

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**“EVALUACIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE GRAMÍNEAS FERTILIZADO  
CON TÉ DE COMPOST EN PRODUCCIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus* L.),  
CAYAMBE-PICHINCHA”**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria**

**AUTORA:**

**Vivian Margarita Gualavisi Escobar**

**DIRECTOR:**

**MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno**

**Ibarra, 2025**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE GRAMÍNEAS FERTILIZADO  
CON TÉ DE COMPOST EN PRODUCCIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus* L.),  
CAYAMBE-PICHINCHA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

APROBADO:

MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaino

**DIRECTOR**



FIRMA

MSc. Miguel Alejandro Gómez Cabezas

**ASESOR**



FIRMA

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 30 días del mes de junio del 2025

**Vivian Margarita Gualavisi Escobar: "EVALUACIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE GRAMÍNEAS FERTILIZADO CON TÉ DE COMPOST EN PRODUCCIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus* L.), CAYAMBE-PICHINCHA"**

Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 30 días del mes de junio del 2025, con 63 páginas.

**DIRECTOR:** MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaino

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el forraje hidropónico de gramíneas fertilizado con té de compost en producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.), Cayambe-Pichincha

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el rendimiento agronómico entre maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.).
- Determinar los parámetros zootécnicos en la producción de cuyes alimentados con forraje hidropónico.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.



MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaino

Director de Trabajo de Grado



## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Vivian Margarita Gualavisi Escobar, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 30 días del mes de junio de 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Basantes V.', is written over a horizontal line.

MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno

DIRECTOR DE TESIS



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	175597495-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gualavisi Escobar Vivian Margarita		
DIRECCIÓN:	Cayambe, calle San Francisco y Segundo Durán		
EMAIL:	vmgualavisie@utn.edu.ec / viviangualavisi123@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0992359137

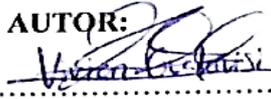
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE GRAMÍNEAS FERTILIZADO CON TÉ DE COMPOST EN PRODUCCIÓN DE CUYES ( <i>Cavia porcellus</i> L.), CAYAMBE-PICHINCHA
AUTOR (ES):	Vivian Margarita Gualavisi Escobar
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	30/06/2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaino

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de junio de 2025

EL AUTOR:

  
.....

Vivian Margarita Gualavisi Escobar

## AGRADECIMIENTO

*Quiero agradecer a Dios por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar.*

*Con mucho cariño quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional, al ser un pilar fundamental en mi vida y por creer en mí, gracias por ser mi punto de apoyo, animarme, alentarme, y motivarme durante todos estos años de estudio.*

*También, quiero agradecer a mi director de tesis: MSc. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno, gracias por ser un mentor excepcional, por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso.*

*Por último, pero no menos importante agradecer a mis amigos/as, por su amistad y cariño han sido invaluable. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra.*

*A todos ustedes mi más profundo agradecimiento y gratitud por su inmenso apoyo.*

*¡Gracias!*

*Vivian Gualavisi*

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar este logro a toda mi familia.*

*A mis padres Fabian Gualavisi y María Escobar por su esfuerzo y sacrificio constante, sus palabras de aliento, su perseverancia y su ejemplo han sido mi inspiración. Me han formado con valores y principios, todo con mucho amor y sin pedir nunca nada a cambio.*

*A mi hermano Joel Gualavisi, por apoyarme y acompañarme desde el principio hasta el final de mi carrera, por cuidarme y animarme en todo momento. A mi hermana Nahomi Gualavisi, por siempre estar para mí y quien me anima a superar los obstáculos que se me han presentado a lo largo de estos años.*

*Por último, dedico este proyecto a cada persona especial que creyó en mí y me brindaron su apoyo incondicional en todo momento.*

*Vivian Gualavisi*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXO .....	xii
RESUMEN .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema de investigación .....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Objetivos .....	5
1.5 Hipótesis .....	5
CAPÍTULO II .....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Alimentación del cuy .....	6
2.2 Sistemas de Alimentación.....	6
2.2.1 Alimentación con forraje .....	6
2.2.2 Alimentación mixta.....	6
2.2.3 Alimentación con concentrado.....	7
2.3 Forrajes hidropónicos.....	7
2.3.1 Importancia del forraje hidropónico.....	7
2.3.2 Efecto de la temperatura en el forraje hidropónico.....	7
2.3.3 Instalaciones.....	8
2.4 Proceso de producción de forraje hidropónico.....	8
2.4.1 Selección de semilla.....	8
2.4.2 Lavado y desinfección de semilla .....	8
2.4.3 Germinación de semilla .....	8
2.4.4 Siembra .....	9
2.5 Solución nutritiva.....	9
2.5.1 Té de compost .....	9
2.5.2 Beneficios del té de compost .....	9
2.5.3 Elaboración de té de compost .....	10
2.6 Formas de aplicación .....	10

2.2 MARCO LEGAL.....	11
CAPÍTULO III.....	12
MARCO METODOLÓGICO.....	12
3.1 Descripción del área de estudio .....	12
3.2 Materiales.....	13
3.3.1 Factores en estudio de la fase I .....	14
3.3.2 Tratamientos .....	14
3.3.3 Diseño experimental .....	14
3.3.4 Características del experimento .....	15
3.3.5 Unidad experimental.....	15
3.3.6 Análisis estadístico.....	16
3.3.7 Variables a evaluarse de la fase I.....	16
3.3.7.1 Longitud total de la planta (cm).....	16
3.3.7.2 Producción de biomasa total fresca.....	16
3.4 Manejo específico del experimento en la fase I.....	17
3.4.1 Elaboración del té de compost .....	17
3.4.2 Producción de forraje hidropónico.....	17
3.4.3 Semillas.....	17
3.4.4 Lavado.....	17
3.4.5 Pregerminación y siembra.....	18
3.4.6 Suministro de agua a las bandejas y aplicación de té de compost .....	18
3.4.7 Crecimiento.....	18
3.4.8 Cosecha.....	18
3.5 Factores en estudio de la fase II.....	18
3.5.1 Factor en estudio .....	19
3.5.2 Diseño experimental .....	19
3.5.3 Características del experimento .....	20
3.5.4 Unidad experimental.....	20
3.5.5 Análisis estadístico.....	20
3.5.6 Variables a evaluarse .....	21
3.5.6.1 Peso inicial (kg). .....	21
3.5.6.2 Peso final (kg).....	21

3.5.6.2 Ganancia de peso (kg).....	21
3.5.6.2 Desperdicio total del consumo alimento(kg) .....	21
3.5.6.3 Consumo total de alimento (kg).....	21
3.6 Manejo del experimento de la fase II.....	22
3.6.1 Toma de peso semanal .....	22
3.6.2 Limpiezas sanitarias.....	22
3.6.3 Desparasitación .....	22
3.6.4 Evaluación del forraje hidropónico en campo .....	22
CAPÍTULO IV.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1 Variable biomasa de forraje verde hidropónico.....	23
4.2 Variable altura de forraje verde hidropónico .....	25
4.3 Peso inicial (kg) .....	28
4.4 Peso final (kg).....	29
4.5 Ganancia de peso (kg).....	30
4.6 Desperdicio total del consumo de alimento .....	31
4.7 Consumo total de alimento .....	33
4.8 Conversión alimenticia .....	34
4.9 Relación beneficio/costo.....	36
CAPÍTULO V.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	38
5.1 CONCLUSIONES .....	38
5.2 RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXO(S).....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mapa de ubicación geográfica del área de estudio.....	12
<b>Figura 2</b>	Descripción del diseño experimental de la investigación de la fase I.....	15
<b>Figura 3</b>	Diseño de la unidad experimental de la investigación de la fase I.....	16
<b>Figura 4</b>	Descripción del diseño experimental de la investigación de la fase II.....	19
<b>Figura 5</b>	Diseño de la unidad experimental de la investigación ubicada en Cayambe.....	20
<b>Figura 6</b>	Biomasa de forraje verde hidropónico de las gramíneas en estudio.....	23
<b>Figura 7</b>	Altura de forraje verde hidropónico de las gramíneas en estudio.....	26
<b>Figura 8</b>	Desperdicio total del alimento en los tratamientos en estudio.....	32
<b>Figura 9</b>	Consumo total de alimento en los tratamientos en estudio.....	33
<b>Figura 10</b>	Conversión alimenticia en los tratamientos en estudio.....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Datos de ubicación geográfica del lugar de la investigación.....	13
<b>Tabla 2</b>	Materiales, equipos e insumos utilizados durante la investigación. ....	13
<b>Tabla 3</b>	Tipos de forraje de gramíneas que se utilizó en la producción de FVH. ....	14
<b>Tabla 4</b>	Características que presenta el experimento. ....	15
<b>Tabla 5</b>	ADEVA en el diseño en bloques completos al azar de la fase I.....	16
<b>Tabla 6</b>	Tipos de forraje hidropónico que se evaluó en la alimentación de cuyes.....	19
<b>Tabla 7</b>	Características que presenta el experimento. ....	20
<b>Tabla 8</b>	ADEVA del efecto de FVH con tres repeticiones en la alimentación de cuyes en Cayambe. ....	20
<b>Tabla 9</b>	ADEVA para la variable biomasa de forraje verde hidropónico de gramíneas.....	23
<b>Tabla 10</b>	ADEVA para la variable altura de FVH de maíz, avena y cebada para alimentación en cuyes.....	25
<b>Tabla 11</b>	ADEVA para la variable peso inicial en cuyes.....	28
<b>Tabla 12</b>	Variable peso inicial de los tratamientos en estudio.....	28
<b>Tabla 13</b>	ADEVA para la variable peso final en cuyes. ....	29
<b>Tabla 14</b>	Variable peso final de los tratamientos en estudio.....	29
<b>Tabla 15</b>	Variable ganancia de peso de los tratamientos en estudio.....	30
<b>Tabla 16</b>	ADEVA para la variable desperdicio total del consumo de alimento de los tratamientos en estudio. ....	31
<b>Tabla 17</b>	ADEVA para la variable consumo de alimento de los tratamientos en estudio. ....	33
<b>Tabla 18</b>	ADEVA para la variable conversión alimenticia de los tratamientos en estudio. ...	34
<b>Tabla 19</b>	Evaluación económica de la alimentación con FVH en la producción de cuyes durante 10 semanas.....	37

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b>	Gráfica de la temperatura semanal durante la fase de experimentación.....	45
<b>Anexo 2</b>	Costos de producción del tratamiento forraje verde hidropónico de maíz. ....	46
<b>Anexo 3</b>	Costos de producción del tratamiento forraje verde hidropónico de avena.....	47
<b>Anexo 4</b>	Costos de producción del tratamiento forraje verde hidropónico de cebada .....	48
<b>Anexo 5</b>	Costos de producción del tratamiento forraje verde de alfalfa .....	49

# EVALUACIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE GRAMÍNEAS FERTILIZADO CON TÉ DE COMPOST EN PRODUCCIÓN DE CUYES (*Cavia porcellus* L.), CAYAMBE-PICHINCHA

Vivian Margarita Gualavisi Escobar

Universidad Técnica del Norte

Correo: [vmgualavisie@utn.edu.ec](mailto:vmgualavisie@utn.edu.ec)

## RESUMEN

La producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.) enfrenta desafíos en la disponibilidad constante y calidad del forraje tradicional, afectando la eficiencia productiva. Esto impulsa la búsqueda de alternativas como el forraje verde hidropónico (FVH), que puede optimizar el uso de recursos y mejorar los parámetros zootécnicos, para asegurar una alimentación sostenible y optimizar el uso del agua. El objetivo del estudio fue evaluar el FVH de diversas gramíneas, así como comparar su rendimiento agronómico y los parámetros zootécnicos resultantes en la producción de cuyes. La investigación se ejecutó en dos fases. La primera fase consistió en la producción de FVH, para lo cual se utilizaron 370 g de semilla de maíz, avena o cebada por bandeja, suplementadas con  $12 \text{ cm}^3\text{L}^{-1}$  del fertilizante líquido “Ecoabonaza ®”, bajo un diseño en bloques completos al azar. La segunda fase comprendió la alimentación de los cuyes con 1 kg de forraje por unidad experimental durante 10 semanas (etapa de engorde); los tratamientos fueron T0 (alfalfa como control), T1 (FVH de maíz), T2 (FVH de avena) y T3 (FVH de cebada), también dispuestos en un diseño de bloques completos al azar, con el fin de evaluar las variables agronómicas y zootécnicas. Los resultados agronómicos mostraron que T1 (maíz) produjo la mayor biomasa (1.065 kg), mientras que T2 (avena) alcanzó la mayor altura de planta (13.99 cm). En cuanto a los parámetros zootécnicos, T3 (cebada) registró la mayor ganancia de peso (0.75 kg) y la mejor conversión alimenticia (3.89 kg). No obstante, el análisis de la relación beneficio-costó indicó que T2 (avena) presentó la mejor rentabilidad, con un valor de 1.09 respectivamente. En conclusión, el estudio evidenció que el sistema de FVH demostró un rendimiento zootécnico favorable, particularmente en ganancia de peso y conversión alimenticia para cuyes, siendo además T2 (avena) una opción económicamente viable.

**Palabras clave:** Alimentación, conversión alimenticia, fertilización orgánica, nutrición complementaria, hidroponía.

## ABSTRACT

Guinea pig (*Cavia porcellus* L.) production faces challenges in the consistent availability and quality of traditional forage, affecting production efficiency. This is driving the search for alternatives such as hydroponic green fodder (HGF), which can optimize resource use and improve animal husbandry parameters to ensure sustainable feeding and optimize water use. The objective of this study was to evaluate the HGF of various grasses, as well as to compare their agronomic performance and the resulting animal husbandry parameters in guinea pig production. The research was carried out in two phases. The first phase consisted of HGF production, using 370 g of corn, oat, or barley seed per tray, supplemented with 12 cm<sup>3</sup>L<sup>-1</sup> of the liquid fertilizer "Ecoabonaza ®", under a randomized complete block design. The second phase involved feeding the guinea pigs 1 kg of forage per experimental unit for 10 weeks (fattening stage); the treatments were T0 (alfalfa as control), T1 (corn FVH), T2 (oat FVH), and T3 (barley FVH), also arranged in a randomized complete block design, in order to evaluate the agronomic and zootechnical variables. The agronomic results showed that T1 (corn) produced the highest biomass (1.065 kg), while T2 (oats) reached the greatest plant height (13.99 cm). Regarding the zootechnical parameters, T3 (barley) recorded the highest weight gain (0.75 kg) and the best feed conversion (3.89 kg). However, the benefit-cost analysis indicated that T2 (oats) presented the highest profitability, with a value of 1.09 respectively. In conclusion, the study showed that the FVH system demonstrated favorable zootechnical performance, particularly in weight gain and feed conversion for guinea pigs, with T2 (oats) also being an economically viable option.

Keywords: Feeding, feed conversion, organic fertilization, complementary nutrition, hydroponics.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La producción agrícola está siendo afectada económicamente debido a los cambios climáticos ocasionados por el calentamiento global. Entre los cuales destacan efectos negativos; como la modificación en los cultivos debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO<sub>2</sub>; mayor probabilidad de un incremento en la población de plagas; ajustes en las demandas y ofertas de agua para irrigación; el aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas (Fernández, 2013).

