



Efecto de la suplementación de tres niveles de forraje verde hidropónico de *Medicago sativa* sobre parámetros zootécnicos y composición de la carne de *Cavia porcellus*

Haro Sevilla, Evelyn Daniela

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Falconí Salas Patricia Ximena, Mgtr.

08 de agosto del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de la suplementación de tres niveles de forraje verde hidropónico de *Medicago sativa* sobre parámetros zootécnicos y composición de la carne de *Cavia porcellus*** fue realizado por la señorita: **Haro Sevilla Evelyn Daniela**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 8 de Agosto del 2023



firmado electrónicamente por:
**PATRICIA XIMENA DE
LOS MILAGRO FALCONI
SALAS**

Ing. Falconí Salas, Patricia Ximena, Mgtr.

C. C: 0601618580

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Proyecto de titulación_Haro Evelyn.pdf

Scan details

Scan time:
August 3th, 2023 at 23:5 UTC

Total Pages:
45

Total Words:
11248

Plagiarism Detection



7.5%

Types of plagiarism

| Types of plagiarism | | Words |
|---------------------|------|-------|
| Identical | 1.4% | 158 |
| Minor Changes | 1.4% | 161 |
| Paraphrased | 4.6% | 522 |
| Omitted Words | 0% | 0 |

AI Content Detection

N/A

Text coverage

- AI text
- Human text

Plagiarism Results: (47)

Razas de Cuyes - Crianza de Cuyes 0.7%
<https://crianzadecuyes.com/razas-de-cuyes/>
Ir al contenido ...

IASA I-TIC-0022.pdf 0.7%
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36566/1/ias...>
LENOVO
Evaluación del contenido nutricional de dos variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) en un sistema de cultivo semi- hidropónico tratada...

Trabajo-de-Titulación.pdf 0.5%
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/41681/1...>
IVAN MARCELO VERDUGO BRAVO
Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia Incorporación de chíá (salvia hispán...



Firmado electrónicamente por:
PATRICIA XIMENA DE
LOS MILAGRO FALCONI
SALAS

Ing. Falconí Salas, Patricia Ximena, Mgtr.

C. C: 0601618580



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Haro Sevilla Evelyn Daniela**, con cédula de ciudadanía No.1724169600 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de la suplementación de tres niveles de forraje verde hidropónico de *Medicago sativa* sobre parámetros zootécnicos y composición de la carne de *Cavia porcellus***, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 8 de Agosto del 2023

Haro Sevilla Evelyn Daniela

C.C.:1724169600



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Haro Sevilla Evelyn Daniela**, con cédula de ciudadanía No. 1724169600 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de la suplementación de tres niveles de forraje verde hidropónico de *Medicago sativa* sobre parámetros zootécnicos y composición de la carne de *Cavia porcellus***, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 8 de Agosto del 2023

Haro Sevilla Evelyn Daniela

C.C.:1724169600

Dedicatoria

A mis padres Verónica y Mario quienes con su guía y apoyo me han formado como un gran ser humano, a mis amados abuelitos Rosita, Guidito, Emérita y Pepe que son mi referente de amor y paciencia, a mi tía Leticia que me ha ayudado a cumplir mis metas y a mi hermano Rober que siempre está junto a mí con su guía y cariño.

Evelyn Daniela Haro Sevilla

Agradecimientos

Extiendo un agradecimiento especial a mi familia que han sido quienes incondicionalmente me han apoyado siempre.

A la Carrera de Agropecuaria (IASA I) y sus docentes por encaminarme a ser una gran profesional

A mi directora de tesis, Ing. Patricia Falconí Salas, Mgtr., que con su paciencia, respeto y sabiduría me guiaron para culminar con éxito este trabajo.

A los docentes Ing. Jakeline Torres, Ing. Juan Tigrero, Ing. Julio Pazmiño, Ing. Pedro Romero y al Lcdo. Marco Taco por su ayuda incondicional.

Evelyn Daniela Haro Sevilla

Índice de contenidos

| | |
|---|-----------|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación..... | 2 |
| Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos..... | 3 |
| Responsabilidad de Autoría..... | 4 |
| Autorización de Publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimientos..... | 7 |
| Índice de contenidos..... | 8 |
| Índice de tablas..... | 13 |
| Índice de figuras..... | 14 |
| Resumen..... | 15 |
| Abstract..... | 16 |
| CAPÍTULO I..... | 17 |
| INTRODUCCIÓN..... | 17 |
| Antecedentes..... | 17 |
| Justificación e importancia..... | 17 |
| OBJETIVOS..... | 18 |
| Objetivo General..... | 19 |
| Objetivos Específicos..... | 19 |
| HIPÓTESIS..... | 20 |
| Hipótesis nula:..... | 20 |
| Hipótesis alterna:..... | 20 |
| CAPÍTULO II..... | 21 |
| MARCO REFERENCIAL..... | 21 |
| Cuy (Cavia porcellus)..... | 21 |

| | |
|---|----|
| Cavicultura en Ecuador..... | 21 |
| Generalidades | 21 |
| Descripción Taxonómica..... | 21 |
| Datos fisiológicos..... | 23 |
| Tipos de cuyes | 23 |
| Clasificación según su conformación..... | 23 |
| Tipo A..... | 23 |
| Tipo B..... | 23 |
| Clasificación según su pelaje | 24 |
| Tipo I | 24 |
| Tipo II | 24 |
| Tipo III | 24 |
| Tipo IV..... | 24 |
| Clasificación según las tonalidades de pelo | 24 |
| Pelaje simple | 25 |
| Pelaje compuesto | 25 |
| Overos..... | 25 |
| Fajados..... | 26 |
| Combinados | 26 |
| Particularidades en la cabeza..... | 26 |
| Particularidades en el cuerpo | 26 |
| Líneas mejoradas..... | 26 |
| Perú..... | 26 |
| Andina | 26 |
| Inti | 26 |
| Líneas nacionales | 27 |

| | |
|---|----|
| Auqui | 27 |
| San Luis | 27 |
| Rosario | 27 |
| Sistemas de producción | 27 |
| Por destino de la producción | 27 |
| Sistema familiar | 27 |
| Sistema familiar - comercial | 28 |
| Sistema comercial | 28 |
| Destete, crecimiento y engorde | 29 |
| Anatomía y fisiología del sistema digestivo del cuy | 29 |
| Cecotrofia..... | 30 |
| Sistemas de alimentación..... | 30 |
| Alimentación básica o solo forraje | 30 |
| Alimentación mixta | 31 |
| Alimentación en base a concentrados | 31 |
| Suministro de vitamina C..... | 31 |
| Suministro de agua..... | 32 |
| Requerimientos nutricionales de cuyes | 32 |
| Alfalfa | 34 |
| Generalidades | 34 |
| Clasificación Taxonómica | 35 |
| Características de la planta | 35 |
| Requerimientos del cultivo..... | 36 |
| Suelo..... | 36 |
| Requerimientos ambientales | 36 |
| Requerimientos nutricionales | 36 |

| | |
|--|-----------|
| Valor nutritivo | 36 |
| Cultivos sin suelo | 36 |
| Sistemas hidropónicos | 37 |
| Forrajes en sistemas sin suelo | 37 |
| Ventajas y desventajas del cultivo sin suelo | 38 |
| CAPÍTULO III..... | 39 |
| MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 39 |
| Ubicación y características geográficas del área de estudio..... | 39 |
| Materiales..... | 39 |
| Equipos y materiales de laboratorio..... | 39 |
| Reactivos | 40 |
| Equipos, insumos y reactivos de campo..... | 40 |
| Sistema hidropónico | 40 |
| Ensayo en animales | 40 |
| Métodos | 41 |
| Cultivo hidropónico | 41 |
| Generalidades de la implementación..... | 41 |
| Fertilización | 41 |
| Crianza de animales..... | 42 |
| Análisis experimental..... | 43 |
| Diseño experimental..... | 45 |
| Croquis experimental..... | 45 |
| Variables de estudio | 45 |
| Parámetros zootécnicos | 46 |
| Peso, largo y perímetro abdominal | 46 |
| Consumo de alimento | 46 |

| | |
|--|-----------|
| Factor de conversión alimenticia FCA | 46 |
| Mortalidad | 47 |
| Rendimiento a la canal | 47 |
| Análisis de la composición de carne de cuy | 47 |
| Humedad..... | 48 |
| Proteína | 48 |
| Fibra..... | 48 |
| Extracto etéreo (EE)..... | 48 |
| Ceniza..... | 49 |
| Calcio | 49 |
| Fósforo..... | 49 |
| Análisis estadístico..... | 49 |
| CAPÍTULO IV | 50 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 50 |
| Ganancia de peso | 50 |
| Incremento de largo..... | 51 |
| Incremento del perímetro abdominal | 52 |
| Consumo de alimento..... | 53 |
| Factor de conversión alimenticia (FCA)..... | 56 |
| Rendimiento a la canal..... | 57 |
| Composición de la carne | 58 |
| CAPÍTULO V | 61 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 61 |
| Conclusiones..... | 61 |
| Recomendaciones..... | 62 |
| Bibliografía | 63 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Ubicación taxonómica o clasificación zoológica del cuy (<i>Cavia porcellus</i>)</i> | 22 |
| Tabla 2 <i>Parámetros normales de datos biológicos de interés en cuyes</i> | 23 |
| Tabla 3 <i>Descripción de los tipos de pelaje compuestos</i> | 25 |
| Tabla 4 <i>Requerimientos nutricionales del cuy según su etapa de crecimiento</i> | 33 |
| Tabla 5 <i>Información taxonómica de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)</i> | 35 |
| Tabla 6 <i>Principales pros y contras del uso de cultivos sin suelo</i> | 38 |
| Tabla 7 <i>Solución nutritiva empleada</i> | 42 |
| Tabla 8 <i>Descripción de los tratamientos evaluados</i> | 44 |
| Tabla 9 <i>Resultado del análisis bromatológico de las dos fuentes de materia verde</i> | 44 |
| Tabla 10 <i>Resultado del análisis bromatológico de las dietas evaluadas</i> | 45 |
| Tabla 11 <i>Promedio \pm Desviación estándar del incremento de peso (gramos) en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>) suplementados a distintas concentraciones de FVH de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)</i> | 51 |
| Tabla 12 <i>Promedio \pm Desviación estándar del consumo de alimento (gramos) en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>) suplementados a distintas concentraciones de FVH de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)</i> | 55 |
| Tabla 13 <i>Promedio \pm Desviación estándar del efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) en el FCA en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>)</i> | 57 |
| Tabla 14 <i>Promedio \pm Desviación estándar de parámetros bromatológicos de la carne de cuyes (<i>Cavia porcellus</i>) suplementados a distintas concentraciones de FVH de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)</i> | 60 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Mapa satelital de las áreas de trabajo dentro de la Hacienda “El Prado”</i> | 39 |
| Figura 2 <i>Evidencia del cultivo de FVH de alfalfa</i> | 41 |
| Figura 3 <i>Croquis experimental del ensayo</i> | 45 |
| Figura 4 <i>Efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (Medicago sativa) en el incremento de largo (centímetros) en cuyes (Cavia porcellus)</i> | 52 |
| Figura 5 <i>Efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (Medicago sativa) en el incremento del perímetro abdominal (centímetros) en cuyes (Cavia porcellus)</i> | 53 |
| Figura 6 <i>Efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (Medicago sativa) en el rendimiento a la canal (%) de cuyes (Cavia porcellus)</i> | 58 |

Resumen

El cuy es una de las especies más importante dentro de la región Andina y su consumo crece de forma exponencial, uno de los aspectos más importantes dentro de la explotación caviícola es la alimentación, que en la actualidad se ve limitada por la falta de superficie cultivable y alto costos de mano de obra e insumos. El uso de la tecnología de forrajes sin suelo se ha practicado como método de investigación desde hace muchos años atrás y ahora se busca que esta metodología sea una alternativa a la crisis agrícola mencionada. En base a lo antedicho se propone este estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación de tres niveles de forraje verde hidropónico de *Medicago sativa* (10%, 20%, 30%) sobre parámetros zootécnicos, así como también analizar el consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento a la canal y parámetros bromatológicos que determinan la composición de la carne de cuy *Cavia porcellus* L. Los datos se analizaron mediante un DCA y los resultados mostraron que la alimentación suplementada con 10% de FVH de alfalfa (T1), presentó mayor ganancia de peso, para las variables largo y perímetro abdominal no existieron diferencias significativas, sin embargo el primer nivel de suplementación matemáticamente fue superior. En cuanto al análisis bromatológico de la carne los porcentajes de humedad y grasa fueron matemáticamente superiores con un nivel de suplementación del 20% (T2), Para los parámetros de % proteína, % fibra, % ceniza, calcio y fósforo (mg/g) el T1 tuvo mejores resultados.

