eficaces y soluciones nutritivas.

La relación peso de biomasa y peso del colchón radicular de la asociación forrajera avena vicia cultivadas en hidroponía fueron afectadas significativamente por el tipo de nutriente, donde la aplicación de microorganismos eficaces fue más favorable con respecto a las soluciones nutritivas.

## **Recomendaciones**

Se recomienda evaluar el efecto de los microorganismos eficaces sobre el rendimiento de forraje verde de otras variedades de gramíneas cultivadas en suelo y a campo abierto.

Se recomienda estudiar diferentes concentraciones de microorganismos eficaces sobre el rendimiento de tallos y hojas en varios cortes, con la finalidad de buscar la mejor concentración y la respuesta en cada corte.

Se recomienda seguir estudiando el efecto de microorganismos eficaces sobre el rendimiento de materia seca de los forrajes con adición de sustratos.

Se recomienda incluir los microorganismos eficaces como nutrientes en el cultivo de forrajes en condiciones de hidroponía.

Respecto al rendimiento del colchón radicular, se recomienda hacer más estudios afines al peso de la masa radicular y su relación con el peso de la biomasa total del forraje verde hidropónico.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, N., Lima, R., Avellaneda, J., & Miraba, C. (2016). Degradabilidad ruminal y digestibilidad fecal del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en caprinos criollos en Santa Elena, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(1), 71–75.
- Adame, F. (2012). *Forraje Hidropónico como Suplemento para Cabras*.
- AGEARTH, A. de G. de la E.-E. (2019). *Ficha Técnica Microorganismos Eficaces EM-1*. [www.agearthecuador.org](http://www.agearthecuador.org)
- Alberca, J. (2018). *Efecto individual y combinado de giberelinas, auxinas y citoquininas en la producción de germinado hidropónico de maíz (Zea mays)*.
- Altamirano, M. E., Bravo, C. G., Rojas, M. E., Zavala, C. O., Quispe, O. C., & Camacho, W. R. (2019). Rendimiento y valor nutricional de avena asociada con vicia en condiciones altoandinas de Junin, Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 8, 53–64. <https://doi.org/10.5377/payds.v8i0.8712>
- ANDOYCIA. (2019). *Giberelina KA* ®.
- Aroni, Y. (2016). *Efecto de tres variedades de avena forrajera asociadas con Vicia sativa sobre parámetros productivos y químicos en dos tipos de siembra*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Aviles, F. (2003). *Efecto de la aplicación de hormonas vegetales, biozime, t.s. (Giberelinas), en germinados de maíz (Zea mays L.) para alimentación pecuaria*. (Issue 1). Universidad de Guadalajara.
- Basurto, E. (2017). *Evaluación nutricional de ensilado cebada - Vicia en diferentes proporciones, con y sin urea al 1% en minisilos en la región Huancavelica*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- BID, B. I. de D.-C. F. E. de J. (2009). *Manual Práctico de Uso de EM*.

- Birgi, J. (2008). *Forraje verde hidropónico*.
- Candia, L. (2014). Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada *Hordeum vulgare* Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de *Cavia porcellus* a dos concentraciones. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 2(1), 55. <https://doi.org/10.20453/stv.v2i1.2202>
- Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., & Lopetegui, J. (2006). Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/281041644\\_Determinacion\\_de\\_la\\_disponibilidad\\_de\\_materia\\_seca\\_de\\_praderas\\_en\\_pastoreo](https://www.researchgate.net/publication/281041644_Determinacion_de_la_disponibilidad_de_materia_seca_de_praderas_en_pastoreo)
- Carhuapoma, W., & Curi, G. (2014). *Producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) usando el efluente de piscigranjas en el asilo de ancianos Santa Teresa Jornet - Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* (S. Marcos (ed.); Primera).
- Castillo, J. (2017a). *Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de Avena sativa L. y Hordeum vulgare L. con dos cortes sucesivos*. [Universidad Nacional de Loja]. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/JAMES RODRIGO CASTILLO VALDIVIESO.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/JAMES_RODRIGO_CASTILLO_VALDIVIESO.pdf)
- Castillo, J. (2017b). *Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de Avena sativa L. y Hordeum vulgare L. con dos cortes sucesivos*. Universidad Nacional de Loja.
- Castillo, W., Lombardi, C., & Miranda, C. (2013). Efecto del suministro de nutrientes en la producción de forraje de cebada hidropónico y su uso en el desempeño productivo de cuyes. *Pueblo Continente*, 24(2), 413–423. <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/download/57/56>