Un factor importante dentro de la producción de cuyes de acuerdo con Gómez (2021), es la alimentación, que se proporciona dentro del sistema productivo. Por esta razón se indaga formas alternativas de reemplazar o complementar los insumos alimentarios en los sistemas de producción. Dentro de los sistemas de crianza de cuyes existen tres divisiones. El primer sistema abarca a la crianza familiar-comercial (hasta 100 cuyes), seguido del sistema comercial (más de 100 cuyes) y el sistema familiar (hasta 25 cuyes) (Chavez & Esquivel, 2022). En Ecuador la producción de cuyes en la Sierra ecuatoriana es una de las mayores a nivel nacional, siendo Azuay una de las provincias con mayor número de animales 1'044.487, seguido por Tungurahua con 957 221, Chimborazo 812 943, Cotopaxi 498 178, Loja 342 243, Cañar 291 662, Bolívar 274 829, Pichincha 266 107, Imbabura 212 158 y Carchi con 104 786 sumando un total de 4 804 614 de cuyes (Reyes, 2021).

El forraje verde hidropónico (FVH) es resultado de la germinación de granos de cereales como avena, cebada, maíz, arroz, entre otros, estando listos para la cosecha en periodos comprendidos entre los 9 a 15 días posteriores a la siembra. La solución de nutrientes minerales permite incrementar la producción de biomasa por m<sup>2</sup>, mejorar la calidad nutricional y optimizar el tiempo de la cosecha del forraje. La solución nutritiva té de compost es un biofertilizante líquido, fácil de realizar, debido a que los productores pueden aprovechar residuos orgánicos, excretas de los animales de granja, representando una alternativa de fertilización ecológica.

Según el estudio realizado por Dimas et al. (2009) en la utilización de uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, evaluó el té de compost como

fertilizante orgánico para la producción de tomate, donde aplicó un litro de té de compost por tres litros de agua. En la fórmula 3 (aplicación de té de compost) y según el análisis realizado, la aportación de N total fue de 67.5 g por maceta, mientras que el requerimiento promedio de N de los dos genotipos fue de 15.6 g por maceta. Los rendimientos de este estudio fueron superiores bajo condiciones de invernadero, la media general de producción fue de 209.0 Mg ha<sup>-1</sup>, a comparación de una producción de tomate orgánico en campo es de 10 Mg ha<sup>-1</sup>.

De acuerdo al estudio realizado por Álvarez et al. (2015), en el que se evaluaron los efectos del té de compost, té de lombricomposta y supermagro en el contenido de nitrato, azúcares, ácido ascórbico y microorganismos asociados al cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). El efecto de té de compost 0.1% obtuvo mayor valor de nitrato (3030 ppm) y el menor en las lechugas tratadas con testigo (1858 ppm), el mayor en azúcares reductores fue con té de compost 4.893%. A comparación del testigo que tuvo el nivel más bajo 1.074%. Los lavados de raíces de los diferentes tratamientos presentaron valores positivos de aislamiento de *Azospirillum* sp. El té de compost presentó el mayor valor, siendo 5.4 veces mayor que el testigo.

## **1.2 Problema de investigación**

Uno de los problemas dentro del sistemas de producción es el alza de precios de fertilizantes agrícolas para las praderas. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2024) el comportamiento de los precios de fertilizantes en base al monitoreo de los tres más representativos. En el mes de reporte de febrero, tres fertilizantes monitoreados incrementaron sus precios, siendo el Fosfato Diamónico el que mayor variación muestra del 11.3%, seguido del Muriato de Potasio que presenta un aumento del 9.1%. Afectando directamente a los productores y disminuyendo la rentabilidad dentro del sistema de producción agrícola y pecuaria.

De acuerdo con la Asociación de Productores de Alimentos Balanceados (2024), en 2023 la industria de alimentos balanceados en Ecuador tuvo un crecimiento global del 10%. Esto se debe a la sequía prolongada y la disminución de áreas destinadas para la siembra. Por lo cual los productores optan por la alimentación convencional, la cual consiste en suministrar forraje obtenido de las praderas, lo cual no siempre tienen una buena alimentación. Villavicencio, (2014) menciona que los animales no comen malezas, pastos maltratados o con restos orgánicos de animales. Además, al realizar cortes de forraje de un sistema tradicional, existen arvenses que pueden ocasionar problemas digestivos, no favorables para los cuyes y causan pérdidas económicas al productor.

### 1.3 Justificación

Es trascendental desarrollar métodos alternativos de producción de forrajes, orientados al ahorro de agua, alta producción por m<sup>2</sup>, calidad de nutrientes, flexibilidad de transferencia y mínimo impacto negativo en el medio ambiente (Beltrano & Gimenez, 2015). La eficiencia en el tiempo de producción, la producción de forraje verde hidropónico (FVH) tiene un ciclo de 12 a 20 días, donde de 1 kg de semilla se pueden obtener 8 kg<sup>-1</sup> de forraje. Esto incluye la temperatura, luminosidad, humedad, entre otros. La calidad del FVH cosechado a los 12 días y con unos 20 a 30 cm de altura, el FVH es rico en vitaminas A y E, contiene carotenoides, además, significativas cantidades de hierro, calcio, fósforo, su digestibilidad es alta debido a baja presencia de lignina y celulosa. Con el FVH los animales no comen malezas, pastos maltratados o con restos orgánicos de animales, de esta forma el metabolismo y absorción del alimento es óptima (Villavicencio, 2014).

La producción intensiva de FVH en un entorno protegido no es susceptible al cambio climático. Permite una programación eficaz del uso del agua y una producción frecuente durante todo el año, además una disminución de los fertilizantes, agroquímicos y mano de obra (Beltrano & Gimenez, 2015). De acuerdo con la FAO (2024) el ahorro de agua dentro de un sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. Además, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18%. Esto supone un consumo de 15 a 20 litros de agua por kg de materia seca obtenida en 14 días.

La fertilización orgánica con té de compost contiene una alta concentración y variedad de microorganismos benéficos del grupo de las bacterias, hongos y nematodos. Permite aumentar la disponibilidad de elementos nutricionales y estimular el crecimiento vegetal (Román et al., 2013). Por tal motivo es importante evaluar el efecto del té de compost en el crecimiento y desarrollo de los forrajes para la alimentación de cuyes. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener forraje de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del uso de los recursos agua, luz y nutrientes.

## **1.4 Objetivos**

### ***Objetivo general***

Evaluar el forraje hidropónico de gramíneas fertilizado con té de compost en la producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.), Cayambe-Pichincha.

### ***Objetivos específicos***

- Comparar el rendimiento agronómico entre maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.).
- Determinar los parámetros zootécnicos en la producción de cuyes alimentados con forraje hidropónico.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

## **1.5 Hipótesis**

Hipótesis nula (H<sub>0</sub>): No existe diferencia significativa en la producción de cuyes con la utilización de forraje hidropónico de gramíneas fertilizado con té de compost.

Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>): Al menos un forraje hidropónico fertilizado con té de compost influye en los parámetros zootécnicos en la producción de cuyes.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Alimentación del cuy**

En la alimentación de cuyes se usan recursos forrajeros como pastos, gramíneas, leguminosas, concentrados y agua. La alimentación debe componer fuente de fibra, nutrientes, minerales y vitaminas. Una adecuada alimentación del cuy debe proporcionar todos los nutrientes requeridos (Silva et al., 2021).

#### **2.2 Sistemas de Alimentación**

La alimentación del cuy puede variar desde el uso de concentrados, forraje verde, o una combinación de ambas. De acuerdo con Huamaní et al. (2016) el tipo de alimentación en los cuyes influye en el contenido, calidad del alimento y, por tanto, altera su valor nutritivo para el consumo humano.

##### **2.2.1 Alimentación con forraje**

Dentro de la alimentación con forraje se determina que un cuy de 500 a 800 g de peso consume hasta el 30% de su peso vivo, con cantidades que van de 150 a 240 g de forraje por día. De acuerdo a FAO (2020) el forraje verde constituye la fuente principal de nutrientes, en especial de vitamina C. Los alimentos mayormente utilizados son: el maíz, avena, vicia, rastrojos de cultivos como papa, arvejas, habas, zanahorias y nabos.

Dentro de la sierra el alimento mayormente utilizado en los sistemas de producción de cuyes es la alfalfa, de acuerdo con estudio realizado por Reyes (2021) la alfalfa a comparación de otros forrajes es el pasto con mayor índice productivo en la fase de engorde, con un consumo de alimento de (52 g), un peso final promedio de (833.60 g), una conversión alimenticia de (8.75), un peso a la canal de (488.40 g) y un rendimiento a la canal de (67.75%).

##### **2.2.2 Alimentación mixta**

La alimentación mixta se le denomina al suministro de forraje y concentrados. De acuerdo con FAO (2020), el suministro de concentrados no es permanente, cuando se implementa la utilización de concentrado dentro de la producción de cuyes puede ser hasta un 40% del total de toda la alimentación. Los ingredientes utilizados para la preparación del concentrado deben ser de buena calidad, bajo costo e inocuos. Para una buena mezcla se pueden utilizar: frangollo de maíz, afrecho de trigo, harinas de girasol y de hueso, conchilla y sal común.

### ***2.2.3 Alimentación con concentrado***

Los ingredientes utilizados para la preparación del concentrado deben ser de buena calidad, bajo costo e inocuos. Para una buena mezcla se pueden utilizar: afrecho de trigo, harinas de girasol y de hueso, conchilla y sal común.

## **2.3 Forrajes hidropónicos**

De acuerdo con Villavicencio (2014) el forraje hidropónico (FH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal de alta sanidad, calidad nutricional, producido muy rápidamente (9 a 16 días), dentro de cualquier época del año, localidad geográfica. El forraje hidropónico, se obtiene a partir del crecimiento inicial de semillas de cereales en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas, a partir de semillas viables y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) y en ausencia del suelo. Se suelen utilizar semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

### ***2.3.1 Importancia del forraje hidropónico***

De acuerdo con Beltrano y Giménez (2015) dentro de la producción de forraje verde hidropónico cuenta con ahorro de agua, ya que evitan pérdidas por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración, comparado con el sistema tradicional. Permitiendo disminuir zonas agrícolas, aprovechando de mejor manera el suministro de agua.

La eficiencia en el uso del espacio y por el rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicarse a los cultivos en suelo. Además, su producción es de ciclo corto, tiene un ciclo de 10 a 15 días, aun cuando la cosecha no debería extenderse más allá del día 12.

En el forraje verde hidropónico al no tener contacto directo con el suelo, existe mayor inocuidad bajo condiciones adecuadas de manejo. Por lo cual, la incidencia de plagas, enfermedades es baja, libre de malezas o hierbas que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción.

### ***2.3.2 Efecto de la temperatura en el forraje hidropónico***

La germinación está afectada por la temperatura, el efecto de la temperatura sobre la germinación está íntimamente relacionada con la condición fisiológica de la semilla. Para cada semilla existe un rango de temperatura mínima, máxima y óptima. La temperatura para maíz (8-10°C; 32-35°C; 40-44°C), trigo (3-5°C; 15-31°C; 30-43°C), avena y cebada (3-4°C; 18-24°C; 35°C) (Villavicencio, 2014).

### **2.3.3 Instalaciones**

Para la implementación de las instalaciones es recomendable ubicar las estructuras bajo cubierta de invernadero, bodega o bajo malla de cobertura, para evitar la exposición directa del sol y el ataque de pájaros que consumen semillas. Para un mejor manejo técnico, se debe ubicar cerca de los sistemas de producción, lo que permite facilitar el suministro de forraje a los animales. Además, proporcionar un manejo, control y supervisión diaria del sistema de forraje verde hidropónico (Villavicencio, 2014).

## **2.4 Proceso de producción de forraje hidropónico**

### **2.4.1 Selección de semilla**

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

### **2.4.2 Lavado y desinfección de semilla**

El lavado y desinfección tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas limpias. Se inunda el grano en un tanque o recipiente para retirar todo el material que flote, como lanas, basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impurezas. Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Sumergir las semillas por no más de dos minutos en la solución desinfectante, usar tambor plástico, no metálico y enjuagar abundantemente con agua limpia. (Villavicencio, 2014).

### **2.4.3 Germinación de semilla**

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

#### **2.4.4 Siembra**

Las semillas se siembran en los contenedores o bandejas en capas no superiores a 1.5 cm de espesor, y se cubren con papel mantener la humedad y temperatura óptimas de germinación. Se debe regar tres veces al día, para mantener humedad, sin aplicar agua en exceso para evitar encharcamiento en las bandejas.

### **2.5 Solución nutritiva**

#### **2.5.1 Té de compost**

El proceso de producción de té de compost pretende aumentar la población microbiana del compost. Los factores principales que influyen en la producción y calidad final del compost son la relación C/N del material original, la temperatura, la humedad, y la aireación del compost. Dentro de la agricultura permite recomponer el microbiota natural de los suelos y mantener o aumentar la fertilidad de estos. Además, se generan beneficios como la disminución de enfermedades. La preparación se la puede realizar de diversas formas: la composición, calidad, los microorganismos presentes y beneficios potenciales de su utilización y formas de aplicación (Donnell, 2018).

#### **2.5.2 Beneficios del té de compost**

Algunos organismos benéficos producen antibióticos u otras sustancias perjudiciales para los patógenos, por ejemplo: *Pseudomonas fluorescens* sp., *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Serratia* sp., etc. Los microorganismos benéficos aportados por el té de compost ocupan los sitios específicos de infección en la superficie de las plantas y compiten así con los microorganismos patógenos dificultando su ingreso a los tejidos vegetales.

El estudio realizado por Dimas et al. (2009) fue evaluar el té de compost como fertilizante orgánico para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. Se evaluó tomate Granitio y Romina en tres tratamientos de fertilización. a) = arena + fertilizantes inorgánicos considerado esto como testigo, b) = arena + té de compost y c) = mezcla de arena + compost (50: 50% v:v) + té de compost diluido (1: 3). El té de compost no presento diferencias en rendimiento entre las fuentes orgánicas e inorgánicas de nutrientes. En la aplicación de té de compost y según el análisis del compost, la aportación de N total fue de 67.5 g por maceta, mientras que el requerimiento promedio de N de los dos genotipos fue de 15.6 g por maceta, para un rendimiento de 5.2 kg de tomate por planta.

En otro estudio realizado por Álvarez et al. (2015) en el cual evaluaron el efecto de 13 aplicaciones de té de compost 0.1% (TC), té de lombricompost 1% (TLC) y supermagro 0.1% (SM) frente al testigo-agua (T) en producción agroecológica de lechuga. Los tratamientos SM, TLC y TC presentaron tenores mayores de nitratos respecto al T. El contenido más alto de nitrato se presentó en las lechugas tratadas con TC (3030 ppm) y el menor en las lechugas tratadas con T (1858 ppm). En azúcares reductores, el valor más alto fue para TC (4.893%) y el más bajo para T (1.074%) el mayor contenido de azúcares reductores estaría indicando una mejora en el estado nutricional y por lo tanto favorecen las condiciones de crecimiento y aumento del metabolismo de las plantas.