Palabras clave: CUYES, HIDROPÓNICO, PESO, PROTEÍNA.

Abstract

The guinea pig is one of the most important species within the Andean region and its consumption grows exponentially. One of the most important aspects within the cavícola farm is food, which is currently limited by the lack of cultivable land. And high labor and input costs. The use of soilless forage technology has been practiced as a research method for many years and now it is sought that this methodology is an alternative to the aforementioned agricultural crisis. Based on the above, this study is proposed with the objective of evaluating the effect of supplementing three levels of hydroponic green forage of *Medicago sativa* (10%, 20%, 30%) on zootechnical parameters, as well as analyzing the consumption of feed, feed conversion, carcass yield and bromatological parameters that determine the composition of guinea pig meat *Cavia porcellus L.* The data were analyzed by means of a DCA and the results showed that the diet supplemented with 10% alfalfa FVH (T1), presented greater weight gain, for the variables length and waist circumference there were no significant differences, however the first level of supplementation was mathematically superior. Regarding the bromatological analysis of the meat, the percentages of moisture and fat were mathematically higher with a supplementation level of 20% (T2), For the parameters of % protein, % fiber, % ash, calcium and phosphorus (mg/g). T1 had better results.

Keywords: GUINEA PIGS, HYDROPONIC, WEIGHT, PROTEIN.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El cuy cuyo nombre científico es *Cavia porcellus* Linnaeus, es originario de los Andes, este roedor se encuentra principalmente en países como Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia, es capaz de adaptarse a diferentes pisos climáticos, siendo así que desde hace varios siglos atrás y hasta la actualidad es criado, usado para consumo y mercantilizado especialmente por indígenas andinos, representando así una buena fuente de ingresos para miles de familias de las zonas rurales del Ecuador (Chávez Tapia, 2019; Medina, 2021).

La carne de cuy es considerada como un alimento de gran calidad y versatilidad, ostenta un valioso porcentaje de proteína, reducidos niveles de grasa, colesterol de buena calidad, minerales y vitaminas. Por lo dicho, se afirma que el consumo de este tipo de proteína animal se traduce en bondades nutricionales que ayudan en la prevención y resistencia contra enfermedades ya que permite mejorar e incrementar las defensas, además se sostiene que podría ayudar en la reducción de la proliferación de células tumorales debido a que dentro de su composición consta la enzima asparaginasa (Programa de Gobierno Regional de Lima, 2019; Red de comunicación Regional, 2020; Andina Perú, 2022).

En cuanto a la alimentación de estos animales, las dietas en base a forrajes convencionales no siempre completan los requerimientos alimenticios, debido a que no siempre esta materia prima se produce de una manera óptima, es por eso que su calidad nutritiva se ve afectada y por ende hay repercusiones en la calidad de la explotación (Núñez y Guerrero, 2021).

En vista a lo anteriormente mencionado se ha planteado el uso de forrajes verdes hidropónicos (FVH).

Para López *et al.* (2009) la implementación de FVH es una metodología que permite la producción de alimento de alta calidad para los animales, dejando a un lado las limitaciones

naturales problemática común de cultivos de forrajes convencionales.

Según Núñez y Guerrero (2021) para la implementación de este tipo de cultivo no se requiere de ningún conjunto de técnicas complejas de producción, solo es imperioso un tiempo en el rango de 10 a 15 días para producir hasta 4 kg de alimentos frescos sembrando solamente 1 kg de semilla, este tipo de forraje se puede producir en cualquier época del año con un consumo mínimo de agua.

Como se mencionó, el FVH avala y garantiza durante todo el año la producción, reproducción y sanidad de los animales ya que este cultivo no depende de la condición climática y es una fuente de alimento constante y de óptima calidad siempre y cuando el cultivo sea manejado de forma correcta (Tubón, 2013).

Justificación e importancia

Durante todo el proceso de crianza de los cuyes (ciclo productivo dentro de una explotación) es indispensable que se les provea de una apropiada nutrición y alimentación pues solo así los animales obtienen pesos adecuados, óptimos índices de precocidad y productividad para la comercialización Food and Agriculture Organisation (FAO, 2012).

Según la FAO (2012) la crianza o producción de cuyes se puede realizar en tres diferentes tipos de sistemas: familiar, familiar - comercial o solamente comercial, en nuestro país las dos primeras mencionadas son las maneras de crianza más utilizadas y populares, sin embargo, hasta la actualidad la producción es deficiente y se suele presentar con un alto porcentaje de mortalidad ya que no siempre se ofrecen las dietas adecuadas en cuestión de calidad y no se maneja de la manera correcta la sanidad de la explotación.

Uno de los aspectos más importantes en la nutrición o dieta de los cuyes es la proteína, que muchas de las veces solo con el suministro de forraje convencional no se logra cumplir con los requerimientos del animal, siendo un porcentaje de inclusión adecuado entre el 14 y el 20 % de la ración según su etapa (FAO, 2012).

Se considera que la principal limitante para el adecuado desarrollo de la actividad cavícola es la alimentación, según Sinchiguano (2008) la mayoría de forrajes provienen de tierras de baja calidad y con sistemas de regadío deficientes, además se debe ser consciente y considerar que con el pasar del tiempo la superficie cultivable se va perdiendo.

Por otra parte, la notable y progresiva alza en los costos de balanceados debido a la escasez de materias primas para la elaboración de los mismos y la crisis mundial de fertilizantes, limita el acceso de los productores a estos insumos, esto lleva a pensar y a buscar materias primas alternativas en la cantidad y calidad adecuada, sin que eso lleve a un incremento excesivo en los costos de producción.

Con la finalidad de buscar una alternativa de calidad en la alimentación animal, en este estudio se probaron tres niveles de suplementación de FVH de *Medicago sativa* en la alimentación de cuyes, además se evaluaron variables morfométricas (peso, largo, perímetro abdominal), consumo de alimento, conversión alimenticia y composición de la carne de cuy mediante análisis bromatológicos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de tres niveles de suplementación de forraje verde hidropónico de alfalfa (*Medicago sativa*) sobre parámetros zootécnicos y composición de la carne de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).

Objetivos Específicos

- Encontrar el nivel de suplementación más adecuado para el desarrollo productivo de cuyes nacionales.
- Evaluar la composición de la carne de los animales suplementados.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

Los animales suplementados con forraje verde hidropónico de alfalfa (*Medicago sativa*) presentan un peso similar a los animales no suplementados.

Hipótesis alterna:

Los animales suplementados con forraje verde hidropónico de alfalfa (*Medicago sativa*) presentan un peso mayor a los animales no suplementados.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Cuy (*Cavia porcellus*)

Cavicultura en Ecuador

El inmutable crecimiento de la demanda de cuyes en el Ecuador, principalmente en la región Sierra, promueve la esperanza a muchas familias principalmente de las zonas rurales y las motiva a invertir y transformar sus explotaciones para con ello generar rentabilidad Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2021).

De acuerdo con la publicación de una proyección ejecutada en el año 2011 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se conoció que en el 2016 se produjeron al menos 4,9 millones de cuyes en todo el país (se tomó en cuenta las 4 regiones). Este estudio facultó decretar que la producción total en el país en ese año fue de 6,6 millones, y categorizó a la provincia de Azuay como la mayor productora de cuyes, pues ocupa el primer lugar de con 1 661 998 cuyes producidos. Tungurahua se ubica en el segundo puesto. Un estudio elaborado por el Consejo Provincial de dicha provincia que maneja en su Estrategia Agropecuaria la Red del Cuy, al menos 1 500 personas están dedicadas a la crianza, faena miento y comercialización del cuy (Moreta, 2017).

Generalidades

El cuy (*Cavia porcellus*), es un roedor originario de los Andes de América del Sur, donde se lo encuentra desde los 0 metros sobre el nivel del mar (msnm), hasta incluso los 4500 msnm, se relata que su domesticación fue realizada por parte de los aborígenes Andinos, ante la necesidad inminente de alimentarse de proteína de origen animal, dado que es un animal que ya tiene miles de años de domesticación, en la actualidad se lo puede encontrar muy bien adaptado a varios pisos climáticos (FAO, 2012; Isch, 2017).

Hasta la actualidad sigue siendo una fuente de carne de calidad, por lo que su correcta producción se vuelve importante para asegurar la soberanía alimentaria de algunos países

como Perú y Ecuador, siendo Perú el principal país productor, exportador y consumidor de carne de cuy, seguido por Ecuador los cuales albergan 65 y 47 millones de cuyes respectivamente, mientras que en países como la Bolivia tienen aproximadamente seis millones de cabezas y Colombia cuenta con aproximadamente cinco millones (Agronet, 2020).

Como lo menciona Núñez (2008) el cuy es una especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana, adicionalmente el cuy realiza la cecografía que le permite la reutilización del nitrógeno de los alimentos para un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2011).

Descripción Taxonómica

Cavia porcellus, es conocido con distintos nombres (cobayo, curí o conejillo de indias) dependiendo del país o región en el que se encuentran, y su clasificación taxonómica se muestra a continuación

Tabla 1

Ubicación taxonómica o clasificación zoológica del cuy (Cavia porcellus)

| Jerarquía taxonómica | Taxón |
|----------------------|-----------------------------------|
| Reino | Animal |
| Clase | Mammalia |
| Orden | Rodentia |
| Suborden | Hystricomorpha |
| Familia | Caviidae |
| Género | Cavia |
| Especie | <i>Cavia porcellus</i> (Linnaeus) |

Nota. Recuperado de (FAO, 1997).

Datos fisiológicos

A continuación se presenta una tabla resumen de constantes fisiológicas y datos biológicos del cuy (*Cavia porcellus* L.).

Tabla 2

Parámetros normales de datos biológicos de interés en cuyes

| Parámetro | Valor |
|------------------------------|------------------------------|
| Temperatura rectal | 37.2 - 39.5°C |
| Frecuencia cardíaca | 230 - 380 l.p.m |
| Respiración promedio | 230 - 280 pulsaciones/minuto |
| Número de cromosomas | 64 |
| Vida media | 5 - 6 años |
| Peso adulto machos | 900 - 1200 g |
| Peso adulto hembras | 700 - 900 g |
| Madurez sexual | 3 - 4 meses |
| Destete | 14 - 28 días |
| Tiempo de vaciado estomacal | 2 horas |
| Tiempo de tránsito digestivo | 8 - 30 horas |

Nota. Recuperado de (Barahona y Quishpe, 2012; Ecuphar, 2017).