- Ccahuana, R. (2019). *Soluciones nutritivas y biol en producción de fresa (Fragaria ananassa Duch) mediante sistema hidropónico recirculante NFT en k`ayra - cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Cerillo, M., Juárez, A., Rivera, J., Guerreo, M., Gonzalo, R., & Bernal, H. (2012). Produccion de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906–913.
- Cerillo, M., Juárez, A., Rivera, J., Guerrero, M., Gonzalo, R., & Bernal, H. (2012). Produccion de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906–913.
- CIHNM, C. de I. de H. y N. M. (2021). *Solución hidropónica La Molina*. Universidad Nacional Agraria La Molina. [http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sol\\_uso.htm](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sol_uso.htm)
- Coaquira, G. (2018). *Evaluación de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha, en cebada forrajera cv. nacional (Hordeum vulgare L.), producida como forraje verde hidropónico, en la región de Arequipa*. Universidad Católica Santa María.
- Condori, M., & Cabrera, E. (2016). *Efecto de los hidro cultivos y tiempos de cosecha en la composición química y producción de cebada (Hordium vulgare L.), trigo (Triticum aestivum L.) y avena (Avena saliva L.)*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Contreras, J. L., Rivera, F., Roca, L., Montes, F., Paucar, R., Sedano, R. E., & Huamán, K. (2019). Behavior of the forage mixture Avena sativa and Vicia sativa in its different proportions. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 9(3), 390–393. <https://doi.org/10.15406/apar.2019.09.00454>
- Contreras, J. L., Tunque, M., Alfonso, G., & Cordero, F. (2015). Rendimiento hidropónico de la arveja con cebada y trigo en la producción de germinados. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 26(1), 9–19. <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10910>

- Cuadra, E. (2019). *Efecto de la solución nutritiva “La Molina” en el crecimiento y productividad de Zea mays L. V-53 A “maíz” en condiciones de campo experimentales*. Universidad Nacional de Trujillo.
- De la Cruz, E. (2015). *Optimización del tiempo de aplicación de soluciones hidropónicas en el agua de riego en la producción de germinado hidropónico de cebada( Hordeum vulgare)*. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo.”
- Díaz, C. (2019). Abonos foliares (japaj húmico, 4N-20 y biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) en Abancay - Apurímac - 2017. *Universidad Tecnológica de Los Andes*.
- EEAITAJ, E. E. A. para la I. de T. A. de J. (2013). *Microorganismos eficaces™ (EM™)*. [www.emuruguay.org](http://www.emuruguay.org)
- Elizondo, J. (2005). Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. *ECAG-Infoma*, 36–39. [http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS\\_PUBLICADOS/2005/72.pdf](http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS_PUBLICADOS/2005/72.pdf)
- EMPROTEC, E. P. y T. (2015). *Guía de la Tecnología de EM®*.
- Enciso, M., Gómez, C., Núñez, J., & Ruiz, W. (2020). Ensilado de avena y avena asociada con vicia en la zona altoandina del Perú. *Revista Clake Education*, 1(3), 4.
- Erol, A., Kaplan, M., & Kizilsimsek, M. (2009). Oats (Avena sativa)-common vetch (Vicia sativa) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture. In *Tropical Grasslands* (Vol. 43).
- Escobar, P., Etcherverría, P., Vial, M., & Daza, J. (2020). *Concepto de materia seca y su uso: guía práctica*. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR30241.pdf><https://www.youtube.com/watch?v=dK0oZ1XXcvI>