### **2.5.3 *Elaboración de té de compost***

De acuerdo con Donnell (2018), existen métodos para la elaboración de té de compost. Uno de ellos es en balde, donde el compost libre en el agua (después debe filtrarse) o dentro de un saco de tela o arpillera. Se revuelve el líquido que se va extrayendo. La extracción puede durar días o semanas. Se recomienda que los recipientes sean de madera o plástico. Se recomienda recipientes con aireación, en contenedores plásticos de 15-20 litros se agregan aireadores tipo acuario. Se llena hasta la mitad con agua y se deja airear de 15-20 min antes de agregar el compost. Se agrega el compost dentro de tela arpillera y se deja funcionando el aireador. Se extrae durante 2-3 días.

### **2.6 Formas de aplicación**

Dentro de las formas de aplicación el 70% de la superficie de las plantas debe ser cubierto. Para aplicación foliar debe aplicarse por lo menos 50 L ha<sup>-1</sup> y 150 L ha<sup>-1</sup> para aplicaciones al suelo (Donnell, 2018). Al momento de aplicar se debe cuidar la calidad de la pulverizadora utilizada con horarios y formas de aplicación programada.

## **2.2. MARCO LEGAL**

La investigación está enmarcada dentro de las leyes que protegen la naturaleza y le otorgan derechos para asegurar su preservación tal como lo estipula la Constitución de la República del Ecuador del 2008. Capítulo II, Sección Segunda: Ambiente Sano Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Asimismo, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Por otro lado el Eje 2: Economía al servicio de la sociedad, en el Objetivo 6: Desarrollar las capacidades productivas y del entorno, para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural, del plan nacional toda una vida mediante la investigación y desarrollo deben apoyarse en el contingente de las universidades y centros de investigación, con premisas de pensamiento crítico, respondiendo con pertinencia y oportunidad a las necesidades de los habitantes rurales a través de la creación de conocimiento. Brindando la posibilidad de aplicar nuevas técnicas productivas que incluyan el rescate y vigencia de las prácticas ancestrales, además de innovaciones institucionales que viabilicen las 33 transformaciones requeridas en la Agricultura Familiar Campesina y sistemas agrícolas de subsistencia en 12 general.

Los procesos de difusión, con la transferencia tecnológica, deben replicar experiencias exitosas, en ocasiones desde otros países, e identificar y difundir 37 experiencias locales, que por lo general son de menor costo y fácil aplicación. De igual forma el artículo 281 numeral 13 de la Constitución de la República establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que sanos y culturalmente apropiado de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado: Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en el barrio “Central”, que se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo (Figura 1).

**Figura 1**

*Mapa de ubicación geográfica del área de estudio.*



Fuente: *Instituto Geográfico Militar del Ecuador (2019).*

#### 3.1.1 Características de la ubicación de la investigación

El área de estudio presenta (Tabla 1) las siguientes condiciones climáticas y geofísicas.

**Tabla 1***Datos de ubicación geográfica del lugar de la investigación.*

Ubicación/Característica	Descripción
Provincia:	Pichincha
Cantón:	Cayambe
Parroquia:	Juan Montalvo
Lugar:	Barrio Central
Latitud:	0°01'13.3"N
Longitud:	78°08'29.5"W
Altitud	2840 m.s.n.m
Precipitación	1626 mm
Humedad relativa	70%
Temperatura	11 a 20 °C

Nota. Datos tomados de GAD municipal Cayambe (2022).

### 3.2 Materiales

Para llevar a cabo la presente investigación de evaluación de FVH de gramíneas con té de compost en producción de cuyes, se utilizaron los materiales descritos en la Tabla 2.

**Tabla 2***Materiales, equipos e insumos utilizados durante la investigación.*

Instalaciones	Equipos	Materiales	Especies Menores	Insumos
Invernadero 26 m <sup>2</sup>	Bomba de riego 3 litros	Bandejas plásticas de cultivo 0.40x0.27 cm	60 cuyes (machos)	Solución nutritiva té de compost.
Estanterías	Balanza digital SF-400	Tanque plástico 20 litros		Semillas de <i>Zea mays</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Hordeum vulgare</i>
12 pozas para cuyes 0.75x1.00 m	Computadora	Balde plástico 5 litros		Abono orgánico "Ecoabonaza ®"
	Calculadora	Jarros plásticos		
	Impresora	Flexómetro		
	Cámara	Tamizador		

### 3.3 Métodos

La presente investigación es un estudio de tipo experimental en el cual se llevó a cabo en dos fases:

En la primera fase, constó en producir el FVH de maíz, avena y cebada fertilizado con té de compost con una producción constante durante 10 semanas (70 días).

En la segunda fase, se evaluó los parámetros zootécnicos dentro de la producción de cuyes, incluyendo la alimentación con FVH producido en la fase I, en la etapa de recría y crecimiento.

#### 3.3.1 Factores en estudio de la fase I

Se estableció como factor en estudio las gramíneas de maíz, avena y cebada a utilizarse para la producción de FVH.

Gramíneas	Fertilización
F1: maíz	Té de compost (12 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> )
F2: avena	Té de compost (12 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> )
F3: cebada	Té de compost (12 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> )

#### 3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos en estudio fueron las gramíneas y la fertilización con té de compost descritas en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Tipos de forraje de gramíneas que se utilizó en la producción de FVH.*

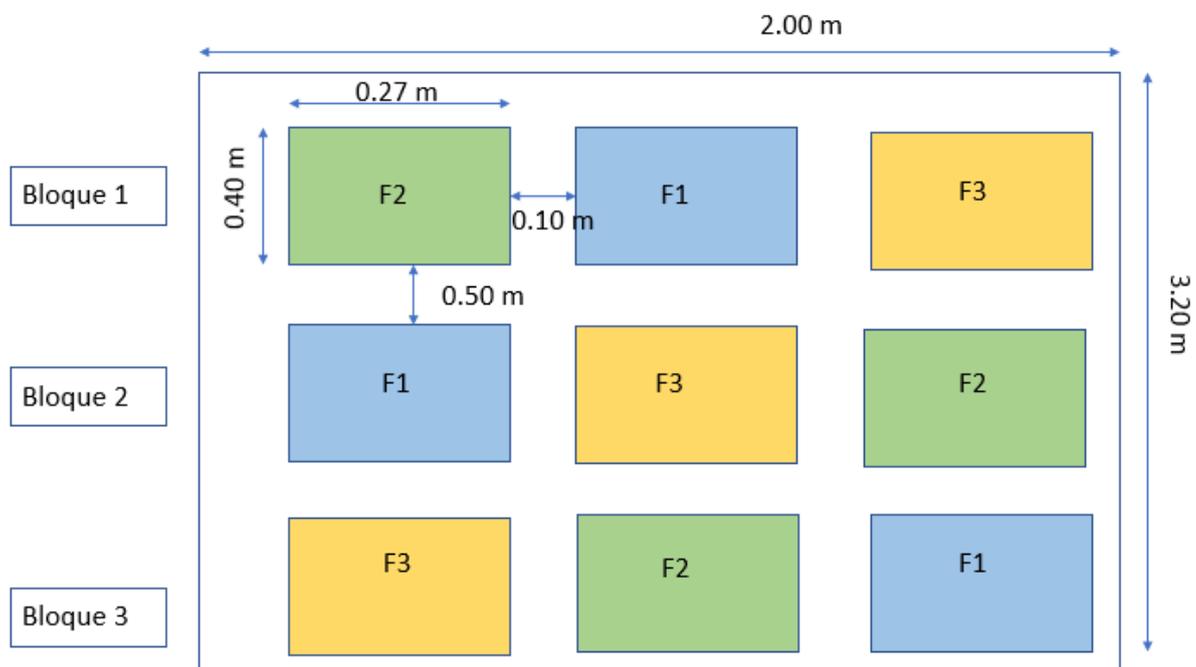
Tratamientos	Descripción	Código
T1	Maíz+té de compost	F1
T2	Avena+té de compost	F2
T3	Cebada+ té de compost	F3

#### 3.3.3 Diseño experimental

Para la evaluación de producción de FVH se implementó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), con un factor y tres repeticiones, el número de bloques empleados 3, la distancia entre bloques 0.50 m. El diseño experimental tiene 9 unidades experimentales como se puede ver en la Figura 2.

## Figura 2

Descripción del diseño experimental de la investigación de la fase I.



*Nota.* Se presentan 3 bloques, 3 tratamientos por bloque, tratamiento F1 semillas de maíz, tratamiento F2 semillas de avena y tratamiento F3 semillas de cebada, cada tratamiento con 370 g de semilla, con 9 unidades experimentales.

### 3.3.4 Características del experimento

El experimento consiste en un diseño en bloques completos al azar, ver Tabla 4.

**Tabla 4**

*Características que presenta el experimento.*

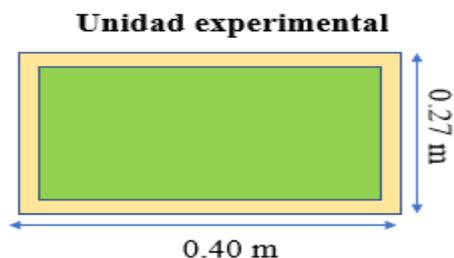
Descripción	Descripción
Bloques	3
Número de tratamientos	3
Número de unidades experimentales	9
Área total del ensayo	6.4 m <sup>2</sup>

### 3.3.5 Unidad experimental

Las características de cada unidad experimental, tuvo una densidad de semilla de 0.370 kg para maíz, avena y cebada, la separación de 0.05 m entre bandejas, 9 bandejas en total bandejas de 0.27x0.40 m. Cada unidad experimental tendrá un área de 0.108 m<sup>2</sup>.

### Figura 3

*Diseño de la unidad experimental de la investigación de la fase I.*



#### 3.3.6 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico INFOSTAT versión 2020, para analizar los descriptores agronómicos se hizo uso de las pruebas de medias LSD Fisher haciendo referencia a un 5% de significancia.

#### Tabla 5

*ADEVA en el diseño en bloques completos al azar de la fase I.*

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	3-1=2
Semilla	3-1=2
Error	4
Total	8

#### 3.3.7 Variables a evaluarse de la fase I

**3.3.7.1 Longitud total de la planta (cm).** Para determinar la longitud de la planta se midió con la ayuda de una regla a los 15 días, desde el inicio del tallo hasta el final de las hojas, cada una de las bandejas de los tres tratamientos durante todo el transcurso de producción de FVH.

**3.3.7.2 Producción de biomasa total fresca.** Para determinar la producción de biomasa total se pesó las bandejas de FVH de maíz, avena y cebada al momento de la cosecha (15 días). Con la ayuda de una balanza digital, tomando en cuenta desde la parte radicular y parte aérea de la planta. De acuerdo con Gilberto (2018), determinó la biomasa con la (Ecuación 1).

$$Y = V \times D \quad (1)$$

Donde:

Y: Biomasa

V: Volumen

D: Densidad

### **3.4 Manejo específico del experimento en la fase I.**

#### **3.4.1 Elaboración del té de compost**

De acuerdo con Donnell (2018) se necesita 2 kilogramos de compost en 18 litros de agua, para su elaboración. Para lo cual se dejó reposar 9 litros de agua potable durante 24 horas. Posteriormente se colocó los 9 litros de agua en un balde con capacidad 20 litros. Luego dentro de una bolsa de tela se agregó 1 kg de compost “Ecoabonaza ®”, para luego colocar en forma de un sobre de té dentro del balde con agua previamente reposada. Además, se colocó un aireador de pecera para mantener oxigenación constante durante 4 días. Transcurrido el tiempo se cosecho el té de compost con la ayuda de un colador para cernir y envasar con fecha de elaboración y cosecha.

#### **3.4.2 Producción de forraje hidropónico**

Según el manual de producción de FVH, el cual Villavicencio (2014), el tipo de recipiente depende del nivel de capital que dispone el productor, los materiales de las bandejas pueden ser bandejas metálicas galvanizadas, bandejas plásticas de casino, cajas plásticas recubiertas con polietileno. En la investigación se utilizó bandejas de plástico con un diámetro de 0.27x0.40 m, donde se realizó agujeros de drenaje en la parte inferior de las bandejas para evitar el encharcamiento de agua.

#### **3.4.3 Semillas**

Las semillas para utilizar en la producción de FVH dependerán del productor, la selección será por la disponibilidad local y de su precio, por lo general se utiliza cereales (Villavicencio, 2014). Se utilizó semilla nacional, al menos un 75% de germinación, lo cual se realizó una limpieza, eliminando residuos de malezas, piedras, paja, y sin residuos de pesticidas.

#### **3.4.4 Lavado**

Las semillas se sumergieron en un recipiente con agua para limpiarlas y quitar residuos de las cosechas o rastrojos. Luego se aplicó 3ml de hipoclorito de sodio al 10% por 15 minutos,

después de este periodo enjuaga con abundante agua, y se pasa al área destinada de pregerminación (Villavicencio, 2014).

#### ***3.4.5 Pregerminación y siembra***

De acuerdo con Villavicencio (2014), menciona que se debe humedecer las semillas durante 24 horas con agua, se drena y se coloca en bandejas donde retenga la humedad. Para luego ubicar las semillas en las bandejas de germinación, donde se colocó 0.370 kg para maíz, avena y cebada. Posteriormente, las bandejas fueron colocadas en un cuarto oscuro durante 5 días, luego pasaron al lugar de adaptación durante 2 días y finalmente se las traslado al invernadero hasta los 15 días.

#### ***3.4.6 Suministro de agua a las bandejas y aplicación de té de compost***

Para el suministro de agua se realizó varios riegos dependiendo de las condiciones climáticas con una bomba de mano con capacidad de 4 litros de agua. A su vez se aplicó  $12 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de té de compost en cada bandeja mediante aspersion 2 a 3 minutos en cada riego.

#### ***3.4.7 Crecimiento***

El periodo de crecimiento dura de 10 a 14 días, dependiendo de las condiciones climáticas, para obtener forraje con una altura promedio de 20 a 25 cm. Como el cultivo de FVH es un cultivo de raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá establecer un ambiente con alta humedad relativa, mayor del 85% (Suárez & Iles, 2013). En esta investigación al tiempo de crecimiento fue hasta los 15 días.

#### ***3.4.8 Cosecha***

En este estudio se realizó la cosecha a los 15 días después de la siembra en las bandejas. En el cuál del día 0 al día 5 pasó en el cuarto oscuro, del día 6 al día 8 se colocó en un lugar bajo sombra para adaptarla y del día 9 al día 15 pasó en el invernadero.

### **3.5 Factores en estudio de la fase II**

Se estableció como factor en estudio los forrajes producidos en la fase I y un testigo.