Tipos de cuyes

Según Chauca (1997) el estudio de tipos o líneas de cuyes se agrupa según su conformación, forma, longitud y tonalidades de pelo.

Clasificación según su conformación

Tipo A

Son animales mejorados cuya conformación se enmarca en un paralelepípedo tradicional en líneas productoras de carne, tiene tendencia a exhibir buena longitud, profundidad y ancho, ostenta un desarrollo muscular bueno y una excelente base ósea. Son de temperamento tranquilo y de buena conversión alimenticia (Vivas y Carballo, 2013).

Tipo B

Estos animales son de forma angulosa e caracterizan por la escasa profundidad y

limitado desarrollo muscular, presenta mayor variabilidad en el tamaño de orejas, en cuanto a su comportamiento se describe que es muy nervioso lo que dificulta su manejo dentro de una explotación (Aucapiña y Marin, 2016; Buitrón, 2019).

Clasificación según su pelaje

Tipo I

Presenta pelaje corto, lacio y pegado al cuerpo, en algunos casos se evidencia la presencia de remolino en la frente. Estos animales muestran buena producción de carne y superioridad en incremento de peso (Vivas y Carballo, 2013).

Tipo II

Se caracterizan por tener pelo corto y lacio, presencia de rosetas a lo largo del cuerpo. En cuestión de producción de carne exhibe buenas características, se debe tomar en cuenta que no es población dominante en cruzamientos fácilmente se pierde (Buitrón, 2019).

Tipo III

Según Buitrón (2019) los animales enmarcados dentro de esta clasificación tienen pelo lacio y largo y no son buenos productores de carne. Presenta dos subtipos: **subtipo III - I:** Pelaje largo, lacio y pegado al cuerpo y **subtipo III - II:** Pelaje lacio, largo y en forma de roseta o arremolinado.

Tipo IV

Al nacimiento estos animales presentan pelaje ensortijado, según avanza su desarrollo su pelo se torna áspero y rizado, exhiben una implantación muscular con infiltración de grasa, destacando un buen sabor de su carne, por lo que se le cataloga como buen productor de carne (Buitrón, 2019).

Clasificación según las tonalidades de pelo

Se presentan dos tipos de pigmentos granular y difuso, estos otorgan la coloración del pelaje de los cuyes. El primero exhibe tres variantes: rojo, marrón y negro. Mientras que el segundo se encuentran tonos entre el amarillo pálido a marrón rojizo (FAO, 1997).

La taxonomía de acuerdo al color del pelaje se basa en los colores simples y compuestos y como los mismos se encuentran adjudicados en el cuerpo del animal (Chauca, 1997).

Pelaje simple

Dentro de esta clasificación se encuentran pelajes de un solo color, a continuación se detalla los mismos. Blanco, ya sea mate o claro. Bayo o amarillo, se incluye bayo claro, ordinario y oscuro. Alazán o rojizo que comprende tonos dorado, cobrizo y tostado. Violeta claro u oscuro y por último negro, que puede ser brillante u opaco (Barahona y Quishpe, 2012).

Pelaje compuesto

Son tonos formados por dos o más colores, a continuación se enlistan las tonalidades de pelaje compuesto.

Tabla 3

Descripción de los tipos de pelaje compuestos

| Tonalidad | Tipos |
|------------------|--|
| Moro | Moro claro: más blanco que negro Moro ordinario: igual blanco que negro Moro oscuro: más negro que blanco |
| Lobo | Lobo claro: más bayo que negro Lobo ordinario: igual bayo que negro Lobo oscuro: más negro que bayo |
| Ruano | Ruano claro: más alazán que negro Ruano ordinario: igual alazán que negro Ruano oscuro: más negro que alazán |

Nota. Recuperado de (Buitrón, 2019).

Overos

Son pelajes que resultan de la combinación de dos colores, invariablemente con presencia del moteado blanco sin importar si es o no preponderante. Dentro de esta clasificación se encuentran los siguientes tipos de tonalidades: overo bayo (blanco amarillo), bayo overo (amarillo blanco), overo alazán (blanco rojo), alazán overo (rojo blanco), overo moro

(blanco moro), moro overo (moro blanco), overo negro (blanco negro) y negro overo (negro blanco) (FAO, 1997).

Fajados

Presentan colores divididos en secciones o franjas de diferentes tonalidades (Vivas y Carballo, 2013).

Combinados

Presentan secciones en forma irregular y de diferentes colores (Buitrón, 2019).

Particularidades en la cabeza

Dentro de esta clasificación se tiene a los luceros los cuales presentan manchas en su cabeza (FAO, 1997).

Particularidades en el cuerpo

Se presentan manchas dentro de un manto de color claro, dentro de esta clasificación se tiene: nevado que presenta pelos blancos salpicados y mosqueado que al contrario, este presenta pelos negros salpicados (Barahona y Quishpe, 2012).

Líneas mejoradas

Perú

La coloración de su capa por lo general es rojo o blanco con rojo, posee pelaje liso y pegado al cuerpo, no se evidencia remolino en su cabeza. Son animales precoces, aproximadamente a los dos meses de edad llegan a los 800 gramos (Vivas y Carballo, 2013).

Andina

El color de su capa es blando, su pelaje es liso y pegado al cuerpo, esta línea es seleccionada principalmente por prolificidad y tamaño de camada (Vivas y Carballo, 2013).

Inti

Su pelaje es de color bayo o bayo con blanco, es liso y pegado al cuerpo dentro de esta línea sí se encuentra la presencia de remolino en la cabeza, aunque no es una norma. Tiene el ojo de color negro y es seleccionada por su precocidad y adaptación y aptitudes para carne

(Isch, 2017).

Líneas nacionales

Auqui

Su manto es color bayo - blanco, posee la capacidad de realizar de forma acelerada su desarrollo (precocidad), su velocidad de crecimiento es de 17 gramos por día (Buitrón, 2019).

San Luis

Es una línea muy prolífica su tamaño de camada se estima de 4.1 crías, el color de su manto es blanco puro (Buitrón, 2019).

Rosario

Presenta un manto de color alazán (rojizo) con blanco, presenta un buen desarrollo y su velocidad de crecimiento está estimada en 15 gramos por día (Buitrón, 2019).

Sistemas de producción

Se han descrito dos tipos de clasificación de sistemas de crianza o niveles de producción, esto se realiza en base a la función de unidades productivas o destino de la producción y en base al nivel tecnológico, a continuación se describe cada sistema.

Por destino de la producción

Sistema familiar

Este sistema es el más popular dentro de la región Andina, se caracteriza por ocupar o aprovechar los recursos presentes dentro de la vivienda, pues en este modo de producción la mano de obra es familiar, por lo general cuidan de los animales las amas de casa, en cuanto a insumos de alimento se utiliza residuos de cocina o de cosecha (Castro, 2002).

Dentro de este tipo de crianza los animales no son clasificados, se maneja un solo grupo, entre 25 a 30 animales, machos y hembras de toda etapa (Chauca, 1997).

Como menciona Montes (2012) el destino de esta producción es principalmente el autoconsumo y de manera ocasional se suelen vender los animales con el fin de mejorar la

economía del hogar.

Sistema familiar - comercial

Para Montes (2012) el origen de este sistema es el sistema familiar, en este tipo de crianza se emplean mejores técnicas de cría, en este caso se permite al productor generar empleo y así reducir niveles de migración de los habitantes de las zonas rurales, según Chavez y Avilés (2022) estos productores poseen mayor proyección de mercado.

La alimentación de los animales bajo este sistema se basa en subproductos agrícolas y pastos cultivados, se emplea controles sanitarios y se invierte en la construcción de infraestructuras, por lo general pozas (Chauca, 1997).

Los animales son agrupados por línea, sexo y edad, el tamaño de la explotación depende únicamente de los recursos disponibles, se considera especialmente al alimento y al espacio, por lo general se cuenta entre 50 a 100 animales dentro de un mismo galpón (FAO, 2012; Chauca, 1997).

Sistema comercial

Este método de crianza es poco desarrollado y difundido, sin embargo permite al productor maximizar los suministros disponibles ya que se emplea el uso de tecnología eficiente para lograr un índice productivo adecuado y así generar los recursos suficientes y mantener rentabilidad (FAO, 2012).

Según Chauca (1997) se emplean solamente líneas selectas, precoces, prolíficas y eficientes convertidores de alimento.

En cuanto al tema de alimentación se usa forraje de campos propios y alquilados y balanceado, produce cuyes no mayores a 10 semanas con pesos promedios de 900 g (Chauca, 1997).

Según lo mencionado por Montes (2012) la crianza comercial tecnificada utiliza tecnología de alto o medio impacto, algunos ejemplos de este tipo de crianza es el uso de semillas mejoradas, fertilización, riego tecnificado, uso de suplementos nutricionales,

programas de mejoramiento genético, entre otros.

Destete, crecimiento y engorde

El destete radica en aislar a las crías o gazapos de su madre, una vez separado a las crías es obligatorio sexarlas, pesarlas y agruparlas en pozas separadas según el sexo y rangos uniformes de peso, con esto se da inicio a la fase de crecimiento o recría, el tiempo de duración de esta etapa está condicionado por el manejo de la explotación y la genética del animal. Se establece una permanencia de 75 días para esta etapa comprendida desde el destete hasta que los animales sean seleccionados de acuerdo a sus cualidades para reemplazos (machos y hembras) y para comercialización (carne) (Ataucusi, 2015).

Anatomía y fisiología del sistema digestivo del cuy

León (2019) menciona que el sistema digestivo del cuy está conformado por la cavidad oral, órganos anexos (dientes, lengua y glándulas salivares), esófago, estómago, intestino delgado, hígado, páncreas, intestino grueso, colon, recto y ano.

En la boca se hallan las piezas dentarias que le facultan al cuy fracciona mecánicamente (masticar) los alimentos y mezclarlos con la saliva que es secretada por tres glándulas bilaterales: parótida, mandibular y sublingual, y así poder formar el bolo alimenticio que atravesará el esófago hasta llegar al estómago (García, 2012).

El estómago posee una forma de saco piriforme rosáceo y según Ghoshal y Bal (1989) posee cuatro regiones: el cardias, el fondo, el cuerpo y el píloro. Este órgano secreta ácido clorhídrico cuya función es disolver las grandes cantidades de alimento que acumula formando así el quimo (León González, 2019; Guitierrez *et al.*, 2020).

La ingesta no se demora más de dos horas en atravesar el estómago e intestino delgado, en el ciego se demora cuarenta y ocho horas. La celulosa retarda los movimientos del contenido intestinal lo que permite una mejor absorción de nutrientes, dando como resultado un mejor aprovechamiento del contenido de fibra (Florez, 2016).

Como menciona León González (2019) el intestino delgado está dividido en tres

porciones: duodeno que hace la mayor digestión y absorción, yeyuno e íleon. En el intestino delgado se da la mayor parte de la digestión y absorción, especialmente de agua, vitaminas y micro elementos. Todo lo que no puede ser digerido ni absorbido pasa al intestino grueso en el cual hay nula digestión enzimática sin embargo esta sección de esta especie animal posee un ciego desarrollado que permite la digestión microbiana (Guitierrez *et al.*, 2020).