- Espinoza-Montes, F., Nuñez-Rojas, W., Ortiz-Guizado, I., & Choque-Quispe, D. (2018). Producción de forraje y competencia interespecífica del cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de secano y gran altitud. *Rev Inv Vet Perú*, 29(4), 1237–1248. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15202>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2001). *Forraje verde hidropónico*.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2017). *Funciones de los elementos en la planta*. 28. [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf)
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). *Solución nutritiva*.
- Favela, E., Preciado, P., & Benavides, A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas* (Issue July). <https://www.researchgate.net/publication/305280176>
- FEDNA, F. E. para el D. de la N. A. (2021). *Vicia común / Veza común*. FEDNA. [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/veza-comun](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/veza-comun)
- Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M., & Palape, I. (2011). Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *IDESIA*, 29(2011), 75–81.
- Gavidia, L. (2017). *Efecto de la solución nutritiva La Molina en el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con el sistema NTF (Nutrient Film technique) en condiciones de hidroponía de Nuevas Flores Culquish - Huamalies 2016*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco.
- Gómez, T., & Sánchez, F. (2003). Soluciones nutritivas diluidas para la producción de jitomate a un racimo. *Terra Latinoamericana*, 21(1), 57–63.

- González, E., Ceballos, J., & Benavides, O. (2015). Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays* L. en invernadero con diferentes niveles de silicio. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(1), 75–83.
- González, M., Caycedo, C., Velásquez, M., Flórez, V., & Garzón, M. R. (2007). Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*Brassica oleraceae* L.) var Botrytis DC. In *Agron. Colomb* (Vol. 25, Issue 1).
- Herrera, A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 221–229.
- Herrera, E., Cerillo, M., Juárez, A., Murillo, M., Rios, F., Reyes, O., & Bernal, H. (2010). Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor protéico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia*, 35, 284–289. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913156008>
- INIA, I. N. de I. A. (2007). *Avena forrajera inia 903- tayko andenes*.
- INIA, I. N. de I. y E. A. (2006). Avena INIA 901 MANTARO 15M. In *Av. La Molina N°*.
- INIA, M. de A. de C. (2014). *Producción de forraje verde hidropónico (FVH)*.
- INTAGRI. (2017). Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo | Intagri S.C. *Artículos Técnicos de INTAGRI*, 27. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>
- Joaquín, B., Moreno, M., Martínez, P., Hernández, A., Gómez, A., & Pérez, J. (2006). Efecto de la fitohormona esteroideal cidef-4 en el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Técnica Pecuaria En México*, 44(2), 193–201. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v44i2.1749>
- Juárez-Lopez, P., Morales-Rodríguez, H., Sandoval-Villa, M., Góme, A., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, C., Aguirre-Ortega, J., Alejo-Santiago, G., & Ortiz-

- Catón, M. (2013). Producción de Forraje Verde Hidropónico. *ResearchGate*, 066(April), 11. [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/1.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/1.pdf)
- Juñoruco, S. (2014). Efecto de bokashi con microorganismos eficaces en el rendimiento del cultivo de arveja verde, variedad remate (*Pisum sativum* L), en condiciones de la comunidad de Huayarqui-Huaribamb-Tayacaja. *Universidad Nacional de Huancavelica*, 1–70. [https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/196/TP - UNH AGRON. 0075.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/196/TP-UNH-AGRON.0075.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas* (U. P. Salesiana (ed.); 1ra ed.).
- Llanqui, A., & Taype, J. (2019). Efecto de microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*, 1–110. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026\\_71393625\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026_71393625_T.pdf)
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., & Rodríguez-Quezada, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de Alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34, 121–126.
- López, L. Á. (2005). *Producción de forraje verde hidropónico*.
- Madgaleno, J., Peña, A., Castro, R., Castillo, A., Galvis, A., Ramírez, F., & Hernández, B. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 223–229. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912214>
- Medina, M. F., Pérez, M., Medina, M. F., Hurtado, A., Arboleda, E. M., & Medina, M. (2019). Reservas de carbono del pasto *Cenchrus clandestinus* (Poaceae) en los sistemas de manejo tradicional y silvopastoril, en diferentes relieves. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 769–783.