### 3.5.1 Factor en estudio

**Tabla 6**

*Tipos de forraje hidropónico que se evaluó en la alimentación de cuyes.*

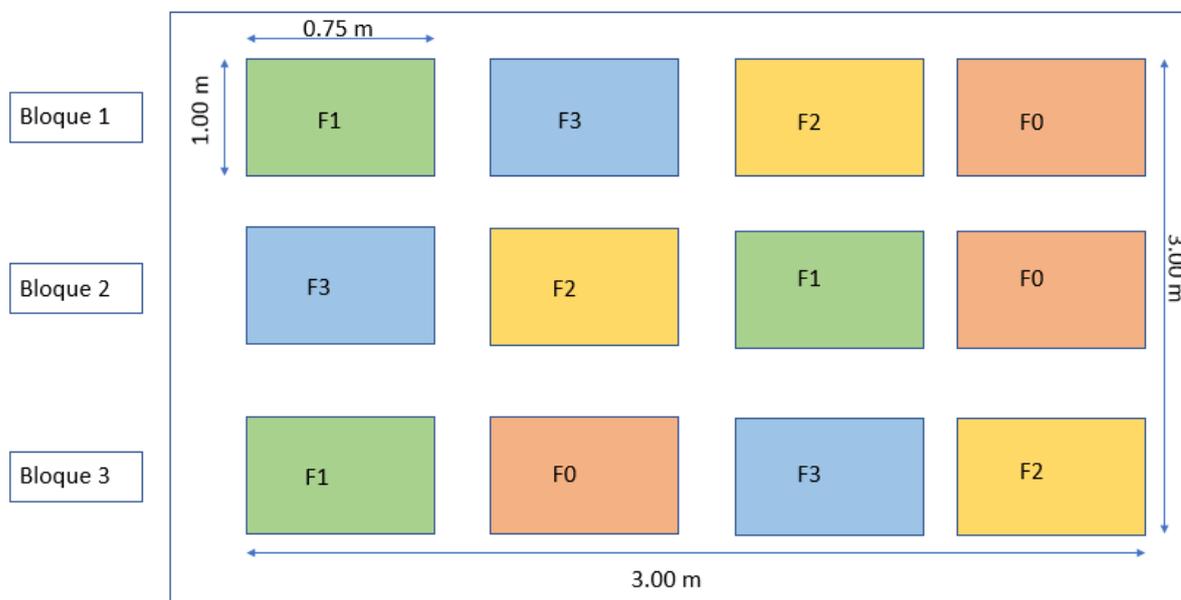
Factor 1	Tipos de forraje
F0	Testigo
F1	Maíz
F2	Avena
F3	Cebada

### 3.5.2 Diseño experimental

Para evaluar los parámetros técnicos del FVH en la alimentación de cuyes en la etapa de recría y crecimiento, se implementó un Diseño de Bloques Completos al Azar (D.B.C.A.), el número de bloques empleados 3, la distancia entre bloques es de 0.10 m, en cada bloque se ubicó pozas de  $0.75\text{m}^2$ , donde constó con 5 cuyes por unidad experimental, como se puede observar en la Figura 4.

**Figura 4**

*Descripción del diseño experimental de la investigación de la fase II.*



*Nota.* Se presentan 3 bloques, 4 tratamientos por bloque, tratamiento F0 control alfalfa, tratamiento F1 FVH de maíz, tratamiento F2 FVH de avena y tratamiento F3 FVH de cebada, cada tratamiento con 5 repeticiones, con un área de  $0.75\text{ m}^2$  por tratamiento, con 12 unidades experimentales.

### 3.5.3 Características del experimento

El experimento consiste en un diseño en bloques completos al azar.

**Tabla 7**

*Características que presenta el diseño en bloques completos al azar.*

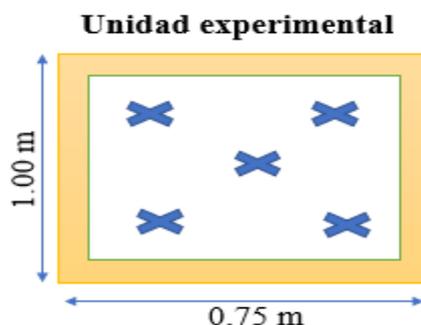
Características	Descripción
Bloques	3
Número de tratamientos	4
Número de unidades experimentales	12

### 3.5.4 Unidad experimental

La característica de cada unidad experimental, las cuales tuvieron una distancia de 0.75x1.00 m, en cada unidad experimental constó con 5 cuyes. Cada unidad experimental tendrá un área de 0.75m<sup>2</sup>.

**Figura 5**

*Diseño de la unidad experimental de la investigación ubicada en Cayambe.*



### 3.5.5 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico INFOSTAT versión 2020, para analizar los parámetros zootécnicos se hizo uso de las pruebas de medias LSD Fisher haciendo referencia a un 5% de significancia.

**Tabla 8**

*ADEVA del efecto de FVH con tres repeticiones en la alimentación de cuyes en Cayambe.*

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Forraje	3
Error	6
Total	12

### 3.5.6 Variables a evaluarse

**3.5.6.1 Peso inicial (kg).** Para determinar el peso inicial en cuyes, se pesó a los 60 cuyes utilizados en la investigación antes de suministrar el FVH. El peso se tomó en kg con la ayuda de una balanza digital, donde se llevó un registro por unidad experimental y se colocó un arete a los cuyes para poder identificarlos.

**3.5.6.2 Peso final (kg).** Para determinar el peso final en cuyes, se pesó los 60 cuyes a los 70 días una vez finalizada la etapa de recría con la ayuda de una balanza digital, posteriormente se llevó el registro respectivo.

**3.5.6.2 Ganancia de peso (kg).** Para determinar la ganancia de peso de cada uno de los tratamientos, se pesó con la ayuda de una balanza digital el peso inicial y el peso final de cada tratamiento (Suárez & Iles, 2013); (Ecuación 2).

$$G.P = PF - PI \quad (2)$$

Donde:

G.P: Ganancia de peso

PF: Peso final

PI: Peso inicial

**3.5.6.2 Desperdicio total del consumo alimento(kg).** Para determinar el desperdicio de alimento de cada unidad experimental, se pesó con la ayuda de una balanza digital los gramos del alimento no consumido en cada tratamiento.

**3.5.6.3 Consumo total de alimento (kg).** Para determinar cuánto alimento consumen cada tratamiento, se proporcionó una ración de 200 gramos de FVH por cuy, 1000 gramos por unidad experimental tanto para maíz, avena y cebada. Posteriormente a la mañana siguiente antes de proporcionar la nueva ración (1000 g), con la ayuda de una balanza digital se pesó el FVH no consumido de cada tratamiento; (Ecuación 3) (Suárez & Iles, 2013).

$$Ac = Ao - Ar \quad (3)$$

Donde:

Ac: Alimento consumido (g).

Ao: Alimento ofrecido (g).

Ar: Alimento rechazado (g).

**3.5.6.4 Conversión alimenticia.** Para determinar la conversión alimenticia se sumó los datos de registro obtenidos en campo y pasados a Excel del consumo por

tratamiento, durante los 70 días y el peso que ganó durante todo el periodo de investigación; (Ecuación 4).

$$C.A = C.AL/I.P \quad (4)$$

Donde:

C.A: Conversión alimenticia.

C.AL: Consumo de alimento.

I.P: Incremento de peso (g).

**3.5.6.5 Relación Beneficio/ Costo (\$).** Registro de precios de producción total y la ganancia que se obtiene al llevar al mercado los cuyes.

### **3.6 Manejo del experimento de la fase II.**

Para el manejo del experimento llevado a cabo en la fase II, se utilizó 60 cuyes mestizos de 3 a 4 semanas de edad, con un peso promedio de 350 a 450 g que fueron adquiridos de la productora de cuyes “Carmen” ubicada en la parroquia de Juan Montalvo, sector la Josefina.

#### **3.6.1 Toma de peso semanal**

Se pesó semanalmente a los 60 cuyes de cada tratamiento, cada 8 días con la ayuda de una balanza digital expresada en gramos y se registró en el cuaderno de campo.

#### **3.6.2 Limpiezas sanitarias**

Se realizó limpiezas sanitarias 3 veces a la semana para evitar la proliferación de patógenos y enfermedades dentro del sistema productivo. Aplicando cal al suelo y las pozas para evitar la presencia de hongos.

#### **3.6.3 Desparasitación**

Se desparasitó a los cuyes antes de ingresar la fase de campo y posteriormente, una vez en la fase de crecimiento. Además de la aplicación de “Allmectin ®” para curar heridas causadas por peleas entre ellos.

#### **3.6.4 Evaluación del forraje hidropónico en campo**

Se alimentó a los 60 cuyes de las 12 unidades experimentales, en un periodo de 70 días, donde se suministró de 200 g de FVH por cuy día<sup>-1</sup>, 1 kg por unidad experimental.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de FVH de gramíneas a partir de la fertilización con té compost, evaluado en la primera fase y segunda fase, se describe a continuación:

### 4.1 Variable biomasa de forraje verde hidropónico

De acuerdo con los resultados del ADEVA, indican que existe diferencias significativas entre los factores semana y gramínea para la variable biomasa de FVH ( $P < 0.0001$ ), ver Tabla 9

**Tabla 9**

*ADEVA para la variable biomasa de forraje verde hidropónico de gramíneas.*

Fuente de Variación	Grados de libertad F. V	Grados de Libertad Error	Valor F	Valor P
(Intercept)	1	58	19096.59	<0.0001
Semana	9	58	82.64	<0.0001
Gramínea	2	58	210.56	<0.0001
Semana:Gramínea	18	58	27.12	<0.0001

En la Figura 6, se observa los resultados del peso de biomasa del FVH de gramíneas (maíz, avena y cebada) durante 10 semanas. Durante la semana 1, 2 y 3 se puede observar una disminución de biomasa para las 3 gramíneas. Esto se debe a la temperatura promedio de 14 °C en la tercera semana con una producción de biomasa avena 0.684 kg, cebada 0.685 kg y maíz 0.722 kg. Mientras que en la semana 4, 5 y 6 existió una variación de temperatura a 18 °C promedio. Por lo cual la biomasa aumentó, en la semana 4 para maíz 0.757 kg, avena 0.824 kg y cebada 0.838 kg respectivamente. A diferencia de la semana 5 se observa que la biomasa de cebada disminuye a 0.749 kg. De la misma manera en la semana 6 se puede observar la disminución de biomasa para avena con 0.785 kg.

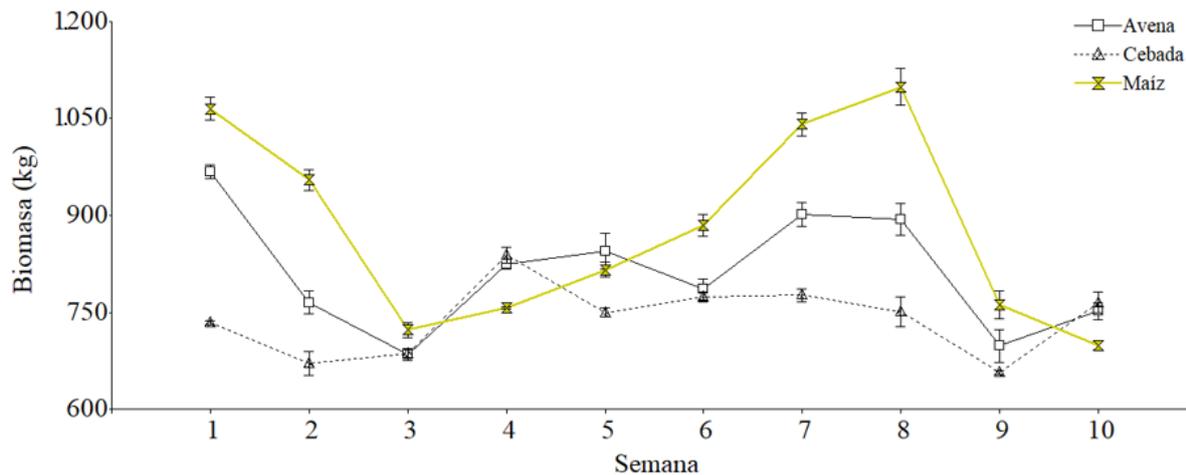
En la semana 7 y 8 la temperatura subió a 22 °C promedio, por lo cual la biomasa aumentó cebada 0.751 kg, avena 0.894 kg y maíz 1.099 kg. Por el contrario, en la semana 9 la temperatura bajo a 15 °C y la biomasa disminuyó avena cebada 0.657 kg, avena 0.697 kg y maíz 0.762 kg. La gramínea que mayor biomasa presento durante las 10 semanas de producción de FVH; es el maíz, en la semana 1 y 8 con un valor de 1.065 kg y 1.099 kg respectivamente; seguido por la avena en la semana 1 con un valor de 0.967 kg. Mientras que, para la gramínea de cebada su biomasa máxima fue de 0.838 kg en la semana 4.

Por otro lado, la menor biomasa se presentó en la semana 10 para la gramínea de maíz con un peso de 0.698 kg. Para la gramínea de avena en la semana 3 con un peso de 0.684 kg. Finalmente, la gramínea de cebada fue en la semana 9 con un peso de 0.657 kg; (Figura 6).

**Figura**

**6**

*Biomasa de forraje verde hidropónico de las gramíneas en estudio.*



Valverde et al. (2017), evaluaron la producción de FVH de maíz (*Zea mays* L.) Los autores utilizaron una densidad de semilla de maíz amarillo de 0.450 kg en bandejas de 0.20 m<sup>2</sup>, obteniendo una biomasa de 1.47 kg, y de 7.35 kg m<sup>-2</sup> a los 12 días de cosecha, siendo inferior a los de este estudio. Mientras que, en el presente estudio, se utilizó una densidad de semilla de maíz amarillo de 0.370 kg en bandejas de 0.108 m<sup>2</sup>, obteniendo una biomasa de 8.14 kg m<sup>-2</sup> a los 15 días de cosecha. La diferencia de biomasa se debe a la densidad de semilla aplicada y la superficie de las bandejas, además de la ubicación geográfica y condiciones climáticas. La temperatura del presente estudio de 14-22 °C, con una altitud de 2840 m.s.n.m, mientras que, en la investigación de los autores señalados, la temperatura fue de 25 °C y la altitud fue de 2000 m.s.n.m. Así también, la solución nutritiva té de compost y dosis, en este estudio se utilizó abono orgánico “Ecoabonaza ®” aplicando 12 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> de agua a partir del sexto día después de la siembra, brindando nutrientes para su crecimiento, mientras que los autores utilizaron micorrizas aplicando 2 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> como enraizador orgánico.

Ríos et al. (2023), evaluaron la producción de FVH de avena. Los autores utilizaron una densidad de semilla 0.330 kg en bandejas de 0.12 m<sup>2</sup>, obteniendo una biomasa de 2.697 kg m<sup>-2</sup> a los 16 días de cosecha, siendo inferior a los de este estudio. Mientras que, en el presente estudio, se utilizó una densidad de semilla de avena 0.370 kg en bandejas de 0.108 m<sup>2</sup>, obteniendo una biomasa de 7.50 kg m<sup>-2</sup> a los 15 días de cosecha. La diferencia de biomasa se

debe a la superficie de las bandejas y densidad de semilla. De acuerdo con el manual INIA las densidades óptimas recomendadas por metro cuadrado oscilan entre dos y cuatro kg de semilla, así también la calidad de semilla a utilizarse en la producción de FVH. Por otro lado, la temperatura del presente estudio fue mínimo de 14-22 °C. De acuerdo a Villavicencio (2014), indica que la temperatura óptima para la producción de FVH de avena es de 18-24 °C. De este modo, se puede observar que en la investigación propuesta la temperatura estuvo dentro del rango óptimo para el desarrollo y crecimiento del FVH de avena.