Al final el alimento no digerido pasa al colon y es eliminado por el ano (Florez, 2016).

Según Ramón (2017) el ciego es el órgano digestivo más importante, ahí se llevan a cabo todos los procesos fermentativos del alimento y se clasifican las heces para la cecotrofia, este órgano constituye cerca del 15% del peso total del aparato digestivo, es el sitio principal de digestión microbiana en el intestino grueso de roedores y lagomorfos (Florez, 2016).

Cecotrofia

Es una destreza digestiva que le otorga al cuy la capacidad de reaprovechar el alimento a través de la ingesta de las heces blandas, lo que faculta una buena conducta productiva con raciones limitadas en proteína (Guitierrez *et al.*, 2020).

Se designa como cecotrofos a las excretas blandas que poseen un mayor contenido de nitrógeno en comparación a las excretas sólidas. El animal no permite la caída del cecotrofo, es decir es tomado desde el ano para empezar su proceso de reutilización (INIA, 2011).

La ingestión de los cecotrofos le permite al cuy beneficiarse del contenido de proteína presente en las células de las bacterias existentes en el ciego y a su vez aprovecha el nitrógeno proteico y no proteico que no pudo ser digerido completamente en el intestino delgado (INIA, 2011).

Sistemas de alimentación

Alimentación básica o solo forraje

Al ser una especie herbívora por excelencia, su alimentación es sobre todo a base de forraje verde (Acosta, 2008).

Según la FAO (2014) un cuy de 500 – 800 gramos de peso come de forraje verde

aproximadamente el 30% de su peso vivo, lo que se traduce que a 150 – 240 gramos de forraje al día, se debe tomar en cuenta que en medida que avanza su desarrollo se debe aumentar paulatinamente el suministro de alimento.

Cuando la explotación se limita a alimentar a los animales solamente con forraje, los cuyes en etapa de crecimiento y engorde incrementan de peso de 5 a 8 gramos diarios, además el periodo de crianza se prolonga, y el rendimiento de carcasa no es adecuado debido a que no se aporta la calidad y cantidad de nutrientes necesarios (Acosta, 2008).

Alimentación mixta

En este sistema de alimentación se suministra forraje y concentrado, el animal consume aproximadamente 200 gramos de forraje y entre 20 a 30 gramos de concentrado, con este sistema el incremento de peso se eleva, y se tiene una conversión alimenticia eficiente (Acosta, 2008).

Se debe tomar en cuenta que los concentrados deben ser de buena calidad e ino cuos, además de tener un costo que permita que la explotación sea rentable (FAO, 2014).

Alimentación en base a concentrados

Se utilizan concentrados o balanceados como la única fuente de alimento, bajo este sistema el animal consume entre 40 a 60 gramos por día, esto dependerá de la calidad nutritiva de la fórmula (Acosta, 2008).

Cuando se utiliza este tipo de sistema es obligatorio otorgar al animal vitamina C en el agua de bebida.

Suministro de vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico es requerido para el sostenimiento de la salud y un desarrollo normal del cuy, el cual en su proceso digestivo no la sintetiza, es por eso que se otorgan de manera diaria fuentes naturales externas, en este caso el forraje verde (León *et al.*, 2016).

El déficit de vitamina C en recría produce el retardo del crecimiento del pelaje y

disminuye sustancialmente el apetito. En hembras reproductoras reduce la fertilidad y en el peor de los casos se producen abortos espontáneos (INIA, 2002).

El requerimiento de vitamina C es de 20 mg/animal/día.

Suministro de agua

El cuy necesita 120 cc de agua por cada 40 g de materia seca consumida, el agua debe ser fresca e inocua, adicionalmente este medio sirve para el suministro de vitaminas y antibióticos (FAO, 2014).

Requerimientos nutricionales de cuyes

Como para cualquier producción la nutrición juega un rol fundamental ya que, con un suministro de nutrientes correcto se obtiene una buena producción.

La comprensión e identificación de los requerimientos nutricionales de esta especie permite al productor o técnico elaborar fórmulas balanceadas que satisfagan las exigencias de mantenimiento, crecimiento y producción (Valverde *et al.*, 2021).

Los nutrientes requeridos por el cuy son: agua, proteína, fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, y dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle la crianza en base a los parámetros mencionados estos requerimientos varían (Granja Camero, 2012).

El National Research Council a través del Nutrient Requirements of Laboratory Animals ha realizado investigaciones en laboratorio para determinar los requerimientos nutricionales de los cuyes (guinea pigs), donde recomiendan para dietas con un 10% de humedad y 2.8 a 3.5 Kcal EM/g la cantidad de proteína necesaria para el crecimiento de un cuy es del 18%, fibra 15%, 0.133 a 0.4 % de ácidos grasos esenciales, 1.9 % de minerales (calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloro, sodio, cobre, hierro, manganeso, zinc), 0.027% de vitaminas (A, B, D, E, K, C) (National Research Council, 1995).

La proteína es un requerimiento importante en la dieta de los cuyes, ya que esta es uno de los componentes principales en la formación y funcionamiento de los tejidos, la calidad de la

proteína y la cantidad de aminoácidos suministrados depende en gran medida de la fuente de nitrógeno, las proteínas vegetales contienen cantidades generosas de arginina, y el cuy al ser herbívoro crece bien cuando se alimenta con dietas que contienen de 180 a 200 g de proteína/kg de fuentes vegetales, sin embargo, como este nutriente depende de la edad o etapa, se recomienda que en etapa de gestación se tenga una inclusión del 18%, en el periodo de lactancia entre 18% a 22% y para crecimiento de 13% a 18% (Tabla 4) (National Research Council, 1995; Chauca, 1997).

Tabla 4

Requerimientos nutricionales del cuy según su etapa de crecimiento

| Nutrientes | Unidad | Etapa | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Gestación | Lactancia | Crecimiento |
| Proteína | % | 18 | 18 – 22 | 13 – 17 |
| Energía digestible | (kcal/kg) | 2800 | 3000 | 2800 |
| Fibra | % | 8 – 17 | 8 – 17 | 10 |
| Calcio | % | 1.4 | 1.4 | 0.8 – 1.0 |
| Fósforo | % | 0.8 | 0.8 | 0.4 – 0.7 |
| Magnesio | % | 0.1 – 0.3 | 0.1 – 0.3 | 0.1 – 0.3 |
| Potasio | % | 0.5 – 1.4 | 0.5 – 1.4 | 0.5 – 1.4 |
| Vitamina C | mg | 200 | 200 | 200 |

Nota. Recuperado de (National Research Council, 1995; Chauca, 1997; Cardona *et al.* 2020).

Los aminoácidos forman parte del requerimiento de proteína, sin embargo, no todos son sintetizados por el animal, otros como la histidina, arginina, leucina, triptófano, valina, lisina, metionina, etc., tienen que ser dosificados a través de la alimentación (Chauca, 1997; Vingale, 2010).

La fibra proviene principalmente de los forrajes que puede ir del 8% al 10%, depende esto del forraje (edad, nutrición y tipo), los pastos contienen más cantidad de fibra que las leguminosas, de igual manera los forrajes de más edad tienen más cantidad de fibra, en comparación con pastos jóvenes (tiernos), es fundamental en la dieta del cuy la adición de fibra, ya que funcionan como fuente energética de los microorganismos que se encuentran en el ciego del cuy, además, ralentiza el paso de la comida a través del tracto digestivo, permitiendo que se tenga una mejor digestibilidad y aprovechamiento de otros nutrientes

(Chauca, 1997; Cardona *et al.*, 2020).

Otro pilar en la nutrición de los cuyes son los minerales, aunque la cantidad necesaria suele ser pequeña, son componentes que al interior del organismo cumplen importantes funciones, que permiten mantener el bienestar (salud) y la productividad (reproducción, ganancia de carne) de los animales, por lo que estos elementos son indispensables en todas las etapas de desarrollo de los cuyes, sin embargo minerales como el fósforo y el calcio son esenciales en animales que se encuentran en crecimiento ya que permiten una buena formación de huesos, dientes y producción de leche en madres paridas, una relación óptima de estos minerales va entre 2:1 a 5:1, además de que estos tienen relación directa en la correcta asimilación de la vitamina E. Otros minerales como el hierro previenen la anemia, el magnesio ayuda a mantener la salud de huesos y corazón, el cloro es fundamental en el proceso de digestión de las proteínas y el sodio, potasio, zinc, yodo, magnesio, cobre, etc., ayudan en funciones vitales (Acurio, 2010; Vivas y Carballo, 2013; Cardona *et al.*, 2020).

Las vitaminas a pesar de que no producen energía o forman parte de alguna estructura son indispensables, ya que participan en el correcto desarrollo de reacciones anabólicas y catabólicas en el individuo, estas funcionan como cofactores o coenzimas, algunas de estas son sintetizadas por parte de los microorganismos del sistema digestivo, sin embargo, las que no se pueden sintetizar como es el caso de la vitamina C, se deben administrar. Las vitaminas en general son indispensables para que el cuy tenga un crecimiento adecuado, también están involucradas en el mantenimiento del sistema inmunológico del animal, mejoran la reproducción, fortalecen el esqueleto del animal, etc., (Acurio, 2010; Vivas y Carballo, 2013).

Alfalfa

Generalidades

Wang y Şakiroğlu (2021) señalan que la alfalfa es uno de los cultivos forrajeros domesticados más antiguos y extendidos teniendo gran importancia en la historia, cultura y economía de las naciones, como es de conocimiento este cultivo perenne, cruzado y auto

tetraploide ($2n = 4x = 32$) posee alto valor proteico, lo que lo convierte nutricionalmente en un súper suministro de forraje verde.

Para Prospero *et al.* (2014) es sumamente complicado identificar los primeros vestigios de la domesticación de la alfalfa. Se cree que la alfalfa se originó en las cercanías de lo que ahora se conoce como Turquía e Irán, diferentes autores sugieren que la alfalfa se cultivaba hace 9.000 años aunque no se cuenta con registros fue reconocido como un cultivo de alto valor para el hombre primitivo (Ball, 2000).

Clasificación Taxonómica

Tabla 5

Información taxonómica de la alfalfa (Medicago sativa)

| Jerarquía taxonómica | Taxón |
|-----------------------------|---------------|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Traqueobionta |
| Superdivisión | Espermatofita |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Fabales |
| Familia | Fabaceae |
| Género | Medicago L |
| Especie | sativa L |

Nota. Recuperado de United States Department of Agriculture (USDA, 2010).

Características de la planta

Se trata de una planta vivaz y de porte erecto, cuenta con una raíz principal pivotante y robusta con gran número de raíces secundarias, sus tallos son delgados y firmes lo que le permite soportar hojas e inflorescencias, además los tallos poseen alto contenido de fibra (InfoAgro, 2013).

Sus hojas son trifoliadas de márgenes lisos y con los bordes superiores ligeramente aserrados hacia los ápices. Sus flores son pequeñas generalmente de coloración morada por lo que se asemejan a un frijol (University of Massachusetts Amherst, 2020).

El fruto maduro es una vaina curva de coloración café con 3.5 espirales, ligeramente pubescentes. Cada vaina lleva varias semillas en forma arriñonada de color generalmente de

color amarillento, sin embargo se han presentado coloraciones desde verde olivo hasta marrón (Soriano, 2003).

Requerimientos del cultivo

Suelo

A pesar de que es un cultivo resistente a deficiencias hídricas es muy sensible a la falta de oxigenación por lo que demanda suelos profundos con buena aireación. Para León *et al.* (2018) el pH óptimo es neutro o ligeramente alcalino (6.2- 7.8), cuando el pH sale de los rangos mencionados dificulta la disponibilidad y absorción especialmente de micronutrientes.