<https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.34529>

- Mejía, H. J., & Orellana, F. S. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103–1120. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7947>
- Mollehuara, E. (2019). *Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L. Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K`ayra - Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco.
- Mónica, M. (2008). *Producción de Forraje Verde Hidropónico de diferentes cereales (avena, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de Cuyes*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Morales, D. B., Jiménez, L. S., Burneo, J. I., & Capa, E. D. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–16. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:1386](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1386)
- Morales, D., Jiménez, L., Burneo, J., & Capa, E. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–16. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:1386](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1386)
- Morales, H., Gómez-Danés, A., Juárez, P., Loya, L., & Ley, A. (2012). Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea Maíz L.*) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico Veterinario*, 2(3), 20–28.
- Navarrete, R. (2008). *Estudio de la productividad de dos gramíneas (Hordeum vulgare y Triticum aestivum) y una leguminosa (Vicia sp.) para forraje verde hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Noli, C., Asto, R., & Canto, A. (2005). *Evaluación de variedades de avena forrajera tolerantes a sequía y heladas para producción de forraje verde.*
- Ordoñez, E., Idrogo, E.-I., & Corrales, N. (2018a). Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(2), 389. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14477>
- Ordoñez, E., Idrogo, E.-I., & Corrales, N. (2018b). Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. *Rev Inv Vet Perú*, 29(2), 389–395. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14477>
- Orellana, E. (2015). *Evaluación de tres niveles de fertilización en forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare)*. Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca.
- Pacco, J. (2018). *Producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas en Cabana - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Pacco, J. C. (2018). *Producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas en cabana - puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Parihuana, E. (2010). *Comparativo de rendimiento de forraje de tres variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) en dos tipos de solución nutritiva, en el distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre - Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.
- Pérez-Barraza, M. H., Vázquez-Valdivia, V., & Osuna-García, J. A. (2008). *Uso de Gibereinas para modificar crecimiento vegetativo y floración en mago “Tommy atkins” y “Ataulfo.”*
- Quelca, O. (2019). *Efecto de tres concentraciones de biol bovino sobre el número de cortes de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) asociado con alfalfa (medicago sativa L.) en la localidad de Viacha -*

departamento de La Paz. Universidad Mayor de San Andrés.

- Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdencia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., & Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1–13. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060617/061701.pdf>
- Regalado, F. (2009). *Cultivos hidropónicos* (Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” (ed.)).
- Rodríguez, D. (2019). Dosis de microorganismos eficaces (EM-1) y su efecto sobre las características agronómicas y rendimiento de la amasisa sin espina (*Erythrina* sp.), como forraje del ganado en Zungarococha, Perú -2018. *Universidad Nacional de La Amazonía Peruana*, 1–78.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernández, E. (2009). Producción de Forraje Verde Hidropónico y su aceptación en Ganado Lechero. *Acta Universitaria*, 19(2), 11–19. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41611810002>
- Salas, M. (2016). *Efecto de los microorganismos eficaces y bioabonos en el rendimiento y calidad de la avena forrajera (Avena Sativa L.) variedad INIA 901 Mantaro 15M en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - 2015.* UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - HUÁNUCO.
- Salazar, E. (2005). Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. *ECAG-Infoma*, 32, 36–39.
- San Miguel, A. (2007). *Leguminosas de interés para la implantación de praderas. Ecología y pautas básicas de utilización.* Departamento de Silvopascicultura.
- Sela, G. (2020, February 12). *Soluciones Nutritivas en Hidroponía.* <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/hydroponic-nutrient-solutions/>
- Silva, D. (2017). *Producción de forraje hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) y maíz (Zea mays L.) con la aplicación de tres hormonas.*

[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19233/1/Dayana de los  
Ángeles Silva Esparza.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19233/1/Dayana%20de%20los%20%C3%81ngeles%20Silva%20Esparza.pdf)

Sucapuca, L. (2018). Microorganismos eficaces (EM.) en la producción de forraje en épocas de invierno en el CIP Illpa - FCA- UNA-Puno - 2018. In *Universidad Nacional Del Altiplano de Puno* (Issue 051). Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

Supo, J. (2012). Tipos y niveles de Investigación. In *Metodología de la Investigación Científica*. (p. 507).

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*.