Jiménez (2013), evaluó la producción de FVH de trigo y cebada. El autor utilizó una densidad de semilla cebada de 0.180 kg en bandejas de 0.09 m<sup>2</sup>, obteniendo una biomasa de 4.07 kg m<sup>-2</sup> a los 17 días de cosecha, siendo inferior a los de este estudio. Mientras que, en el presente estudio, se utilizó una densidad de semilla de cebada de 0.370 kg en bandejas de 0.108 m<sup>2</sup>, obteniendo una biomasa de 6.13 kg m<sup>-2</sup> a los 15 días de cosecha. La diferencia de biomasa se debe al tiempo de cosecha, densidad de semilla aplicada y la superficie de las bandejas. Además, la temperatura que se obtuvo en este estudio fue 14- 22°C, con una altitud de 2840 m.s.n.m. Mientras que el autor, temperatura de 12-18 °C, y la altitud fue de 2150 m.s.n.m. Por otro, las diferencias observadas en los resultados pueden atribuirse a los distintos métodos de soluciones nutritivas y dosis de aplicación. En este estudio se utilizó abono orgánico “Ecoabonaza ®” aplicando 12 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>, mientras que el autor utilizó una solución nutritiva de “Abonoagro” aplicando 2.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>.

#### 4.2 Variable altura de forraje verde hidropónico

De acuerdo con los resultados del ADEVA, indican que existe diferencias significativas entre los factores semana y gramínea para la variable altura de FVH (P<0.0001), ver Tabla 10.

**Tabla 10**

*ADEVA para la variable altura de FVH de maíz, avena y cebada para alimentación en cuyes.*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad F. V</b>	<b>Grados de Libertad Error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
(Intercept)	1	58	24879.19	<0.0001
Semana	9	58	90.87	<0.0001
Gramínea	2	58	529.78	<0.0001
Semana:Gramínea	18	58	20.53	<0.0001

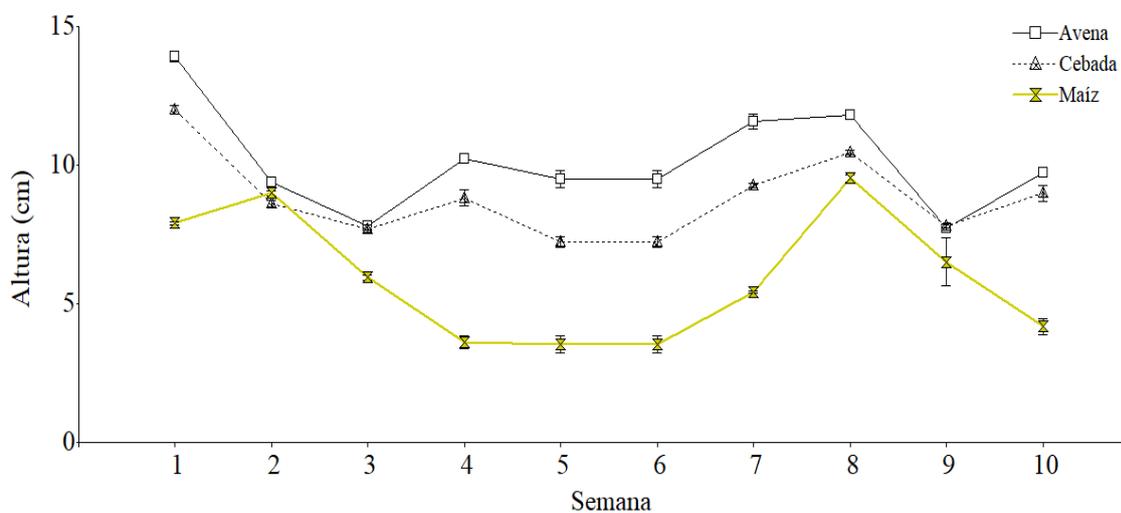
En la Figura 7, se observan los resultados de la altura del FVH de gramíneas (maíz, avena y cebada) durante 10 semanas. Durante este tiempo se puede observar una disminución de

altura en las semanas 1, 2, 3 esto se debe al cambio de temperatura a 14 °C. Mientras que para las semanas 4, 5, 6 la altura de las tres gramíneas se mantiene, esto se debe a una temperatura promedio de 18 °C. En las semanas 7 y 8 la temperatura promedio de 22 °C por ende la altura también aumentó (maíz 11.52 cm, cebada 10.45 cm, avena 11.82 cm). Por el contrario, en la semana 9 la temperatura disminuyó a 15 °C y su altura fue para avena 7.75 cm, cebada 7.80 cm, maíz 6.52 cm.

La gramínea con mayor altura durante las 10 semanas de producción de FVH; en la semana 1 se puede observar la altura máxima alcanzada tanto para la avena y cebada con una altura de 13.99 cm y 11.99 cm respectivamente. Mientras que el maíz presentó su altura máxima alcanzada en la semana 8 con de 9.52 cm. Por otro lado, la altura mínima que alcanzaron las tres gramíneas durante las 10 semanas se representa en la semana 9 para la gramínea de avena con una altura de 7.75 cm y para la gramínea de cebada en la semana 3 con una altura de 7.71 cm. Mientras que, para la gramínea de maíz su altura mínima alcanzada fue en la semana 5 y 6 obteniendo una altura de 3.53 cm respectivamente, ver Figura 7.

**Figura 7**

*Altura de forraje verde hidropónico de las gramíneas en estudio.*



FAO (2024), menciona que la altura del FVH varía entre 20 a 30 cm. Mientras que, en el presente estudio, se puede observar que son menores a lo antes mencionado, avena 13.99 cm; cebada 11.99 cm y maíz 9.52 cm respectivamente. Las diferencias observadas en los resultados pueden atribuirse a cambios climáticos, y temperatura óptima para cada semilla. De acuerdo al manual de Villavicencio (2014), la temperatura óptima para cada cultivo: maíz 32-35 °C; avena y cebada de 18-24 °C respectivamente. Mientras que, en el presente estudio se realizó en el periodo de marzo a junio, en la ciudad de Cayambe, en los cuales se puede

evidenciar la estación seca y de invierno frío con temperatura mínima de 11 y máxima 22 °C. Por ende, la temperatura no fue óptima para el desarrollo y crecimiento del forraje.

González et al. (2024) evaluaron el FVH de sorgo y maíz. Estos autores utilizaron una densidad de siembra de 2.0 kg m<sup>-2</sup> y obtuvo una altura de 27.34 cm a los 12 días de cosecha, siendo superiores a los del presente estudio. Mientras que, en el presente estudio, se utilizó una densidad de semilla de maíz 0.370 kg en bandejas de 0.10 m<sup>2</sup>, obteniendo una altura de 9.52 cm en 15 días de cosecha, representando un 34% menor que en el estudio de los autores. La diferencia de altura se debe a la dosis de semilla, tiempo de cosecha, y el tipo de semilla, en este estudio se utilizó maíz amarillo mientras que del autor maíz blanco.

Villavicencio (2014), evaluó la producción de FVH de avena. El autor utilizó una densidad de semilla de avena 2.1 kg m<sup>-2</sup>, obtuvo una altura de 20 cm a los 15 días de cosecha, siendo superiores a los de este estudio. Mientras que, en el presente estudio, se utilizó una densidad de semilla de avena 0.370 kg en bandejas de 0.10 m<sup>2</sup>, obteniendo una altura de 13.99 cm en los mismos días de cosecha que el autor, representando un 30.05% menor que en el estudio del autor. La diferencia de altura se debe a la densidad de semilla, y a la fertilización, ya que en el presente estudio se utilizó una fertilización orgánica con té de compost “Ecoabonaza ®” aplicando 12 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> y del autor realiza una fertilización química para la producción del FVH.

Núñez & Guerrero (2021), evaluaron forrajes hidropónicos una alternativa para la alimentación de animales domésticos. Los autores utilizaron una densidad de semilla de cebada 3.5 kg m<sup>-2</sup> obtuvieron una altura de 21.7 cm a los 8 días de cosecha, siendo superior a los de este estudio. Mientras que, en el presente estudio, se utilizó una densidad de semilla de cebada 0.370 kg en bandejas de 0.10 m<sup>2</sup>, obteniendo una altura de 11.99 cm a los 15 días de cosecha, representando un 44% menor que en el estudio de los autores. La diferencia de altura se debe a los días de cosecha y dosis de semilla.

Las diferencias de altura en este estudio pudieron darse por la intensidad y calidad de luz. Carrasco (2009), menciona que la reducción de la altura puede darse por la oxidación de fitohormonas inductoras del tamaño de las células, la cual es ocasionado por la exposición de las plantas a una radiación intensa. Por otro lado, la toxicidad pudo ser un factor que alteró la altura, ya que acorde a lo mencionado por la FAO (2024), existen soluciones nutritivas recomendadas para el desarrollo del FVH y al no cumplir con la recomendación puede darse un exceso de una fertilización, afectando la altura y el desarrollo normal de las plantas.

### 4.3 Peso inicial (kg)

De acuerdo con los resultados del ADEVA, indican que no existe diferencias significativas en la interacción entre gramíneas para la variable peso inicial en cuyes ( $P > 0.5251$ ), como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*ADEVA para la variable peso inicial en cuyes.*

Fuente de Variación	Grados de libertad F. V	Grados de Libertad Error	Valor F	Valor P
(Intercept)	1	6	278.59	<0.0001
Gramínea	3	6	0.83	0.5251

En la Tabla 12, se puede evidenciar el peso inicial de los cuyes, en donde el tratamiento de la alimentación con alfalfa mostró un mayor peso inicial con un valor de 0.43 kg en comparación con los otros tratamientos. Mientras que, cebada y maíz con un valor de 0.41 kg y 0.39 kg respectivamente. Por otro lado, avena mostró el menor peso inicial con un valor de 0.38 kg. Entre tratamientos no hay diferencias significativas en términos de peso inicial, ver Tabla 12.

**Tabla 12**

*Variable peso inicial de los tratamientos en estudio.*

Tipos de Forraje	Peso inicial (kg)
Alfalfa	0.43±0.01
Cebada	0.41±0.04
Maíz	0.39±0.04
Avena	0.38±0.04

Tubón (2013), evaluó el consumo de alimento compuesto por FVH más balanceado, desde la cuarta hasta la treceava semana que duró la investigación, con cuyes raza Perú. El tratamiento con mayor peso inicial fue para T (alfalfa + balanceado) con un valor de 0.520 kg siendo superior a F0 del presente estudio con una diferencia de 0.09 kg. Por otro lado, F1 (FVH cebada + balanceado) con un valor de 0.44 kg siendo superior a F3 del presente estudio con una diferencia de 0.03 kg. Para F3 (FVH avena + balanceado) con un valor de 0.43 kg siendo superior a F2 del presente estudio con una diferencia de 0.05 kg y para F2 (FVH maíz + balanceado) con un valor de 0.41 kg los cuales son superiores en comparación al presente estudio con una diferencia de 0.02 kg.

Estas diferencias dependen del genotipo de los cuyes en estudio, además del peso de la madre al momento del empadre, la cual es una variable importante. FAO (2023) menciona que el mayor tamaño y peso de la camada se obtuvo con hembras que en promedio tuvieron mayor peso al empadre y con 12 semanas de edad, lo cual influye logrando un mejor tamaño de la camada, peso de las crías al nacimiento y destete.

#### 4.4 Peso final (kg)

De acuerdo con los resultados del ADEVA, indican que no existe diferencias significativas entre las gramíneas para la variable peso inicial en cuyes ( $P > 0.1818$ ), ver Tabla 13.

**Tabla 13**

*ADEVA para la variable peso final en cuyes.*

Fuente de Variación	Grados de libertad F. V	Grados de Libertad Error	Valor F	Valor P
(Intercept)	1	6	1248.8	<0.0001
Gramínea	3	6	2.26	0.1818

En la Tabla 14, se puede evidenciar el peso final de los cuyes, en donde, el tratamiento de cebada tiene el peso final más alto con un valor de 1.18 kg. Mientras que, avena tiene un valor de 1.07 kg siendo inferior que cebada. Por otro lado, alfalfa mostró un peso final de 0.98 kg. Finalmente, el menor peso final fue maíz con 0.800 kg, ver Tabla 14.

**Tabla 14**

*Variable peso final de los tratamientos en estudio.*

Tipo de forraje	Peso final (kg)
Cebada	1.18±0.08
Avena	1.07±0.07
Alfalfa	0.98±0.02
Maíz	0.80±0.05

Dentro de los tratamientos de FVH de gramíneas, se destacaron el peso final de los animales que recibieron alimentación con FVH de cebada. Ofrece una mayor disponibilidad de nutrientes y representa una dieta equilibrada para los cuyes, gracias a su contenido de carbohidratos, azúcares y proteínas.

Trujillo (2022), evaluó la ganancia de peso vivo de cuyes machos en recría, alimentados con FVH de cebada utilizando el biol como abono foliar al 1.0% + concentrado comercial 20 g por cuy. El peso final que obtuvo fue 0.787 kg siendo inferior a F3 del presente estudio con

una diferencia de 0.393 kg. Las diferencias se deben al periodo experimental de 42 días, mientras que en el presente estudio fue de 70 días, además la ración de alimento fue de 0.160 kg por cuy al día, mientras que en el presente estudio la ración diaria de alimento fue de 0.200 kg por cuy al día.

Cuenca et al. (2023), evaluaron FVH de avena y un testigo de alfalfa durante 30 días. Obtuvieron el peso final de alfalfa + balanceado fue de 0.400 kg siendo inferior a F0 del presente estudio con una diferencia de 0.580 kg. Por otro lado, FVH avena + balanceado con un valor de 0.486 kg siendo inferior al presente estudio una diferencia de con 0.584 kg. Estas diferencias de pesos finales se deben a la genética de los animales empleados en la investigación en ambos casos fueron mestizos, pero de diferente localización, además del tiempo de experimentación y la ración de alimento diaria fue de 0.150 kg, mientras que en el presente estudio fue de 0.200 kg.

#### 4.5 Ganancia de peso (kg)

De acuerdo con los resultados del ADEVA, indican que no es estadísticamente significativo ( $P > 0.1147$ ), entre el factor gramínea para la variable ganancia de peso.

En la Tabla 15, se puede evidenciar la ganancia de peso, en donde, la cebada mostró el valor más alto con 0.77 kg y no muestra diferencias estadísticas con respecto a avena y maíz. Mientras que, avena y alfalfa con un valor de 0.69 kg Y 0.55 kg respectivamente, y no muestran diferencias significativas entre ellas. Por otro lado, maíz mostró la menor ganancia de peso con un valor de 0.41 kg y es significativamente menor que la cebada, ver Tabla 15.