Requerimientos ambientales

Es una especie que puede establecerse en regiones semiáridas, subhúmedas, húmedas. Como lo mencionan Clavijo y Cadena (2011) este cultivo puede tolerar temperaturas tan bajas como los 10°C, con temperaturas medias anuales de alrededor de 15°C, para la producción de forraje es crucial conservar el rango óptimo de temperatura que es entre 18° y 28°C.

Requerimientos nutricionales

En comparación con otros cultivos, la alfalfa tiene requerimientos más altos y exigentes. Cada tonelada de heno de alfalfa retira cerca de 60 kg de nitrógeno por hectárea, 50 kg de potasio (K), 30 kg de calcio (Ca), 8 kg de fósforo (P), y cerca de 6 kg de azufre (S) y magnesio (Mg) (Fertilizar, 2012).

Valor nutritivo

Según León *et al.* (2018) las hojas de alfalfa presentan niveles de proteína de un 24%, fibra 18% y 70% de digestibilidad, que son valores muy aceptables en nutrición animal, a la vez sus tallos, que también son gran fuente de nutrientes tienen 20% de proteína y 30% de fibra, además es una fuente abundante de en minerales y contiene 10 vitaminas diferentes.

Cultivos sin suelo

Este tipo de metodología nace como alternativa a los cultivos tradicionales, se emplean

diversas técnicas, sustratos e instalaciones cuyo principal objetivo es aprovechar recursos y disminuir el uso de insumos que en la actualidad son limitados, se habla específicamente del agua y los fertilizantes. Existen diversos tipos de cultivos sin suelo por ejemplo hidropónicos, en sustratos orgánicos e inertes, aeropónicos, entre otros, los cuales se establecen de acuerdo al cultivo, su ciclo y sus necesidades (Sepúlveda *et al.*, 2014).

Sistemas hidropónicos

La implementación de cultivos hidropónicos tiene su inicio en la investigación, pues se recurre a esta técnica para determinar las necesidades nutritivas de los cultivos, en el pasado los científicos usaron estos cultivos acuáticos para analizar diferentes soluciones nutritivas y observar las funciones de las raíces (Baixauli y Aguilar, 2002).

En la actualidad ya existe un gran desarrollo de materiales e insumos que permiten la correcta adecuación y automatización de esta tecnología, se puede contar con fertilizantes altamente solubles y sustratos que tienen muy buenas características, especialmente en retención de humedad, lo que facilita al cultivo hidropónico llegar a una etapa comercial estable, viable y sobretodo rentable (Intagri, 2017).

Forrajes en sistemas sin suelo

Existen especies animales que por su fisiología digestiva deben alimentarse con forrajes, en este momento el mundo productor de los mismos se encuentra en crisis, cada vez se limita el recurso espacio, porque la superficie cultivable con el paso del tiempo se ha ido erosionando exponencialmente, además el alto precio de insumos y fertilizantes, entorpecen la correcta producción de pastos y forrajes.

En la actualidad nos encontramos con la necesidad de producir alimento de manera permanente y de buena calidad nutritiva para los animales, es por eso que se plantea el cultivo de forraje verde hidropónico (FVH) como solución a la problemática mencionada anteriormente, esta metodología de cultivo concede ciertas ventajas en cuestión a espacio, operatividad, calidad nutritiva, sanidad y reducción de costos (Al-Karaki y Al-Hashimi, 2011).

Ventajas y desventajas del cultivo sin suelo

Tabla 6

Principales pros y contras del uso de cultivos sin suelo

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| Óptima relación aire – agua en el sistema radicular. | Pueden aparecer enfermedades radiculares. |
| Permite el ahorro de agua y fertilizantes, y se puede emplear gran variedad de sustratos del medio local. | Se requiere de gran precisión en el manejo del riego nutrición. |
| En sistemas cerrados se limita la contaminación de suelos y acuíferos | El desecho de sustratos o plásticos puede resultar contaminante sin el control adecuado |

Nota. Recuperado de (Baixauli y Aguilar, 2002).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Ubicación y características geográficas del área de estudio

La ejecución de esta investigación se llevó a cabo dentro del galpón de especies menores e invernadero de horticultura del predio de la Hacienda “El Prado” instalación donde funciona la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, barrio San Fernando. Se ubica geográficamente a $78^{\circ}24'44''$ E, $0^{\circ}23'20''$ S, en una altura de 2748 msnm con longitud: -78.4167 y latitud: -0.38333.

Figura 1

Mapa satelital de las áreas de trabajo dentro de la Hacienda “El Prado”



Nota: Galpón de especies menores (naranja), invernadero de horticultura (verde). Tomado de (Google Maps, 2022).

Materiales

Equipos y materiales de laboratorio

- Estufa
- Molino
- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Equipo completo de Soxhlet
- Desecador
- Soportes universales
- Matracas Erlenmeyer (250 ml y 500 ml)
- Papel filtro

- Esferas de vidrio
- Mufla
- Crisoles
- Cápsulas de porcelana

- Mortero
- Tubos de ensayo
- Espectrofotómetro de Absorción
- Atómica Perkin Elmer

Reactivos

- Acetona 100%
- Ácido clorhídrico 1N
- Hidróxido de sodio 1N
- Ácido nítrico

Equipos, insumos y reactivos de campo

Sistema hidropónico

- Plástico de polietileno blanco
- Sustrato: Piedra pómez
- Sistema de riego con goteros no compensados
- Bombas sumergibles ½ hp
- Tanques de 200 litros
- Timer o temporizadores de agua
- Hoz
- Estacas
- Tijera de podar
- Piola y alambre

Ensayo en animales

- Comederos
- Balanza
- Cinta métrica
- Envases plástico

Métodos

Cultivo hidropónico

Generalidades de la implementación

Se construyeron seis camas de forma rectangular con la siguiente dimensión 9 x 0.8 x 0.3 metros. Las camas se llenaron de piedra pómez a una altura de 0.25 metros.

La siembra se realizó en dos hileras y utilizaron semillas de alfalfa variedad CUF 101, y se respetó la distancia recomendada de 0.15 metros entre plantas e hileras.

Para el suministro de la solución nutritiva se requirió de la implementación del sistema de riego completo el cual contaba dos tanques de 200 litros para abastecer de nutriente a todo el cultivo, dos bombas sumergibles, dos timers temporizadores de agua que permiten la automatización del sistema y mangueras de riego con goteros no compensados.

Figura 2

Evidencia del cultivo de FVH de alfalfa



Nota. Cultivo hidropónico. Autoría propia.

Fertilización

Al inicio del cultivo, el suministro de solución nutritiva fue de 4 minutos repartidos en la mañana y en la tarde durante tres días a la semana, a partir del segundo corte (45 días) se consideró un riego de 6 minutos diarios separados en dos frecuencias (mañana y tarde).

Tabla 7*Solución nutritiva empleada*

| Fuente | Cantidad g/m³ | Ca²⁺ | Mg²⁺ | K⁺ | Fe²⁺ | N | P | S |
|----------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Nitrato de calcio | 491.3 | 120 | - | - | - | 83.8 | - | - |
| Fosfato monopotásico | 52.2 | - | - | 15 | - | - | 11.8 | - |
| 19 – 19 – 19 | 132 | - | - | 20.75 | - | 25 | 10.91 | - |
| Sulfato de magnesio | 243.4 | - | 24 | - | - | - | - | 31.67 |
| Quelato de Fe | 34.21 | - | - | - | 5 | - | - | - |
| Suma | 953.11 | 120 | 24 | 35.75 | 5 | 108.8 | 22.71 | 31.67 |

Nota. Se presenta la solución nutritiva suministrada, las fuentes de nutrientes y las respectivas cantidades. Adaptado de (Carrasco, 2023).

Crianza de animales

Se empezó con el destete de los 32 animales machos, en este caso se realizó un destete normal (14 días después del nacimiento), una vez separado al gazapo de su madre se desparasito utilizando una dosis de 0.003 ml de ivermectina por gazapo, posteriormente se procedió a pesar y a identificar a cada uno de los animales para dividirlos en 16 subgrupos con pesos uniformes.

Seguidamente se ubicaron aleatoriamente dos gazapos por poza la cual estaba previamente identificada, en cada poza se contó con un comedero.

El ensayo estuvo compuesto de cuatro tratamientos conformados con 8 cuyes cada uno, se manejó líneas Auqui, Rosario y San Luis, estos animales fueron sometidos a la suplementación o no de FVH de *Medicago sativa*, durante 11 semanas (etapa crecimiento engorde), se tuvo un peso promedio inicial de 310,97 gramos. El manejo diario consistió en alimentar los animales con rangos entre 30 – 40% de forraje verde en base al peso vivo, con esta referencia se procedió a suplementar con el 10%, 20% o 30% de FVH. En cuanto al suministro de concentrado se inició otorgando 40 gramos por poza, después de cuatro semanas se aumentó a 70 gramos durante otras cuatro semanas más y en las tres últimas

semanas se suministró 100 gramos por poza, esto se realizó en base a las recomendaciones de (Bioalimantar, 2019) que relata los rangos óptimos de consumo de concentrado según la edad del animal.

Adicionalmente se pesó diariamente el residuo de cada una de las fuentes de alimento (forraje convencional, FHV y concentrado). Y cada semana se tomaron datos de peso, largo y perímetro abdominal.

Ante la presencia de Linfadenitis en el galpón que es una enfermedad que produce abscesos paralelos a los ganglios linfáticos, además es considerada zoonótica y es muy contagiosa entre animales. Ante la problemática mencionada se decidió inocular a todos los animales del estudio (n = 32) con la vacuna Cuy – Con – Vac + L de laboratorios Llaguno, se administraron dos dosis de 0.5 ml con un lapso de separación entre dosis de un mes, esto se hizo como medida preventiva.

Con el tema de evidencia de ácaros o piojos se realizó una fumigación estricta en todo el galpón y a los animales del ensayo se les aplicó Ectosules 6% vía tópica detrás de la oreja.

Como medida de limpieza y sanidad, las pozas fueron estrictamente limpiadas cada 15 días, esta limpieza consistía en retirar todos los residuos biológicos (tamo, heces y residuos de alimento), posterior a eso se colocó una capa de cal y encima tamo, una vez adecuadas las posa se fumigaron con el producto Fulltrex con una dosificación de 5 ml por cada litro de agua.

Análisis experimental

Se evaluaron dos factores el tiempo y la suplementación o no con FVH de alfalfa, todos los animales se manejaron bajo las mismas condiciones por lo que los efectos ambientales se excluyeron mediante la aleatorización de los tratamientos.

Tratamientos

Tabla 8

Descripción de los tratamientos evaluados

| Tratamiento | Descripción |
|--------------------|---|
| T0 | <i>Cavia porcellus</i> alimentados con ración de alimento concentrado comercial y mezcla forrajera (dieta normal) |
| T1 | Dieta normal + 10% de suplementación de FVH de alfalfa |
| T2 | Dieta normal + 20% de suplementación de FVH de alfalfa |
| T3 | Dieta normal + 30% de suplementación de FVH de alfalfa |

Nota. Se presentan los tratamientos a evaluar, el porcentaje de suplementación se lo hace en base al requerimiento de materia verde. Autoría propia.

El alimento se suministró posterior al pesaje de residuos para así determinar el consumo de alimento de los animales de cada poza.