Tapia, D. (2018). *Evaluación del efecto de tres tipos de bioinsumos en el cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el centro experimental de cota cota [UNIVERSIDAD MAJOR PACENSIS DIVI ANDRE AE]*.  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20287/T-2623.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

UNALM, U. N. A. L. M. (2020). *Solución Hidropónica La Molina*. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral.  
[http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sol\\_presentacion.htm](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sol_presentacion.htm)

Villalta, M. (2014). *Evaluación de tres niveles de microorganismos eficientes activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (FVH) en la quinta experimental punzara de UNL*. Universidad Nacional de Loja.

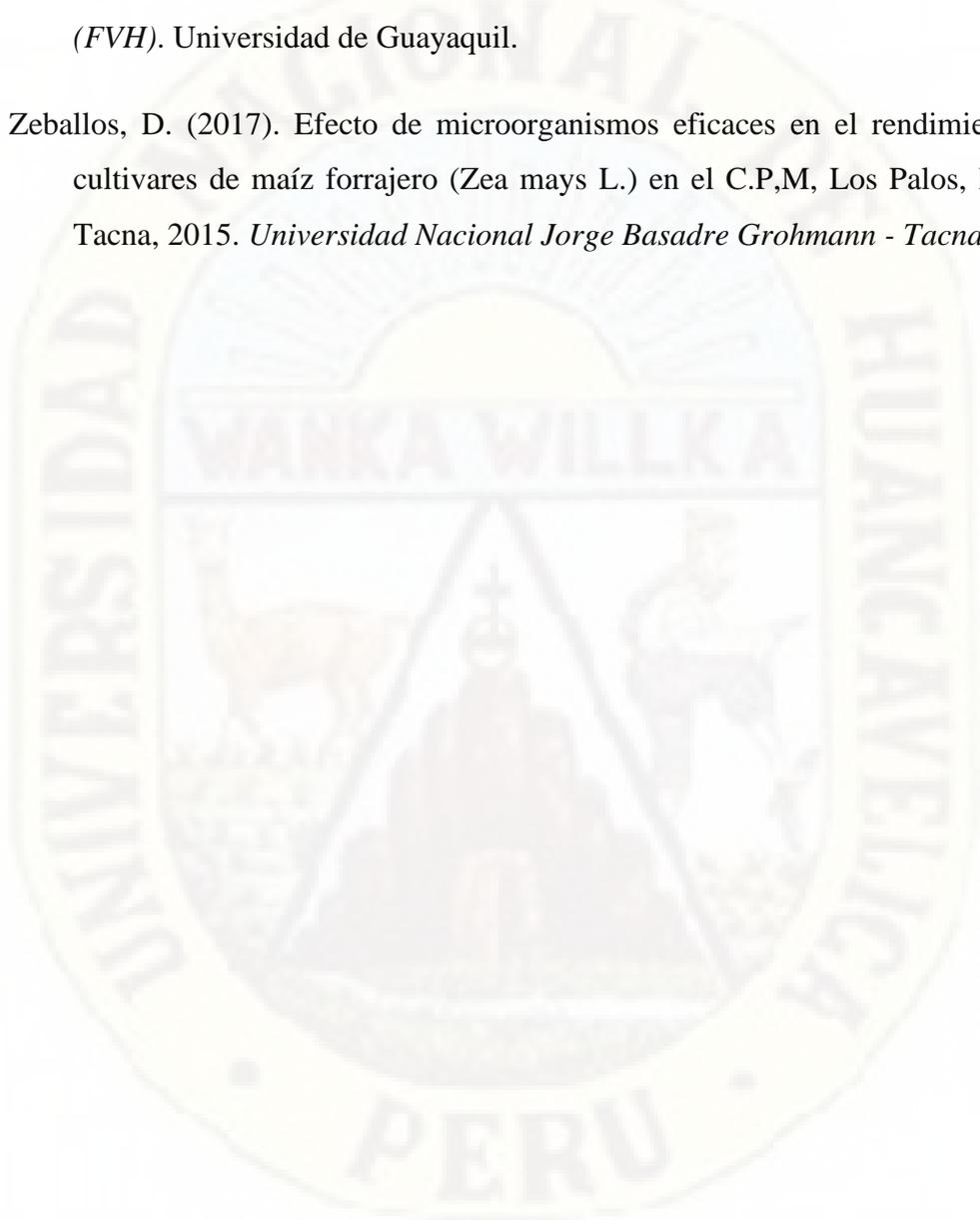
Villota, G. (2013). *Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de maíz, trigo y cebada en el cantón Mocha provincia de Tungurahua*.