**Tabla 15**  
*Variable ganancia de peso de los tratamientos en estudio.*

<b>Tipo de forraje</b>	<b>Ganancia de peso (kg)</b>
Cebada	0.77 ± 0.06
Avena	0.69 ± 0.01
Alfalfa	0.55 ± 0.07
Maíz	0.41 ± 0.02

Con respecto a los tratamientos evaluados en la variable ganancia de peso, se puede determinar que el mejor resultado lo obtuvo el T4 (cebada) con un valor total de 0.77 kg, superando a los demás tratamientos en estudio.

Loa et al. (2021), evaluaron la ganancia de peso vivo de 45 cuyes machos tipo 1 mestizos de 28 días de edad alimentados con FVH tratamientos (T1: FVH de cebada + concentrado, T2: FVH de maíz + concentrado y T3: alfalfa + concentrado)); obtuvieron la mayor ganancia de

peso vivo fue con T3 (0.715 kg) en relación con T1 (0.633 kg) y T2 (0.569 kg) siendo inferior al presente estudio, a excepción del forraje de maíz. Mientras que, en el presente estudio se obtuvo una ganancia de peso T4 (cebada) con un valor total de 0.77 kg, T1 (alfalfa) con una ganancia de peso de 0.55 kg, y T2 (mCaíz) con una ganancia de peso de 0.41 kg. Las diferencias se deben a la ubicación del experimento, el experimento fue en Perú, ubicado aproximadamente a una altitud de 3027 m.s.n.m, de clima templado a frío, y la altitud del presente estudio fue de 2840 m.s.n.m con un clima frío. Además la calidad del alimento, la asimilación de proteína, minerales y calidad genética de los animales mestizos tipo 1 y mestizos.

#### 4.6 Desperdicio total del consumo de alimento

De acuerdo con los resultados del ADEVA indican, que existe diferencias significativas entre el factor gramínea para la variable desperdicio del consumo de alimento ( $P < 0.0002$ ), ver Tabla 16.

**Tabla 16**

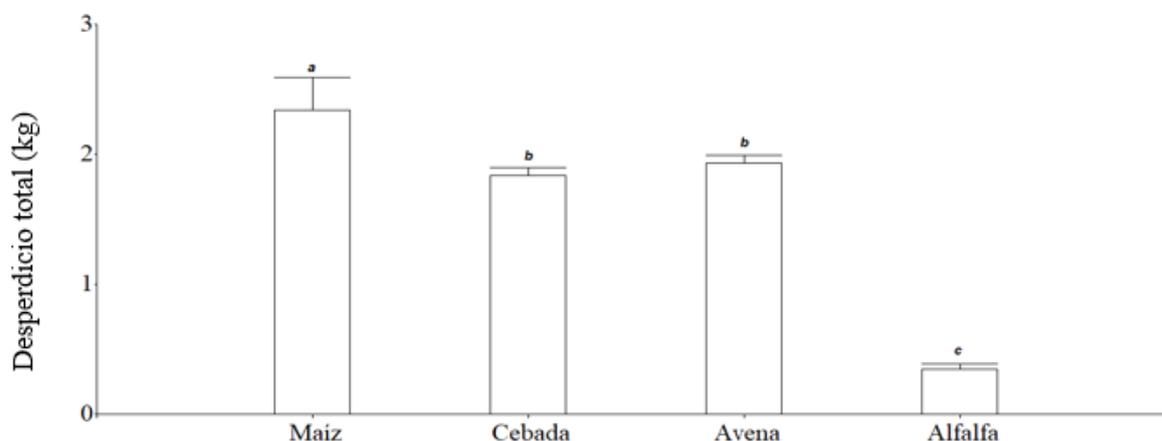
*ADEVA para la variable desperdicio total del consumo de los tratamientos en estudio.*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad F. V</b>	<b>Grados de Libertad Error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
(Intercept)	1	6	511.11	<0.0001
Gramínea	3	6	46.23	0.0002

En la Figura 8, se observa los resultados del desperdicio total del consumo de alimento durante 10 semanas para los 4 tratamientos en estudio. Se puede observar que el maíz tiene el mayor desperdicio promedio de 2.34 kg. Mientras que para la avena el desperdicio es de 1.93 kg y su desperdicio es diferente de maíz, pero no significativamente diferente de cebada. Por otro lado, el desperdicio de la cebada es de 1.84 kg, y es significativamente diferente de maíz, pero no significativamente diferente de avena. Finalmente, la alfalfa es el que menos desperdicio obtuvo con un valor de 0.35 kg, siendo su desperdicio significativamente menor que los otros tratamientos, ver Figura 8.

**Figura 8**

*Desperdicio total de alimento en los tratamientos en estudio a lo largo del experimento.*



Alfalfa presenta el menor desperdicio, mientras que maíz tiene el mayor desperdicio. Las diferencias en el desperdicio entre las gramíneas son estadísticamente significativas, lo que significa que el tipo de gramínea tiene un impacto importante en el desperdicio debido a la germinación y crecimiento de cada gramínea. Alfalfa es significativamente diferente de las otras tres gramíneas, mostrando un desperdicio mucho más bajo. Por otro lado, maíz muestra el mayor desperdicio.

Aróni (2018), evaluó el desperdicio de alimento de cuyes machos desde la cuarta hasta la décima semana, en 40 cuyes alimentados con FVH en donde tuvo 1.5 kg de desperdicio total y 0.037 kg cuy día<sup>-1</sup>, siendo menor al presente estudio. Mientras que, en el presente estudio se evaluó el desperdicio de alimento en 60 cuyes durante 70 días, se obtuvo un desperdicio total de 6.46 kg y 0.107 kg cuy día<sup>-1</sup>, esto se debe al número de cuyes utilizados y el tiempo de experimentación.

FAO (2020), menciona que el desperdicio de FVH puede estar entre un 5% y un 15% del total producido. Es importante tener en cuenta que, con una buena gestión y condiciones óptimas, el desperdicio puede ser reducido al mínimo. Se puede determinar el porcentaje de desperdicio en cada tratamiento, el que mayor desperdicio presentó fue maíz con un 3.63% (2.34 kg), avena con un 2.99% (1.93 kg), cebada con un 2.86% (1.84 kg) y alfalfa con el menor desperdicio de 0.54% (0.35). Los resultados muestran ser menores al 5% mencionado por la FAO, esto se debe al manejo adecuado, la distribución del alimento en cada uno de los tratamientos.

#### 4.7 Consumo total de alimento

De acuerdo con los resultados del ADEVA, indican que existe diferencias significativas entre el factor gramínea para la variable consumo de alimento ( $P < 0.0002$ ), ver Tabla 17.

**Tabla 17**

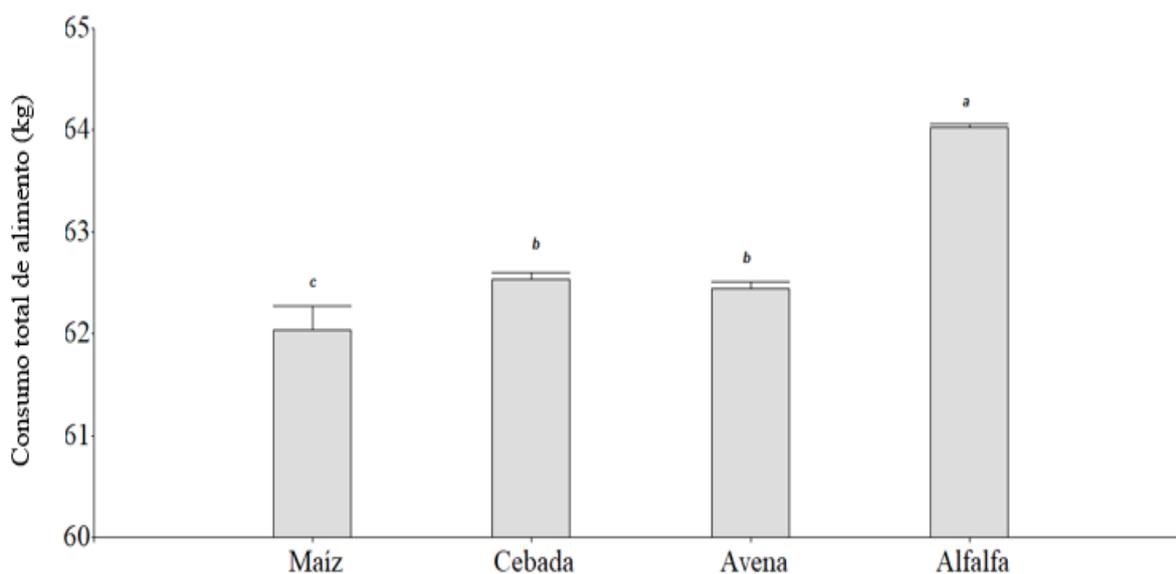
*ADEVA para la variable consumo total de alimento de los tratamientos en estudio.*

Fuente de Variación	Grados de libertad F. V	Grados de Libertad Error	Valor F	Valor P
(Intercept)	1	6	772185.26	<0.0001
Gramínea	3	6	46.23	0.0002

En la Figura 9, se observa los resultados del consumo total de alimento durante 10 semanas para los 4 tratamientos en estudio. En donde alfalfa (testigo) tiene el mayor consumo con un valor de 64.02 kg, la cual tiene el consumo más alto comparado con T2, T3, y T4. Mientras que, para cebada y avena con un consumo de 62.54 kg y 62.45 kg respectivamente, y no muestran diferencias significativas entre ellas. Por otro lado, maíz tiene el consumo más bajo con 62.03 kg y presenta una diferencia significativa entre los tratamientos, ver Figura 9.

**Figura 9**

*Consumo total de alimento en los tratamientos en estudio.*



Lima (2021), evaluó el consumo de alimento compuesto por forraje verde hidropónico de cebada, trigo y avena forrajera, en 90 cuyes de la línea Perú, durante 6 semanas que duró la experimentación. Los tratamientos evaluados fueron T1 (FVH de cebada), T2 (FVH de trigo) y T3 (FVH de avena forrajera), todos los tratamientos recibieron alimento a voluntad, donde

T1 obtuvo un consumo total de 2.420 kg MS y 0.0019 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$  siendo superior del presente estudio, mientras que el consumo total del presente estudio fue 1.35 kg MS y 0.0012 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$ . Para T3 con un consumo total de 2.420 kg MS y 0.001 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$  siendo inferior al presente estudio, en donde avena obtuvo un consumo total de 2.24 kg MS y 0.002 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$ . Estas diferencias podrían darse por la ración de alimento proporcionando, ya que en el estudio fue alimento a voluntad y en el presente estudio se brindó una ración de 200 g por  $\text{cuy día}$ . Además, del tipo de genética de los cuyes en cada estudio.

Terrones (2024), evaluó efecto de tipos de alimentación alfalfa más balanceada y FVH de maíz más balanceado, en 100 cuyes tipo I de la línea Perú, T1: machos alimentados con alfalfa más alimento balanceado, T2: hembras alimentadas con alfalfa más alimento balanceado, T3: machos alimentados con FVH más alimento balanceado y T4: hembras alimentadas con FVH más alimento balanceado, el experimento tuvo una duración de 56 días. Los tratamientos T1 obtuvieron un consumo total de 2.683 kg MS y 0.0019 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$ , para T3 obtuvo un consumo de 2.601 kg MS y 0.0018 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$  siendo inferiores al presente estudio. Mientras que, en el presente estudio se obtuvo un consumo total de alfalfa 2.24 kg MS y 0.0021 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$ . En el tratamiento FVH maíz el consumo total es de 4.28 kg MS y 0.0040 kg MS  $\text{cuy día}^{-1}$ . Esta diferencia se debe por la ubicación está situado en la zona norte de Perú con una altitud 2784 m.s.n.m. y el genotipo de los cuyes utilizados es cada uno de los estudios.

#### 4.8 Conversión alimenticia

Los resultados del análisis de varianza indican que existe diferencias significativas entre el factor gramínea para la variable conversión alimenticia  $P (<0.0005)$ , ver Tabla 18.

**Tabla 18**  
*ADEVA para la variable conversión alimenticia de los tratamientos en estudio.*

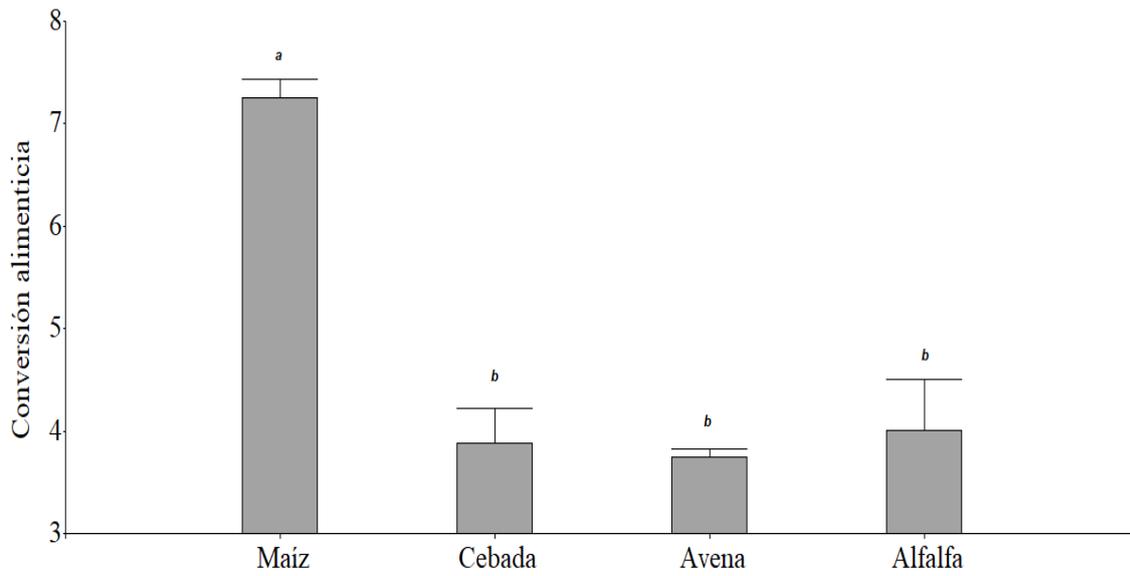
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad F. V</b>	<b>Grados de Libertad Error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
(Intercept)	1	6	927.73	<0.0001
Gramínea	3	6	29.71	0.0005

En la Figura 10, se observa los resultados de la conversión alimenticia durante 10 semanas para los 4 tratamientos en estudio. En donde maíz tiene el valor más alto de conversión alimenticia de 7.26 kg, y es significativamente diferente de T1, T3, y T4. Por otro lado,

alfalfa, cebada, y avena tienen valores de conversión alimenticia más bajos, con alfalfa (4.01 kg) ligeramente superior a cebada (3.89 kg) y avena (3.74 kg). Los tres tratamientos no presentan diferencias significativas entre ellas, pero todas son significativamente menores que T2, ver Figura 10.

**Figura 10**

*Conversión alimenticia en los tratamientos en estudio.*



Con respecto a la conversión alimenticia se observa el valor más alto con un 7.26 con respecto a la alimentación con FVH de maíz, es decir que por 7 kg de alimento necesita el animal para transformar en 1 kilogramo de carne.