El forraje convencional estaba delimitado por una mezcla forrajera que comprendía kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), trébol (*Trifolium sp.*) y ryegrass (*Lolium sp.*).

A continuación, se presentan los análisis bromatológicos de los componentes de la dieta y los tratamientos

Tabla 9

Resultado del análisis bromatológico de las dos fuentes de materia verde

| Tipo de forraje | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasa (%) | Fibra (%) | Ceniza (%) |
|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Forraje convencional | 25,615 | 10,093 | 4,930 | 12,577 | 5,672 |
| FVH | 45,343 | 27,324 | 3,472 | 27,450 | 9,915 |

Nota. Valoración bromatológica de los dos tipos de forraje suministrado. Autoría propia.

Como se puede ver en la tabla numéricamente el forraje convencional presenta inferioridad con respecto al FVH en cuanto a los parámetros nutricionales evaluados.

Tabla 10

Resultado del análisis bromatológico de las dietas evaluadas

| Tratamiento | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasa (%) | Fibra (%) | Ceniza (%) |
|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| T0 | 25,353 | 17,028 | 4,039 | 19,211 | 5,445 |
| T1 | 37,333 | 24,056 | 4,911 | 22,515 | 9,411 |
| T2 | 38,248 | 24,655 | 4,936 | 20,019 | 9,556 |
| T3 | 40,289 | 25,046 | 5,057 | 20,999 | 14,185 |

Nota. Análisis bromatológico de las dietas suministradas. Autoría propia.

Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), del cual su modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \eta_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la variable a medir

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo nivel de suplementación de FVH.

η_{ijk} = error de experimental

Croquis experimental

Figura 3

Croquis experimental del ensayo

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | T3 | T3 | T0 |
| T2 | T0 | T1 | T2 |
| T1 | T0 | T0 | T2 |
| T3 | T2 | T1 | T3 |

Nota. Se presenta la conformación de los tratamientos asignados al azar en las 16 unidades experimentales. Autoría propia.

Variables de estudio

Se registró valores de parámetros zootécnicos y mediante análisis de laboratorio se

evaluó la calidad de la carne.

Parámetros zootécnicos

Peso, largo y perímetro abdominal

Se pesó, y midió semanalmente a todos los animales en ayunas, para determinar el resultado de estas variables se calculó el incremento de peso (g), largo (cm) y perímetro abdominal (cm), mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Incremento semanal} = \text{Valor semana } n - \text{Valor semana } 0$$

El valor de n comprende desde la primera hasta la onceava semana. Y 0, es el valor inicial de peso, largo y perímetro abdominal.

Consumo de alimento

Se determinó mediante el pesaje del alimento sobrante por cada poza, como se tuvo tres fuentes de alimento, se las pesó por separado. Posterior a eso se resta del alimento suministrado que está relacionado con el peso vivo del animal, para determinar el valor de consumo de alimento por poza se empleó la siguiente ecuación.

$$\text{Consumo de alimento (g)} = \text{Peso alimento suministrado} - \text{Peso alimento sobrante}$$

Tomando en cuenta que se tuvo dos animales por poza, para determinar el estimado de consumo de alimento por animal se empleó el siguiente factor.

$$\text{Consumo de alimento (g)} = \frac{\text{Peso del animal 1 (g)}}{\text{Peso del animal 2 (g)}} * 100$$

El factor C representa el consumo neto de la poza, es decir la resta entre alimento suministrado y sobrante.

Factor de conversión alimenticia FCA

Se estimó el FCV para cada animal mediante la siguiente ecuación.

$$\text{FCA} = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado en un período de tiempo (kg)}}{\text{Ganancia de peso en un período de tiempo (kg)}}$$

Mortalidad

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de cuyes muertos}}{\text{Número total de cuyes por tratamiento}} \times 100$$

Rendimiento a la canal

Para la obtención de este valor, se seleccionaron aleatoriamente dos animales por tratamiento y se registró su peso vivo en el momento, posteriormente estos animales fueron sacrificados, pelados y eviscerados, se registró el peso (g) del animal sin pelo, sangre y vísceras (peso de canal). Para determinar el porcentaje del rendimiento a la canal se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento a la canal (\%)} = \frac{\text{Peso canal (g)}}{\text{Peso vivo (g)}} * 100$$

Es importante mencionar que los animales fueron sacrificados después de 12 horas de ayuno.

Análisis de la composición de carne de cuy

Para realizar estos análisis se procedió a obtener muestras de aproximadamente 700 gramos de pulpa (carne extraída de la carcasa) con la que se preparó una pasta (carne totalmente triturada), esto para cada tratamiento (t = 4).

Se analizaron los siguientes parámetros: humedad, grasa, fibra, ceniza, calcio y fósforo, estas pruebas se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Agua y Foliar dentro de la Hacienda El Prado. Para la obtención del valor de proteína o nitrógeno se enviaron aproximadamente 400 gramos de la pasta a INIAP extensión Santa Catalina.

Las muestras de pasta que se evaluaron dentro de la institución fueron llevadas al laboratorio, se procedió a pesar aproximadamente 210 gramos de pasta de cuy por tratamiento, esta muestra fue colocada en platos de papel aluminio previamente identificados, finalmente se introdujo las mismas a la estufa durante 48 horas a 96°C.

Luego del lapso de tiempo mencionado se pesó la muestra seca y con la ayuda de un martillo se trituró completamente el material cárnico, para después colocar en frascos de

muestras biológicas estériles, uno para tratamiento.

Humedad

Como se mencionó anteriormente la humedad se determina por diferencia de pesos antes y después de que sea sometida a altas temperaturas en un periodo de tiempo determinado, este valor se obtuvo mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra fresca (g)} - \text{Peso de la muestra seca (g)}}{\text{Peso de la muestra fresca (g)}} * 100$$

Proteína

Para la obtención de proteína las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Estación Experimental Santa Catalina.

Las muestras se evaluaron utilizando el método Kjeldahl que permite la cuantificación del nitrógeno de muestras orgánicas e inorgánicas, este método descrito por Helrich (1990) consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración (AppliChem, 2018).

A continuación se muestra la expresión matemática que permite calcular el valor de proteína bruta (PB).

$$\text{Nitrógeno (\%)} = \frac{14 * N * V * 100}{m * 1000}$$

Dónde: N representa a la normalidad de la solución. V al gasto de titulación de ácido clorhídrico (0.1N). Y *m* equivale a la masa de la muestra (g).

Fibra

Se calculó mediante el método gravimétrico en cual expone a la muestra a ácidos y álcalis bajo condiciones estandarizadas (FAO, 2010).

$$\text{FC (\%)} = \frac{\text{Peso del papel con muestra (g)} - \text{Peso del papel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$

Extracto etéreo (EE)

Se realizó bajo la metodología del método Soxhlet que se fundamenta en la separación de sólidos y líquidos para la determinación de grasa de muestras de diferente origen (Technilab, 2022).

$$EE (\%) = \frac{\text{Peso del balón con muestra final(g)} - \text{Peso del balón inicial (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$

Ceniza

Se utilizó el método gravimétrico, que consiste en incinerar la muestra dentro de la cámara de extracción de gases, posteriormente la muestra pasa a una placa de extracción de gases y finalmente se coloca en la mufla que maneja una temperatura de 500°C.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso final(g)} - \text{Peso del crisol (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$

Calcio

Se ocupó el equipo de espectrometría de absorción atómica (EAA) mediante la metodología estándar que tiene una presión de 1% y maneja errores menores al 10% (Rodríguez y Leone Kam, 2022).

Fósforo

Se realizó bajo el método que permite la lectura de fosfatos fundamentado en la creación una solución madre con mezcla de reactivos (ácido nítrico, molibdato de amonio y nitrato de vanadato) que faculta el poder medir la absorción de luz a 420 nm (Universidad Pablo de Olavide, 2003).

Análisis estadístico

Los datos se caracterizaron mediante estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación). Para comparar las variables entre tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para un diseño completamente al azar (DCA). Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias de Duncan al 5%. Todos los análisis se realizaron utilizando el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al análisis de resultados es conveniente mencionar que no se presentó pérdidas de animales durante todo el ensayo, permitiendo tener una mortalidad de 0% para todos los tratamientos.

Ganancia de peso

Al analizar el incremento de peso de los cuyes, se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 11), se registró que T1 a partir de la semana 8 tuvo una ganancia de peso superior a todos los demás tratamientos (T0, T2 y T3), llegando a la semana 11 con una diferencia positiva de 186,5, 96,25 y 157,5 g, en comparación con los tratamientos T0, T2 y T3 respectivamente.

El peso final promedio de T1 registrado a las 11 semanas de suplementación de alfalfa (FVH) fue de 1186,38 g, es decir 270,68 g superior a lo reportado por Hinojosa *et al.* (2022) quienes proporcionaron a los cuyes una dieta en con un tipo de FVH + alfalfa, a pesar de que el alimento fue suministrado ad libitum, no se obtuvieron pesos adecuados (1000 – 1200 g) a la edad de saca (11 semanas).

Los resultados de este ensayo son mayores a los reportados por Collago (2016) quien indicó a la semana 11 una ganancia de peso máxima acumulada de 423, 8 g utilizando una dieta mixta de forraje verde de alfalfa (40%) más balanceado (60%), permitiendo inferir que el FVH sí posee mejores características nutricionales en comparación al forraje convencional.

Torres (2017) reporta incrementos de peso promedio de 742,67; 766,67; 795,33; 813,67 g en la semana 8 al suministrar balanceado suplementado con 10, 15, 20 y 25% de alfalfa en base al peso vivo respectivamente, este valor es superior a los datos de todos los tratamientos de este ensayo en la misma semana; de este resultado se puede deducir que en el experimento realizado por este autor la alimentación animal se basa en el balanceado que es

una fuente altamente energética y proteica, lo que no sucede en esta investigación maneja una dieta mixta en la cual predomina el forraje.

Tabla 11

Promedio \pm Desviación estándar del incremento de peso (gramos) en cuyes (Cavia porcellus) suplementados a distintas concentraciones de FVH de alfalfa (Medicago sativa)

| Tratamiento | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 46,13 \pm 22,79 ^a | 59,75 \pm 18,44 ^b | 63,75 \pm 10,5 ^{ab} | 60,63 \pm 11,35 ^{ab} |
| 2 | 98,75 \pm 24,34 ^a | 131,63 \pm 25,68 ^b | 124,13 \pm 18,08 ^{ab} | 117,88 \pm 15,87 ^{ab} |
| 3 | 164,88 \pm 36,85 ^a | 201,50 \pm 22,37 ^b | 198 \pm 25,22 ^{ab} | 176,5 \pm 22,87 ^a |
| 4 | 228,13 \pm 60,11 ^a | 276,13 \pm 36,45 ^b | 268,88 \pm 28,09 ^{ab} | 237,5 \pm 31,98 ^a |
| 5 | 290,5 \pm 68,02 ^a | 360,25 \pm 38,86 ^b | 341,5 \pm 34,73 ^{ab} | 304,25 \pm 44,95 ^a |
| 6 | 363 \pm 65,52 ^a | 447,00 \pm 37,65 ^b | 417,63 \pm 42,61 ^{ab} | 371,25 \pm 56,74 ^a |
| 7 | 417,88 \pm 75,19 ^a | 531,88 \pm 41,26 ^c | 492,75 \pm 50,71 ^{bc} | 440,13 \pm 67,85 ^{ab} |
| 8 | 487,88 \pm 74,88 ^a | 611,00 \pm 43,94 ^b | 563,25 \pm 58,33 ^a | 506,88 \pm 78,14 ^a |
| 9 | 548,5 \pm 87,41 ^a | 699,00 \pm 37,57 ^c | 636,88 \pm 62,34 ^b | 573 \pm 92,24 ^{ab} |
| 10 | 615,38 \pm 90,54 ^a | 787,13 \pm 39,12 ^b | 707,88 \pm 64,13 ^a | 645,88 \pm 102,49 ^a |
| 11 | 681,38 \pm 92,17 ^a | 876,88 \pm 39,73 ^b | 780,63 \pm 66,52 ^c | 719,38 \pm 111,01 ^{ac} |

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Autoría propia.