Zagal-Tranquilino, M., Martínez González, S., Salgado-Moreno, S., Escalera Valente, F., Peña-Parra, B., & Carrillo-Díaz, F. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico*

*Veterinario*, 6(1), 29–34.

Zambrano, R. (2015). *Comportamiento agronómico y calidad nutricional de dos especies de leguminosas con el método de cultivo forraje verde hidropónico (FVH)*. Universidad de Guayaquil.

Zeballos, D. (2017). Efecto de microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivares de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en el C.P,M, Los Palos, Región Tacna, 2015. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna*.



MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA FORRAJERA DE AVENA Y VICIA EN SUS DIFERENTES PROPORCIONES CON LA ADICIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA Y MICROORGANISMOS EFICACES

| PROBLEMA  | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES   | INDICADORES   | METODOLOGÍA   |
|---|---|---|---|---|---|
| <p><b>Problema General</b><br/>¿Cómo es el comportamiento de la mezcla forrajera avena (<i>Avena sativa</i>) y vicia (<i>Vicia sativa</i>) en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1)?</p> <p><b>Problemas Específicos</b><br/>¿Cómo es el comportamiento de dos tipos de nutrientes en el rendimiento de biomasa de forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones?<br/>¿Cómo es el comportamiento de dos tipos de nutrientes en el rendimiento de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones?<br/>¿Cómo es el comportamiento de dos tipos de nutrientes en el rendimiento de materia seca de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones?<br/>¿Cuál es el efecto de dos tipos de nutrientes sobre la altura de planta del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones?<br/>¿Cuál es el efecto de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones?<br/>¿Cuál es el efecto de dos tipos de nutrientes en la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones?</p> | <p><b>Objetivo General.</b><br/>Evaluar el comportamiento de la mezcla forrajera avena (<i>Avena sativa</i>) y vicia (<i>Vicia sativa</i>) en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1)</p> <p><b>Objetivos Específicos.</b><br/>Evaluar el comportamiento de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones.<br/>Conocer el comportamiento de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones.<br/>Conocer el comportamiento de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento de materia seca de tallos y hojas del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones.<br/>Determinar el efecto de dos tipos de nutrientes sobre la altura de planta del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones.<br/>Estimar el efecto de dos tipos de nutrientes sobre el rendimiento del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones.<br/>Estimar el efecto de dos tipos de nutrientes sobre la relación peso de biomasa y peso del colchón radicular del forraje verde hidropónico de avena (<i>Avena sativa</i>) asociado con vicia (<i>Vicia sativa</i>) en diferentes proporciones.</p> | <p><b>Hipótesis general.</b><br/><math>H_i</math> = El comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera de avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) es estadísticamente diferente.<br/><math>H_o</math> = El comportamiento de los parámetros productivos de la mezcla forrajera de avena y vicia en sus diferentes proporciones con la adición de soluciones nutritivas y microorganismos eficaces (EM-1) no es estadísticamente diferente.</p> | <p><b>Variables dependientes</b></p> <p>Rendimiento de biomasa total</p> <p>Rendimiento de hojas y tallos</p> <p>Rendimiento de materia seca de hojas y tallos</p> <p>Altura de la planta</p> <p>Peso del colchón radicular</p> <p>Relación peso colchón radicular y peso biomasa</p> <p><b>Variable independiente</b></p> <p>Nutriente</p> | <p>Kg/ha</p> <p>Kg/ha</p> <p>Kg/ha</p> <p>Cm/18días</p> <p>Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Kg colchón radicular/kg biomasa total</p> <p>Macroorganismos eficaces</p> <p>Soluciones nutritivas</p> | <p><b>Tipo de investigación</b><br/>Aplicada</p> <p><b>Población:</b><br/>24 kg de semilla certificada</p> <p><b>Muestra:</b><br/>16 kg de semilla certificada de avena y 8 kg de vicia</p> <p><b>Muestreo</b><br/>No probabilístico de tipo intencional</p> <p><b>FUENTE</b><br/>Datos obtenidos en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación de la Universidad Nacional de Huancavelica.</p> |