Vigo (2020), evaluó del rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo I alimentados con FVH de cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa, utilizó 100 cuyes, durante 8 semanas y tratamientos (T): T1 machos alimentados con FVH, T2 hembras alimentadas con FVH, T3 machos alimentados con alfalfa y T4 hembras alimentadas con alfalfa; en donde T1 (5.5), T2 (6.05), T3 (5.8) y T4 (6.15) siendo superiores al presente estudio. Mientras que, en el presente estudio la conversión alimenticia fue menor cebada con 3.89 y alfalfa con 4.01. Esto se debe a la cantidad de alimento ingerido durante la experimentación, ya que el alimento ingerido en el estudio fue de 65 19.5 kg. Mientras que en el presente estudio fue de 64 375 kg. Además, la ubicación fue en el departamento Cajamarca, en la Sierra Norte del Perú con una altitud de 1988 m.s.n.m, y en el presente estudio es de 2840 m.s.n.m.

Cuenca et al. (2023), evaluaron la ganancia de peso con FVH, utilizaron 42 cuyes mestizos, tratamientos T0 (alfalfa + concentrado) y T1 (FVH de avena forrajera enriquecido con microorganismos + concentrado), donde T0 y T1 obtuvieron una conversión alimenticia de

4.9 y 3.9 respectivamente, siendo superior al presente estudio T0 (4.01) y T2 (3.74). Estas diferencias se deben a la ubicación de la investigación, provincia del Azuay, cantón Cuenca, con una altitud aproximada de 2.560 m.s.n.m. Además de la calidad de la semilla, en este caso se utilizó semilla forrajera y en el presente estudio fue semilla de la localidad.

#### **4.9 Relación beneficio/costo**

En la tabla 19, se puede observar la variable relación beneficio/costo de efecto de la alimentación mediante T1 (Alfalfa), T2 (FVH maíz), T3 (FVH avena) y T4 (FVH cebada) durante 10 semanas de experimentación.

La mayor rentabilidad económica, se pudo identificar en T2 con un valor de 1.09, seguido del T3 con un valor de 1.07, y para T0 con 1.01. Finalmente, en el T1 no obtuvo ganancias debido a que el valor es 0.87, lo que significa que los costos son mayores que los beneficios, ver Tabla 19.

**Tabla 19**

*Evaluación económica de la alimentación con FVH y alfalfa en la producción de cuyes durante 10 semanas*

Concepto	T0	T1	T2	T3
	(alfalfa)	(FVH maíz)	(FVH avena)	(FVH cebada)
<b>INGRESOS</b>				
<b>cuyes faenados</b>	225	225	225	225
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>
<b>EGRESOS</b>				
<b>Preparación de invernadero</b>	2.50	2.50	2.50	2.50
<b>Mano de obra</b>	1.40	2.45	2.45	2.45
<b>Equipos</b>	4.00	6.00	6.00	6.00
<b>Materiales</b>	23.68	25.93	25.93	25.93
<b>Insumos</b>	156.25	181.15	36.00	139.75
<b>Especies menores</b>	30.00	30.00	30.00	30.00
<b>Desinfección</b>	3.85	3.85	3.85	3.85
<b>TOTAL</b>	<b>221.68</b>	<b>259.38</b>	<b>206.73</b>	<b>10.48</b>
<b>UTILIDAD</b>	<b>3.32</b>	<b>34.38</b>	<b>18.27</b>	<b>14.52</b>
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1.01</b>	<b>0.87</b>	<b>1.09</b>	<b>1.07</b>

Nota: Venta 15 dólares/ 1 cuy faenado  
 Compra 2.0 dólares/ 1 cuy destetado de 21 días  
 Utilidad= ingresos – egresos  
 Beneficio/costo= ingresos/egresos

Vigo (2020), evaluó el rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo I alimentados con FVH de maíz, avena y cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa, la rentabilidad de cuyes alimentados con alfalfa fue de 1.66 y la rentabilidad de cuyes alimentados con FVH fue de 1.64, siendo superiores a los del presente estudio. Mientras que, en el presente estudio presento mayor beneficio para el tratamiento T2 con 1.09. Por otro lado, T0 con un valor de 0.87 siendo el menor frente a la relación beneficio costo que los otros tratamientos.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

El forraje verde hidropónico que mayor biomasa presentó fue el maíz con 1 065.38 kg en 0.108 m<sup>2</sup> y de 8.14 m<sup>2</sup>. En cuanto a altura el más representativo fue cebada con 13.99 cm, constituyendo una buena alternativa para pie de engorde.

Al implementar la alimentación con el forraje verde hidropónico de gramíneas, dentro de los parámetros zootécnicos se pudo evidenciar que, la gramínea cebada (*Hordeum vulgare* L.) tuvo mayor rendimiento, en cuanto a las variables de peso final (1.18 kg,) y ganancia de peso (0.77 kg), por lo cual se puede mencionar que es el mejor tratamiento analizado en este estudio.

La relación beneficio costo se pudo evidenciar en el tratamiento de cebada es el más económicamente viable, por su adaptabilidad dentro del sistema productivo y por la ganancia de 1.07, lo que significa que por cada dólar invertido se gana 0.07 centavos.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Implantar el sistema de forraje verde hidropónico en animales herbívoros monogástricos, por poseer un estómago simple de una sola cavidad, sistema de producción cunícola.

Realizar el estudio en hembras, con la finalidad de empadre y ampliar el tiempo de evaluación a sus crías.

Utilizar otras especies de gramíneas como trigo y sorgo, para evaluar su producción.

Implementar el estudio con un sistema de riego por aspersión automatizado, para mejorar el riego.

## REFERENCIAS

- Alfredo, V., Aurora, M., Carlos, C., & Julio, G. (Noviembre de 2017). *Selva Andina Biosphere*. Obtenido de Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos: [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n2/v5n2\\_a09.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n2/v5n2_a09.pdf)
- Álvarez, S., Bonillo, M., Catacata, A., Filippini, M., & Lipinski, V. (2015). Efectos del té de compost, té de lombricompost y supermagro en el contenido de nitrato, azúcares, ácido ascórbico y microorganismos asociados al cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Obtenido de Congreso latinoamericano de agroecología: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56509/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56509/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- APROBAL. (2024). *Balanceado*. Obtenido de Asociación de Productores de Alimentos Balanceados: <https://aprobal.com/tag/balanceado/>
- Aroni, G. (06 de Junio de 2018). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. obtenido de forraje verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*) y maíz (*zea mays*) en la dieta de cuyes machos (*cavia porcellus*) en recría: [http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/763/T\\_0472.pdf?sequence=1&is](http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/763/T_0472.pdf?sequence=1&is)
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidropónia*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.: <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/66458?page=1>
- Carrasco, L. (Diciembre de 2009). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas Volumen 27, N° 3, Páginas 59. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/240840873\\_EFECTO\\_DE\\_LA\\_RADIACION\\_ULTRAVIOLETA-B\\_EN\\_PLANTAS](https://www.researchgate.net/publication/240840873_EFECTO_DE_LA_RADIACION_ULTRAVIOLETA-B_EN_PLANTAS)
- Cayambe, A. (2022). Cantón Cayambe. Obtenido de <https://www.cayambe.gob.ec/#:~:text=La%20parroquia%20de%20San%20Jos%C3%A9%20de%20Cayambe%20presenta%20un%20clima,14%20oC%20en%20la%20p> arte
- Chavez, I., & Esquivel, D. (2022). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú Obtenido de Caracterización del sistema de producción de cuyes del cantón Mocha, Ecuador: <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i2.22576>

- Cuenca, M., Quinteros, W., Ramón, F., & Campos, N. (Diciembre de 2023). Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. *Impacto de forraje hidropónico y microorganismos eficientes en cuyes: Parámetros productivos, hematológicos y bioquímicos nutricionales*, págs. 573-582. Obtenido de Impacto de forraje hidropónico y microorganismos eficientes en cuyes: Parámetros productivos, hematológicos y bioquímicos nutricionales.
- Dimas, N., Ríos, P., Viramontes, U., Chávez, E., Reséndez, A., Hernández, C., Rangel, P. (2009). Terra latinoamericana. Obtenido de USO DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792009000400006&lng=es&nrm=iso#a6c5](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400006&lng=es&nrm=iso#a6c5)
- Donnell, M. T. (18 de Diciembre de 2018). Universidad Nacional del Litoral. Obtenido de “Producción, aplicación y beneficios de los extractos acuosos del compostaje (té de compost)”: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1173/TFI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2020). *Capítulo 4 Nutrición y alimentación*. Obtenido de ALIMENTACIÓN DE CUYES Y CONEJOS: <https://www.fao.org/4/w6562s/w6562s04.htm#:~:text=Porcentajes%20menores%20de%2010%20por,prote%C3%ADna%20que%20requieren%20las%20raciones.>
- FAO. (2023). *Capítulo 2 Reproducción y manejo de la producción*. Obtenido de Manejo de reproductores: <https://www.fao.org/4/w6562s/w6562s02.htm>
- FAO. (2024). *Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
- Fernández, M. E. (2013). Efectos decambio climático en la producción y rendimiento de los cultivos por sectores. Obtenido de Evaluacion del riesgo agroclimático por sectores: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>
- Flolliott, P. F., & Thames, J. L. (1983). FAO. Obtenido de Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de prosopis en América Latina: <http://www.fao.org/3/Q2180S/Q2180S00.htm>
- Gilberto, R. E. (Agosto de 2018). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el trópico húmedo de Chiapas, México.

- Obtenido de Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el trópico húmedo de Chiapas, México: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000500671#:~:text=La%20biomasa%20total%20\(Y\)%20por,es%20mayor%20que%20el%20superior.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000500671#:~:text=La%20biomasa%20total%20(Y)%20por,es%20mayor%20que%20el%20superior.)
- Gómez, U. N. (2021). Forraje verde hidropónico de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en recría, Abancay, Perú: [https://www.researchgate.net/profile/Nilton-Cesar-Urviola/publication/355727782\\_GREEN\\_HYDROPONIC\\_FORAGE\\_OF\\_THREE\\_VARIETIES\\_OF\\_BARLEY\\_Hordeum\\_vulgare\\_IN\\_THE\\_DIET\\_OF\\_GUINEA\\_PIG\\_S\\_Cavia\\_porcellus\\_IN\\_GROWING-FINISHING\\_ABANCAY\\_PERU/links/617b63693c987366c3fb624](https://www.researchgate.net/profile/Nilton-Cesar-Urviola/publication/355727782_GREEN_HYDROPONIC_FORAGE_OF_THREE_VARIETIES_OF_BARLEY_Hordeum_vulgare_IN_THE_DIET_OF_GUINEA_PIG_S_Cavia_porcellus_IN_GROWING-FINISHING_ABANCAY_PERU/links/617b63693c987366c3fb624)
- González, K., Gómez, H., & Coello, B. (2024). Forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum forrajero*) y maíz (*Zea mays*) a dos densidades de siembra. Obtenido de <https://www.editorialgrupo-aea.com/index.php/EditorialGrupoAEA/catalog/download/72/179/327?inline=1>
- González, L. (1996). *Métodos de análisis de datos de germinación de semillas*. Obtenido de Boletín de Sociedad Botánica de México.: <https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1484/1138>
- Huamaní, G., Zea, O., Gutiérrez, G., & Vílchez, C. (2016). *Departamento Académico de Nutrición*. Obtenido de Efecto de Tres Sistemas de Alimentación sobre el Comportamiento Productivo y Perfil de Ácidos Grasos de Carcasa de Cuyes (*Cavia porcellus*): <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v27n3/a09v27n3.pdf>
- Jimenez, J. (2013). *Universidad Nacional de Loja*. Obtenido de “PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE TRIGO Y CEBADA, EN DIFERENTES ÉPOCAS DE COSECHA EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA”: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5369/1/PRODUCCI%C3%93N%20DE%20FORRAJE%20VERDE%20HIDROP%C3%93NICO.pdf>
- Lima, M. B. (15 de 04 de 2021). Universidad Católica de Cuenca. Obtenido de Forrajes verdes hidropónicos de cebada, trigo y avena forrajera enriquecidos con microorganismos benéficos para la crianza de cuyes (*Cavia porcellus*):

<https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0e2bdefc-0eec-4320-b66b-6ffef3f9584f/content>

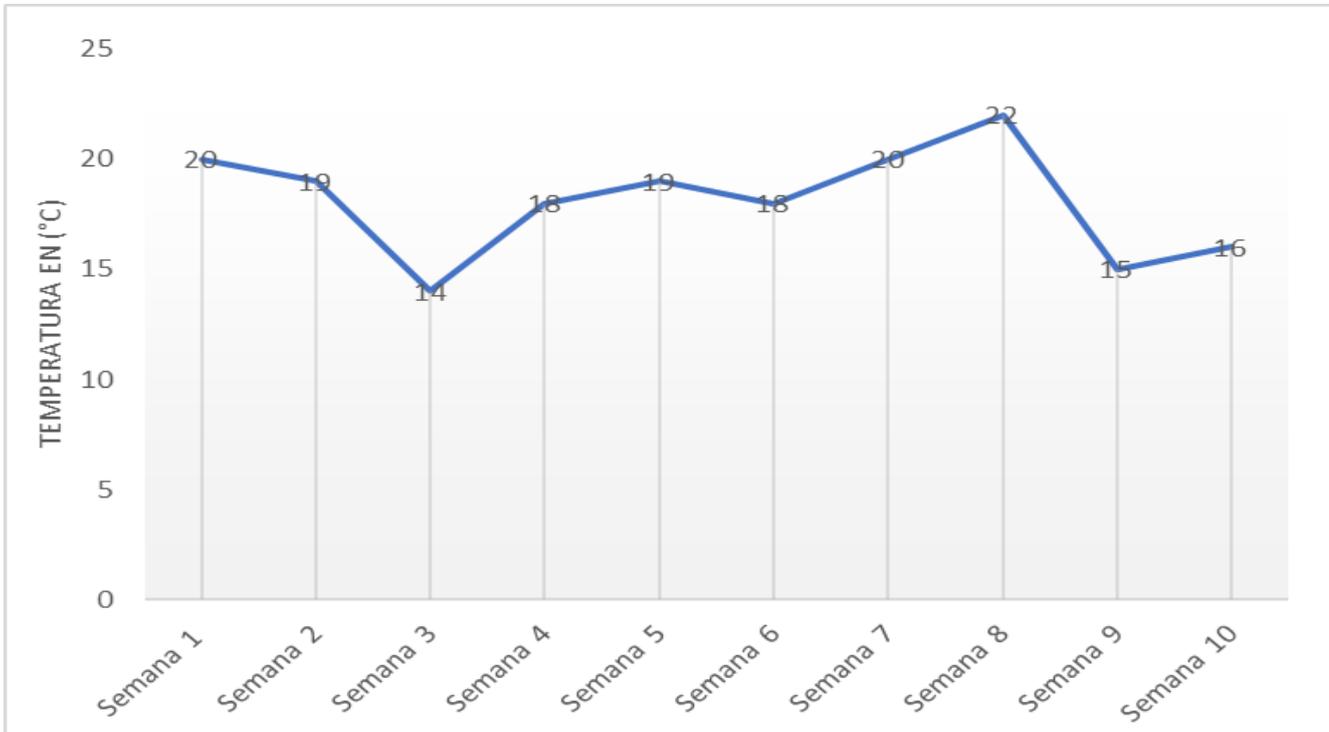
- Loa, G., Saavedra, D., Gomez, J., Sulca, F & Gómez, N. (2021). *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. Obtenido de FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y MAÍZ (*Zea mays*) EN LA DIETA DE CUYES MACHOS (*Cavia porcellus*) EN RECRÍA, ANDAHUAYLAS, PERÚ: [https://www.researchgate.net/profile/Nilton-Cesar-Urviola/publication/355728547\\_FORRAJE\\_VERDE\\_HIDROPONICO\\_DE\\_CEBADA\\_Hordeum\\_vulgare\\_Y\\_MAIZ\\_Zea\\_mays\\_EN\\_LA\\_DIETA\\_DE\\_CUYES\\_MACHOS\\_Cavia\\_porcellus\\_EN\\_RECRIA\\_ANDAHUAYLAS\\_PERU/links/617b6529eef53e51e1fe005b/FORRA](https://www.researchgate.net/profile/Nilton-Cesar-Urviola/publication/355728547_FORRAJE_VERDE_HIDROPONICO_DE_CEBADA_Hordeum_vulgare_Y_MAIZ_Zea_mays_EN_LA_DIETA_DE_CUYES_MACHOS_Cavia_porcellus_EN_RECRIA_ANDAHUAYLAS_PERU/links/617b6529eef53e51e1fe005b/FORRA)
- MAG. (Marzo de 2024). *Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes*. Obtenido de [https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimicos/2024/boletin\\_agroquimicos\\_marzo\\_2024.pdf](https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimicos/2024/boletin_agroquimicos_marzo_2024.pdf)
- Militar, I. G. (2019). *Instituto Geográfico Militar del Ecuador*. Obtenido de Instituto Geográfico Militar del Ecuador: <http://www.geograficomilitar.gob.ec/>
- Núñez, P., & Guerrero, R. (2021). *Journal of the Selva Andina Animal Science*. Obtenido de Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos.
- Reyes, S. F. (2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus* L.) en Ecuador. Obtenido de Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus* L.) en Ecuador: <Ofile:///C:/Users/USer/Downloads/Dialnet-AnalisisDelManejoProduccionYComercializacionDelCuy-8383725.pdf>
- Ríos, R., Pareja, H., & Espinoza, G. (Agosto de 2023). *IICA-Programa de Competitividad Turística*. Obtenido de CULTIVO DE FORRAJE VERDE SUPLEMENTARIO UNIDAD DE FORRAJE VERDE HIDROPONICA (UFVH), EXPERIENCIA DEMOSTRATIVA: <https://iica.int/sites/default/files/2023-12/MANUAL%20DE%20PRODUCCION%20DE%20FORRAJE%20VERDE%20HIDROPONICO%20-%20IICA-UTEM.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR . En P. Román, M. Martínez, & A. Pantoja, *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR* (pág. 72). Chile: Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