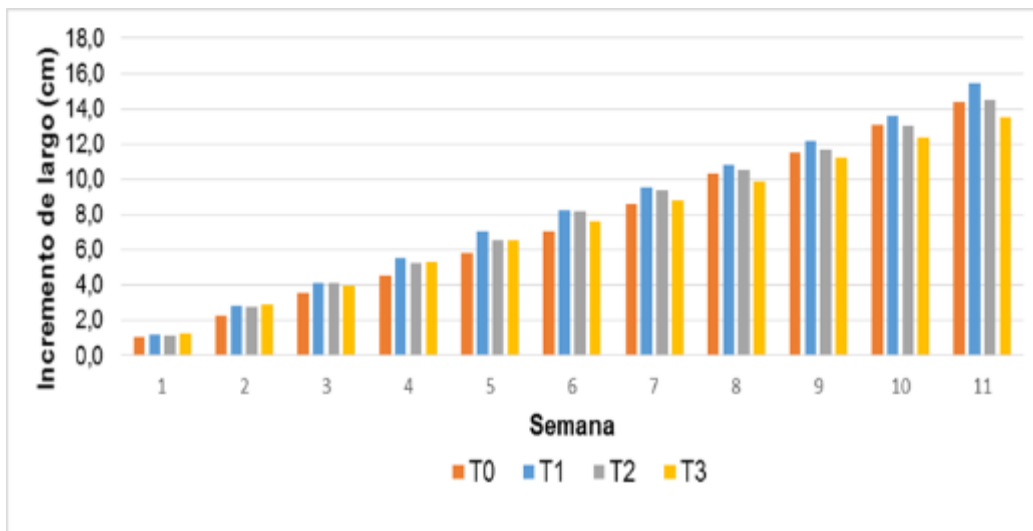
Incremento de largo

Los tratamientos utilizados en este estudio no tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el incremento de largo de los animales (cm) durante las semanas evaluadas ($p > 0,05$), sin embargo, los animales suplementados con el 10% de FVH (T1) a partir de la semana 4 obtuvieron una mayor longitud comparados con los demás tratamientos (Figura 4).

Al final del estudio T0, T1, T2 y T3, presentaron un largo de 29,38; 31; 29,25 y 29,13 cm respectivamente, siendo el T1 matemáticamente superior, los datos reportados concuerdan con lo encontrado por Mendoza (2015) quien menciona que el largo promedio de cuyes al faenamiento o al finalizar la etapa de engorde está comprendido entre 22 a 33,6 cm.

Figura 4

Efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (*Medicago sativa*) en el incremento de largo (centímetros) en cuyes (*Cavia porcellus*)



Nota. Prueba Kruskal-Wallis ($p > 0,05$). Autoría propia.

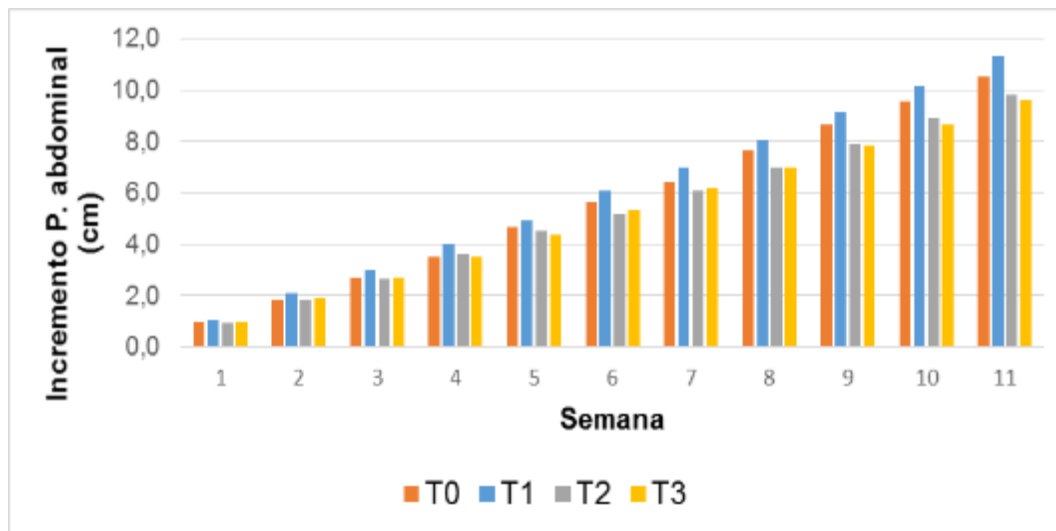
Incremento del perímetro abdominal

En cuanto al aumento de la circunferencia o perímetro abdominal, durante todo el ensayo no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), sin embargo los animales suplementados con el 10% de FVH (T1) obtuvieron los mejores resultados con un incremento de perímetro abdominal promedio de 11,3 cm (Figura 5).

Para la semana 11, T0, T1, T2 y T3, presentaron un perímetro abdominal de 28,13; 29,63; 28,5 y 28,01 cm respectivamente, siendo el T1 matemáticamente superior a los demás, estos datos son superiores a lo reportado por Mendoza (2015) quien menciona que, el contorno del cuerpo promedio de cuyes al finalizar la etapa de engorde puede variar entre 21,4 a 24,9 cm.

Figura 5

Efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (*Medicago sativa*) en el incremento del perímetro abdominal (centímetros) en cuyes (*Cavia porcellus*)



Nota. Prueba de Análisis de la varianza, comparación Duncan 5% ($p > 0,05$).
Autoría propia.

Consumo de alimento

Al analizar el consumo de alimento semanal, se lo realiza de forma completa es decir contando el consumo de los dos tipos de forraje más balanceado, según los tratamientos. En base a lo mencionado se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 11), se registró que T1 a partir de semana 5 tuvo un mayor consumo de alimento, lo que está relacionado con la ganancia de peso en comparación con los demás tratamientos, presentando en semana 11 un consumo de 1093,13 gramos más que el testigo (T0), con esto se puede destacar que con el 10% de suplementación de alfalfa (FVH), se aprovecha de mejor manera el forraje suministrado (dos tipos), sin embargo con los tratamientos T2 y T3 se observó un evento contrario, pues al tener mayor nivel de suplementación de forraje verde hidropónico (FVH) de alfalfa dejaron a un lado al forraje convencional, se asume que esto se debe a la palatabilidad, sin embargo esta reacción de los animales ocasionó que tengan menor peso al finalizar

(semana 11), además de observar mayor cantidad de alimento sobrante en poza lo que se traduce en desperdicio de alimento.

Los datos de consumo encontrados al finalizar la etapa de engorde de los cuyes de los tratamientos T1, T2 y T3 son superiores a lo encontrado por Alvarado (2020) quien al suministrar una dieta de alfalfa + balanceado tuvo un consumo de alimento de 3248,0 a 3290,6 g/semana, sin embargo, el testigo del presente estudio se encuentra bajo ese rango, esto puede estar relacionado con la ausencia de suplementación con FVH, palatabilidad de la mezcla forrajera suministrada y calidad nutricional del alimento (Flores Velasco, 2021).

Quintana *et al.* (2013) quienes evaluaron una dieta de forraje verde de alfalfa ad libitum + concentrado, indican a la semana 10 un consumo de alimento de 2794 g y una ganancia de peso de 522 g, contrastando la información con la obtenida a la misma semana, se ultima que dichos resultados son inferiores para T1, T2 y T3, para el caso de T0 el consumo de alimento es superior con 252 g en relación al obtenido en esta investigación, sin embargo la ganancia de peso es 93 g mayor, esta reacción de consumo de alimento se asume que está directamente relacionada con la palatabilidad de las fuentes de forraje suministradas.

Tabla 12

Promedio ± Desviación estándar del consumo de alimento (gramos) en cuyes (Cavia porcellus) suplementados a distintas concentraciones de FVH de alfalfa (Medicago sativa)