## Base de datos

| SOLUCIÓN | ASOCIACIÓN | MS (%) TyH | REND_BIOMASA<br>(Kg/m <sup>2</sup> ) | REND_TyH<br>(KG/M <sup>2</sup> ) | REND_MS_TyH<br>(Kg/m <sup>2</sup> ) | ALTURA_PLANTA<br>(18 días) | REND_COL_RAD<br>(Kg/m <sup>2</sup> ) | Rel<br>PColchónRad/Pbiomasa |
|----------|------------|------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| A        | I          | 0.084      | 13.1                                 | 2.5                              | 0.21                                | 20.29                      | 10.60                                | 0.81                        |
| A        | II         | 0.072      | 13.7                                 | 3.2                              | 0.23                                | 20.89                      | 10.54                                | 0.77                        |
| A        | III        | 0.074      | 13.8                                 | 3.6                              | 0.27                                | 23.38                      | 10.20                                | 0.74                        |
| A        | I          | 0.064      | 13.8                                 | 2.7                              | 0.17                                | 23.49                      | 11.08                                | 0.80                        |
| A        | II         | 0.069      | 14.4                                 | 3.3                              | 0.23                                | 24.19                      | 11.07                                | 0.77                        |
| A        | III        | 0.071      | 15.2                                 | 3.6                              | 0.25                                | 25.75                      | 11.63                                | 0.77                        |
| A        | I          | 0.068      | 14.7                                 | 3.2                              | 0.22                                | 24.21                      | 11.47                                | 0.78                        |
| A        | II         | 0.056      | 14.7                                 | 3.8                              | 0.21                                | 25.19                      | 10.86                                | 0.74                        |
| A        | III        | 0.063      | 16.8                                 | 3.9                              | 0.25                                | 25.38                      | 12.87                                | 0.77                        |
| A        | I          | 0.067      | 13.7                                 | 2.9                              | 0.19                                | 23.64                      | 10.90                                | 0.79                        |
| A        | II         | 0.063      | 15.1                                 | 3.4                              | 0.21                                | 25.03                      | 11.76                                | 0.78                        |
| A        | III        | 0.065      | 16.2                                 | 3.7                              | 0.24                                | 25.66                      | 12.51                                | 0.77                        |
| A        | I          | 0.061      | 14.1                                 | 3.3                              | 0.20                                | 23.33                      | 10.77                                | 0.76                        |
| A        | II         | 0.063      | 16.3                                 | 4.1                              | 0.26                                | 25.38                      | 12.11                                | 0.75                        |
| A        | III        | 0.068      | 16.5                                 | 3.7                              | 0.25                                | 25.79                      | 12.79                                | 0.77                        |
| B        | I          | 0.094      | 12.2                                 | 2.0                              | 0.19                                | 18.61                      | 10.19                                | 0.84                        |
| B        | II         | 0.099      | 12.3                                 | 2.2                              | 0.22                                | 19.21                      | 10.11                                | 0.82                        |
| B        | III        | 0.098      | 12.8                                 | 2.2                              | 0.22                                | 20.38                      | 10.61                                | 0.83                        |
| B        | II         | 0.080      | 13.0                                 | 2.4                              | 0.19                                | 23.21                      | 10.65                                | 0.82                        |
| B        | I          | 0.075      | 14.1                                 | 3.0                              | 0.23                                | 24.17                      | 11.05                                | 0.78                        |
| B        | III        | 0.074      | 14.7                                 | 3.3                              | 0.25                                | 25.03                      | 11.36                                | 0.77                        |
| B        | I          | 0.075      | 14.2                                 | 2.7                              | 0.20                                | 22.16                      | 11.53                                | 0.81                        |
| B        | II         | 0.071      | 13.8                                 | 3.1                              | 0.22                                | 23.32                      | 10.65                                | 0.77                        |
| B        | III        | 0.077      | 15.1                                 | 3.4                              | 0.26                                | 24.21                      | 11.72                                | 0.77                        |
| B        | II         | 0.071      | 14.5                                 | 3.3                              | 0.23                                | 22.26                      | 11.21                                | 0.77                        |
| B        | III        | 0.084      | 14.7                                 | 2.8                              | 0.23                                | 23.70                      | 11.89                                | 0.81                        |
| B        | I          | 0.065      | 15.1                                 | 3.5                              | 0.22                                | 22.77                      | 11.58                                | 0.77                        |
| B        | I          | 0.087      | 13.2                                 | 2.2                              | 0.19                                | 22.48                      | 10.92                                | 0.83                        |
| B        | II         | 0.062      | 15.6                                 | 3.8                              | 0.24                                | 21.41                      | 11.84                                | 0.76                        |
| B        | III        | 0.067      | 14.5                                 | 3.1                              | 0.21                                | 23.31                      | 11.40                                | 0.79                        |

## PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen 1: Lavado de las semillas de avena (proceso muy importante para eliminar desechos y contaminantes de la semilla)



Imagen 2: Oreo de las semillas lavadas (a la izquierda semillas de vicia y a la derecha semillas de avena).



Imagen 3: Distribución y conservación en la cámara oscura de las semillas.



Imagen 4: Germinación de las semillas de avena asociada con vicia.



Imagen 5: Crecimiento del forraje verde hidropónico de avena asociada a vicia



Imagen 6: Crecimiento del FVH de avena y vicia sembradas en diferentes proporciones.



Imagen 7: Muestras en sobres para la determinación de materia seca de forraje.

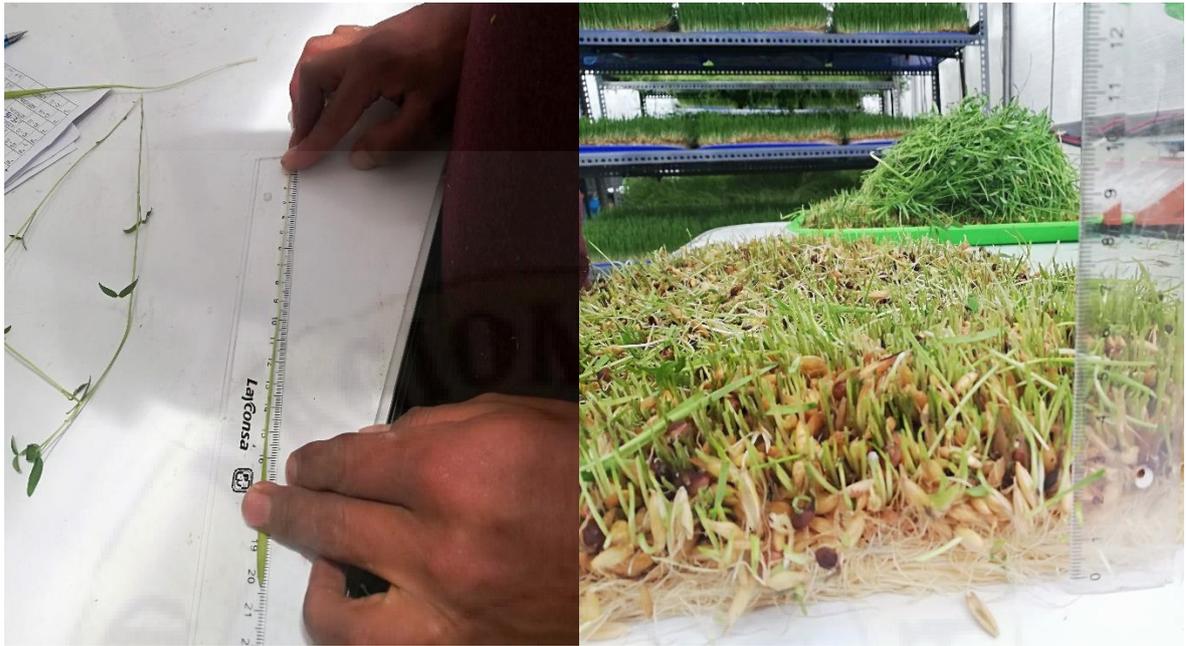


Imagen 8: Toma de datos altura de planta (altura de planta) y biomasa (derecha)



Imagen 9: Activación de los microorganismos eficaces (trabajo en laboratorio).