- Silva, F. D., Novillo, S. N., & Estrella, M. A. (2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus* L.) en Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 7 1004-1018. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383725>
- Suárez, A., & Iles, M. (2013). Determinación del porcentaje óptimo de forraje hidropónico de maíz y trigo en cobayos (*Cavia porcellus*) para engorde, granja la pradera Chaltura. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2649/1/03%20AGP%20163%20TESIS.pdf>
- Terrones, F. D. (25 de 08 de 2024). *Universidad Nacional de Cajamarca*. Obtenido de “efecto de tipos de alimentación (alfalfa más balanceado vs forraje hidropónico más balanceado) sobre el comportamiento productivo en la fase de crecimiento y engorde de cuyes”: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6970/Tesis%20Franklin%20Vallejos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tubón, S. (2013). Utilización de forraje hidropónico más balanceado comercial como alimento en la crianza de cuyes a partir de la tercera hasta la décima tercera semana de edad. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e46d4300-1d64-4e94-98ac-89f3a2f06e9d/content>
- Trujillo, J. (2022). *Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac*. Obtenido de Biol como abono foliar en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeumvulgare*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) machos en recría: [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1233/T\\_034.pdf?sequence=1](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1233/T_034.pdf?sequence=1)
- Vigo, E. M. (2020). Universidad nacional de cajamarca. obtenido de evaluación del rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo I alimentados con forraje verde hidropónico de cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa: [http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/4177/T016\\_71403282\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/4177/T016_71403282_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villavicencio, A. (2014). *Producción de forraje hidropónico*. Centro Regional de Investigación La Platina.

## ANEXO(S)

### Anexo 1

*Gráfica de temperatura semanal durante la fase de experimentación.*



## Anexo 2

### Costos de producción del tratamiento forraje verde hidropónico de maíz.

Costos de producción para forraje verde hidropónico					
Datos Generales		Provincia: Pichinch Canton: Cayam		Sector: Central	
Fecha de plantación		Año: 2024	Mes: Febrero	Día: 16	
Actividad		Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
<b>A.- Costos Directos (CD)</b>					
<b>1.-Preparacion del invernadero</b>					
Plástico y palos	Unidad	1		2,5	2,5
			<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
<b>2.- Mano de Obra</b>					
Preparación de té de compost	Jornal	1		0,35	<b>0,35</b>
Siembra	Jornal	<b>1</b>		0,35	<b>0,35</b>
Fertilización	Jornal	<b>1</b>		0,35	<b>0,35</b>
Riego	Jornal	<b>1</b>		0,35	<b>0,35</b>
Cosecha	Jornal	<b>1</b>		0,35	<b>0,35</b>
Alimentación a cuyes	Jornal	<b>1</b>		0,35	<b>0,35</b>
Limpieza	Jornal	<b>1</b>		0,35	<b>0,35</b>
			<b>Total</b>	<b>2,45</b>	<b>2,45</b>
<b>3.- Equipos</b>					
Bomba aspersora 4 L	Unidad	1		2	2
Balanza digital	Unidad	1		2	2
Bomba de pescera	Unidad	1		2	2
			<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>4.- Materiales</b>					
Baldes plásticos	Unidad	1		0,75	0,75
Flexómetro	Unidad	1		1,66	6
Balde 20 L	Unidad	1		1,66	1,66
Estanterías de madera	Unidad	1		5	5
Pozas para cuyes	Unidad	1		8	8
Palas Rectas	Unidad	1		1,75	1,75
Guantes	Unidad	1		0,42	0,42
Costales	Unidad	1		0,1	0,1
Bandejas plásticas	Unidad	9		0,25	2,25
			<b>Total</b>	<b>19,59</b>	<b>25,93</b>
<b>5.-Insumos</b>					
Semillas de maíz	kg	84		2,1	176,4
Abono Ecoabonaza	kg	1		2,5	2,5
Cal	kg	1		2,25	2,25
<b>Especies menores</b>					
	cuyes	animal	15	2,5	37,5
<b>Desinfección</b>					
	hipoclorito de sodio al 10%	ml	1	3,85	3,85
			<b>Total</b>	<b>13,2</b>	<b>222,5</b>
<b>Subtotal (CD)</b>			<b>Subtotal</b>	43,74	259,38
Costo Unitario	cuy faenado				<b>15</b>
<b>Ingresos</b>					
Cantidad de Primera	cuy faenado		15	15	225
<b>Total</b>					<b>225</b>
<b>Utilidad</b>					<b>-34,38</b>
<b>C/B</b>					<b>0,87</b>

### Anexo 3

Costos de producción del tratamiento de forraje verde hidropónico de avena.

Costos de producción para forraje verde hidropónico					
Datos Generales		Provincia: Pichinch Canton: Cayamal		Sector: Central	
Fecha de plantación		Año: 2024		Mes: Febrero	
				Día: 16	
				Superficie: 26 m2	
Actividad	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	
<b>A.- Costos Directos (CD)</b>					
<b>1.-Preparacion del invernadero</b>					
Plástico y palos	Unidad	1	2,5	2,5	
		<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	
<b>2.- Mano de Obra</b>					
Preparación de té de compost	Jornal	1	0,35	0,35	
Siembra	Jornal	1	0,35	0,35	
Fertilización	Jornal	1	0,35	0,35	
Riego	Jornal	1	0,35	0,35	
Cosecha	Jornal	1	0,35	0,35	
Alimentación a cuyes	Jornal	1	0,35	0,35	
Limpieza	Jornal	1	0,35	0,35	
		<b>Total</b>	<b>2,45</b>	<b>2,45</b>	
<b>3.- Equipos</b>					
Bomba aspersora 4 L	Unidad	1	2	2	
Balanza digital	Unidad	1	2	2	
Bomba de pescera	Unidad	1	2	2	
		<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
<b>4.- Materiales</b>					
Baldes plásticos	Unidad	1	0,75	0,75	
Flexómetro	Unidad	1	1,66	1,66	
Balde 20 L	Unidad	1	1,66	1,66	
Estanterías de madera	Unidad	1	5	5	
Pozas para cuyes	Unidad	1	8	8	
Palas Rectas	Unidad	1	1,75	1,75	
Guantes	Unidad	1	0,42	0,42	
Costales	Unidad	1	0,1	0,1	
Bandejas plásticas	Unidad	9	0,25	2,25	
		<b>Total</b>	<b>19,59</b>	<b>25,93</b>	
<b>5.-Insumos</b>					
Semillas de avena	kg	75	1,75	131,25	
Abono Ecoabonaza	kg	1	2,5	2,5	
Cal	kg	1	2,25	2,25	
<b>Especies menores</b>					
	cuyes	animal	15	2	30
<b>Desinfección</b>					
	hipoclorito de sodio al 10%	ml	1	3,85	3,85
		<b>Total</b>	<b>12,35</b>	<b>169,85</b>	
<b>Subtotal (CD)</b>		<b>Subtotal</b>	<b>42,89</b>	<b>206,73</b>	
Costo Unitario	cuy faenado			<b>15</b>	
<b>Ingresos</b>					
Cantidad de Primera	cuy faenado	15	15	225	
<b>Total</b>				<b>225</b>	
<b>Utilidad</b>				<b>18,27</b>	
<b>C/B</b>				<b>1,09</b>	

## Anexo 4

### Costos de producción del tratamiento de forraje verde hidropónico de cebada.

Costos de producción para forraje verde hidropónico					
Datos Generales		Provincia: Pichinch Canton: Cayam		Sector: Central	
Fecha de plantación		Año: 2024		Mes: Febrero	
				Día: 16	
				Superficie: 26 m2	
Actividad	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	
<b>A.- Costos Directos (CD)</b>					
<b>1.-Preparacion del invernadero</b>					
Plástico y palos	Unidad	1	2,5	2,5	
		<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	
<b>2.- Mano de Obra</b>					
Preparación de té de compost	Jornal	1	0,35	<b>0,35</b>	
Siembra	Jornal	<b>1</b>	0,35	<b>0,35</b>	
Fertilización	Jornal	<b>1</b>	0,35	<b>0,35</b>	
Riego	Jornal	<b>1</b>	0,35	<b>0,35</b>	
Cosecha	Jornal	<b>1</b>	0,35	<b>0,35</b>	
Alimentación a cuyes	Jornal	<b>1</b>	0,35	<b>0,35</b>	
Limpieza	Jornal	<b>1</b>	0,35	<b>0,35</b>	
		<b>Total</b>	<b>2,45</b>	<b>2,45</b>	
<b>3.- Equipos</b>					
Bomba aspersora 4 L	Unidad	1	2	2	
Balanza digital	Unidad	1	2	2	
Bomba de pescera	Unidad	1	2	2	
		<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
<b>4.- Materiales</b>					
Baldes plásticos	Unidad	1	0,75	0,75	
Flexómetro	Unidad	1	1,66	1,66	
Balde 20 L	Unidad	1	1,66	1,66	
Estanterías de madera	Unidad	1	5	5	
Pozas para cuyes	Unidad	1	8	8	
Palas Rectas	Unidad	1	1,75	1,75	
Guantes	Unidad	1	0,42	0,42	
Costales	Unidad	1	0,1	0,1	
Bandejas plásticas	Unidad	9	0,25	2,25	
		<b>Total</b>	<b>19,59</b>	<b>25,93</b>	
<b>5.-Insumos</b>					
Semillas de cebada	kg	75	1,8	135	
Abono Ecoabonaza	kg	1	2,5	2,5	
Cal	kg	1	2,25	2,25	
<b>Especies menores</b>					
	cuyes	animal	15	2	30
<b>Desinfección</b>					
	hipoclorito de sodio al 10%	ml	1	3,85	3,85
		<b>Total</b>	<b>12,4</b>	<b>173,6</b>	
<b>Subtotal (CD)</b>		<b>Subtotal</b>	42,94	210,48	
Costo Unitario	cuy faenado			<b>15</b>	
<b>Ingresos</b>					
Cantidad de Primera	cuy faenado	15	15	225	
<b>Total</b>				<b>225</b>	
<b>Utilidad</b>				<b>14,52</b>	
<b>C/B</b>				<b>1,07</b>	

## Anexo 5

Costos de producción del tratamiento de forraje verde de alfalfa.

Costos de producción para forraje verde hidropónico					
Datos Generales		Provincia: Pichinch Canton: Cayam		Sector: Central	
Fecha de plantación		Año: 2024		Mes: Febrero	
				Día: 16	
				Superficie: 26 m2	
Actividad	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	
<b>A.- Costos Directos (CD)</b>					
<b>1.-Preparacion del invernadero</b>					
Plástico y palos	Unidad	1	2,5	2,5	
		<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	
<b>2.- Mano de Obra</b>					
Riego	Jornal	1	0,35	0,35	
Cosecha	Jornal	1	0,35	0,35	
Alimentación a cuyes	Jornal	1	0,35	0,35	
Limpieza	Jornal	1	0,35	0,35	
		<b>Total</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	
<b>3.- Equipos</b>					
Balanza digital	Unidad	1	2	2	
Bomba de pescera	Unidad	1	2	2	
		<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
<b>4.- Materiales</b>					
Baldes plásticos	Unidad	1	0,75	0,75	
Flexómetro	Unidad	1	1,66	1,66	
Balde 20 L	Unidad	1	1,66	1,66	
Estanterías de madera	Unidad	1	5	5	
Pozas para cuyes	Unidad	1	8	8	
Palas Rectas	Unidad	1	1,75	1,75	
Guantes	Unidad	1	0,42	0,42	
Costales	Unidad	1	0,1	0,1	
		<b>Total</b>	<b>19,34</b>	<b>23,68</b>	
<b>5.-Insumos</b>					
alfalfa	kg	220	0,7	154	
Cal	kg	1	2,25	2,25	
<b>Especies menores</b>					
	cuyes	animal	15	2	30
<b>Desinfección</b>					
	hipoclorito				
	de sodio al	ml	1	3,85	3,85
	10%				
		<b>Total</b>	<b>8,8</b>	<b>190,1</b>	
<b>Subtotal (CD)</b>			<b>Subtotal</b>	36,04	221,68
	Costo Unitario	cuy faenado			15
<b>Ingresos</b>					
	Cantidad de Primera	cuy faenado	15	15	225
	<b>Total</b>				<b>225</b>
	<b>Utilidad</b>				<b>3,32</b>
	<b>C/B</b>				<b>1,01</b>