| Semana | Tratamiento | Media ± D.E. F.convencional | Media ± D.E. FVH | Media ± D.E. Concentrado | Media ± D.E. Consumo total |
|--------|-------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | T0 | 392,75±163,07 ^a | 0 | 60,63±7,46 ^{ab} | 453,38±167,53 ^a |
| | T1 | 518,63±77,09 ^b | 58,38±8,63 ^a | 69,63±8,01 ^b | 646,63±87,08 ^b |
| | T2 | 393,75±76,57 ^a | 73,25±21,04 ^a | 60±12,16 ^{ab} | 527,00±91,64 ^a |
| | T3 | 378,25±58,58 ^a | 121,75±12,07 ^b | 55,88±8,76 ^b | 555,88±58,16 ^{ab} |
| 2 | T0 | 617,5±192,66 ^a | 0 | 69±7,48 ^{ab} | 686,50±196,85 ^a |
| | T1 | 828,63±66,51 ^b | 84,25±6,92 ^a | 72,5±4,8 ^b | 985,38±76,25 ^b |
| | T2 | 632,75±83,69 ^a | 120,37±20,33 ^b | 64,63±5,38 ^a | 817,75±102,35 ^c |
| | T3 | 600,63±53,8 ^a | 189,50±15,69 ^c | 69,13±6,88 ^{ab} | 859,25±70,11 ^c |
| 3 | T0 | 819,63±231,54 ^{ab} | 0 | 76,25±9,03 ^{ab} | 895,88±235,93 ^a |
| | T1 | 960,13±76,64 ^b | 101,50±7,41 ^a | 79,63±7,6 ^b | 1141,25±89,23 ^b |
| | T2 | 803,38±93,72 ^a | 154,25±24,12 ^b | 68,63±5,9 ^a | 1026,25±117,99 ^{ab} |
| | T3 | 733,63±55,34 ^a | 234,25±21,64 ^c | 74±6,89 ^{ab} | 1041,88±75,88 ^{ab} |
| 4 | T0 | 1102,88±202,61 ^{ab} | 0 | 127,63±15,6 ^a | 1230,50±213,72 ^a |
| | T1 | 1330,38±122,24 ^c | 138,63±14,51 ^a | 145,13±12,35 ^b | 1614,13±127,43 ^b |
| | T2 | 1139,13±86,51 ^b | 211,00±17,52 ^b | 138,88±13,64 ^{ab} | 1489,00±106,23 ^{bc} |
| | T3 | 984±90,88 ^a | 307,13±18,21 ^c | 137±10,11 ^{ab} | 1428,13±110,64 ^c |
| 5 | T0 | 1278,13±248,93 ^a | 0 | 143,24±16,37 ^a | 1421,38±358,69 ^a |
| | T1 | 1578,88±131,14 ^b | 147,88±18,47 ^a | 147,75±12,36 ^a | 1874,50±155,63 ^b |
| | T2 | 1310,25±89,46 ^a | 221,88±26,56 ^b | 140,63±8,52 ^a | 1672,75±118,12 ^c |
| | T3 | 1179,63±113,14 ^a | 359,50±29,96 ^c | 147,88±10,81 ^a | 1687,00±150,56 ^c |
| 6 | T0 | 1467,13±231,69 ^a | 0 | 146,5±15,98 ^a | 1613,63±240,34 ^a |
| | T1 | 1814,13±145,55 ^b | 179,50±18,24 ^a | 154,75±12,59 ^a | 2148,38±163,11 ^b |
| | T2 | 1536,5±99,22 ^a | 276,50±16,76 ^b | 143,38±10,99 ^a | 1956,38±119,85 ^c |
| | T3 | 1349,13±119,84 ^a | 405,88±33,25 ^c | 143,88±11,53 ^a | 1898,88±63,02 ^c |
| 7 | T0 | 1613,13±245,99 ^a | 0 | 142,88±14,3 ^a | 1756,00±255,75 ^a |
| | T1 | 2023,13±155,81 ^b | 195,50±19,10 ^a | 152,63±10,42 ^a | 2371,25±178,88 ^b |
| | T2 | 1704,38±110,61 ^a | 298,13±24,20 ^b | 144,25±8,39 ^a | 2146,75±139,45 ^c |
| | T3 | 1549±158,91 ^a | 445,00±44,14 ^c | 149,25±13,3 ^a | 2143,25±214,11 ^c |
| 8 | T0 | 2076,88±277,08 ^a | 0 | 229,38±24,07 ^a | 2306,25±297,33 ^a |
| | T1 | 2568,25±198,68 ^b | 254,38±20,09 ^a | 220,63±17,13 ^a | 3043,25±228,33 ^b |
| | T2 | 2180,88±119,36 ^a | 382,50±20,21 ^b | 188,63±21,96 ^b | 2752,00±148,09 ^c |
| | T3 | 1990,5±207,06 ^a | 564,38±58,74 ^c | 191,5±20,25 ^b | 2746,38±279,89 ^c |
| 9 | T0 | 2178,25±295,17 ^a | 0 | 192,25±23,39 ^a | 2370,50±312,74 ^a |
| | T1 | 2730,5±193,86 ^b | 281,50±19,50 ^a | 213,13±14,1 ^b | 3225,13±217,71 ^b |
| | T2 | 2308,75±117,86 ^a | 430,50±29,74 ^b | 186,25±12,62 ^a | 2925,50±152,01 ^c |
| | T3 | 2124,5±248,33 ^a | 624,75±82,72 ^c | 196,38±24,05 ^{ab} | 2945,63±352,30 ^c |
| 10 | T0 | 2345±277,31 ^a | 0 | 197,75±27,45 ^a | 2542,75±298,53 ^a |
| | T1 | 3004,13±198,11 ^b | 309,75±21,59 ^a | 202,63±18,26 ^a | 3516,50±229,39 ^b |
| | T2 | 2497±108,84 ^a | 467,25±20,02 ^b | 201,38±9,83 ^a | 3165,63±133,15 ^c |
| | T3 | 2318,38±268,52 ^a | 667,88±82,95 ^c | 198±20,95 ^a | 3184,25±370,34 ^c |
| 11 | T0 | 2521,5±284,18 ^a | 0 | 178,75±18,09 ^a | 2700,25±299,04 ^a |
| | T1 | 3270,75±284,87 ^b | 329,38±22,69 ^a | 193,25±24,26 ^{ab} | 3793,38±303,81 ^b |
| | T2 | 2690,38±171,79 ^a | 492,25±18,30 ^b | 199,38±21,74 ^{ab} | 3382,00±203,56 ^c |
| | T3 | 2508,88±276,58 ^a | 725,25±94,91 ^c | 203±18,99 ^b | 3437,13±371,78 ^c |

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Autoría propia.

Factor de conversión alimenticia (FCA)

Se analiza este parámetro tomando en cuenta el consumo total de alimento (dieta), durante las primeras 5 semanas no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$), a partir de semana 6 comienza a cambiar dicha tendencia, el valor más alto de factor de conversión alimenticia corresponde a T3, lo que se traduce que se requiere más cantidad de alimento para el aumento de 1 kg de peso, entre T0, T1 y T2, no existen diferencias significativas, por lo que al contrastar esta información con la ganancia de peso, la CA de T1 es la que mejor resultados ha mostrado en cuanto al aumento del peso vivo de los animales (Tabla 13).

Quintana *et al.* (2013) reportan al finalizar el ensayo (semana 10) un valor de conversión alimenticia de 5,3, este dato es matemáticamente superior a los obtenidos, se sabe que la conversión alimenticia, valora de forma indirecta los insumos empleados en las dietas en base a su digestibilidad, absorción y calidad de nutrientes, al haber obtenido un índice de conversión alimenticia (ICA) menor se asevera que las dietas suministradas tuvieron una digestibilidad y palatabilidad aceptable.

Los valores obtenidos se asemejan en cierto grado al conseguido por Canales (2013) quien reporta a la semana 11 un ICA de 4,83 suministrando una dieta de 70% alfalfa + 30% concentrado se debe mencionar que el autor notifica que con dicha alimentación otorga 20% de proteína, para el caso del presente estudio se otorgó 17,03; 24,06; 24,65 y 25,05% de proteína para T0, T1, T2 y T3 respectivamente, se conoce contenido de proteína de las raciones alimenticias beneficia la eficiencia digestiva del animal.

Jaramillo (1999) reporta resultados de conversión alimenticia entre 3.21 a 3.44, los animales fueron alimentados en base una mezcla forrajera de ryegrass, kikuyo, tréboles y malas hierbas, dicha dieta es similar a la suministrada a T0 en el presente estudio, sin embargo se presenta un mejor índice de conversión alimenticia, permitiendo asumir que la calidad actual del forraje de la Hacienda El Prado ha bajado su calidad nutricional en comparación a años atrás.

Tabla 13

Promedio ± Desviación estándar del efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (Medicago sativa) en el FCA en cuyes (Cavia porcellus)

| Tratamiento | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 13,23±9,36 | 11,03±4,96 | 8,50±2,32 | 9,55±2,48 |
| 2 | 7,06±1,76 | 7,37±2,13 | 6,69±1,13 | 7,42±1,21 |
| 3 | 5,45±0,93 | 5,52±1,09 | 5,24±0,69 | 5,97±0,69 |
| 4 | 5,65±1,26 | 5,64±0,76 | 5,58±0,54 | 6,07±0,59 |
| 5 | 5,02±0,97 | 5,02±0,52 | 4,93±0,47 | 5,60±0,56 |
| Semana 6 | 4,50±0,60 ^a | 4,61±0,37 ^a | 4,71±0,38 ^{ab} | 5,17±0,43 ^b |
| 7 | 4,25±0,57 ^a | 4,28±0,31 ^a | 4,38±0,32 ^a | 4,91±0,36 ^b |
| 8 | 4,77±0,58 ^a | 4,75±0,31 ^a | 4,91±0,31 ^a | 5,46±0,34 ^b |
| 9 | 4,36±0,53 ^a | 4,43±0,25 ^a | 4,61±0,27 ^a | 5,18±0,35 ^b |
| 10 | 4,17±0,47 ^a | 4,29±0,21 ^a | 4,49±0,26 ^a | 4,96±0,27 ^b |
| 11 | 4,00±0,53 ^a | 4,17±0,45 ^a | 4,35±0,32 ^a | 4,82±0,37 ^b |

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Autoría propia.

Rendimiento a la canal

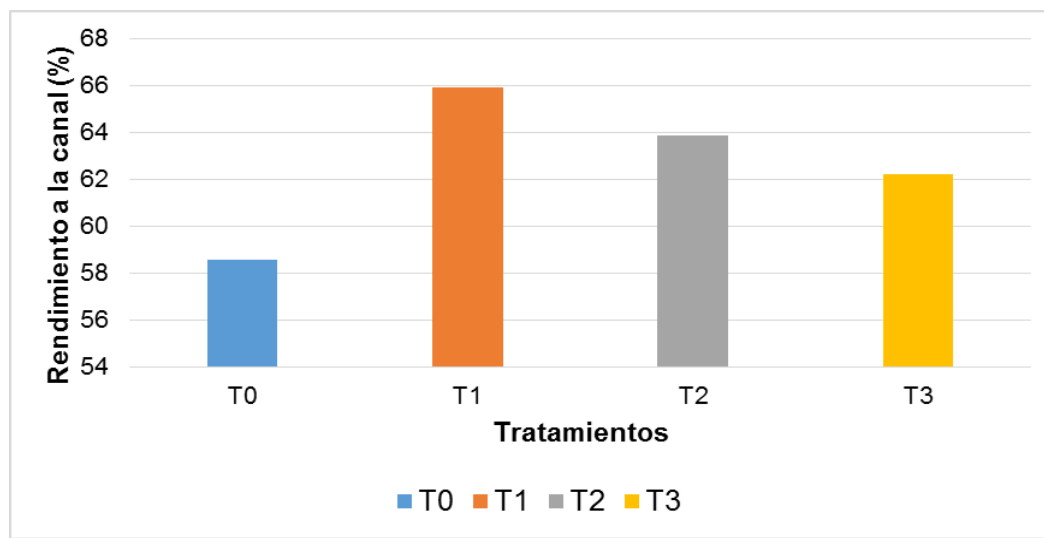
El rendimiento a la canal presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo todos T1, T2 y T3 estadísticamente superiores al tratamiento T0, aunque entre estos no se observó una diferencia estadística, matemáticamente el tratamiento T1, tuvo mayor % de rendimiento a la canal superándolos en 2,07 y 3,73 % a T2 y T3 respectivamente.

Estos valores son menores al reportado por Hinojosa *et al.* (2022) quienes al suministrar una dieta de FVH + alfalfa obtuvo un rendimiento a la canal de 69,87%. Mendoza (2015), presenta resultados superiores al suministrar una dieta en base a forraje de alfalfa verde + hojas de maíz + balanceado, pues indica que el rendimiento a la canal se encuentra entre 72,04 a 73,24%, mientras que Flores *et al.* (2015) reportan porcentajes de rendimiento a la canal menores a los obtenidos en este ensayo (51,4 – 52%), otorgando a los animales una dieta mixta (alfalfa + residuos de cosecha + balanceado) en cuyes criollos. Es importante

mencionar que la cantidad de carne aprovechable está relacionada con las líneas o razas, calidad genética, factores ambientales y alimentación durante toda la vida del animal.

Figura 6

Efecto de la suplementación alimenticia de tres niveles de FVH de alfalfa (Medicago sativa) en el rendimiento a la canal (%) de cuyes (Cavia porcellus)



Nota. Prueba Kruskal-Wallis ($H = 23,85$; $p < 0,0001$). Autoría propia.

Composición de la carne

Al analizar los resultados del análisis bromatológico de la carne de cuy se evaluaron distintos parámetros en los cuales si se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) (Tabla 14).

En cuanto al % de humedad, T1 - T2 y T0 - T3, son estadísticamente iguales, sin embargo el tratamiento 2 presentó mayor porcentaje de humedad 3,37, 0,23 y 2,23 más que T0, T1 y T3 respectivamente, los valores de los tratamientos con niveles de suplementación de FVH concuerdan con lo reportado por Flores *et al.* (2017) quienes indican que los cuyes criollos y andinos alimentados con alfalfa + residuos de cosecha + balanceado presentan un contenido de humedad ente el 72,83 a 75,84%.

El contenido de proteína (%), ceniza (5), calcio (mg/g) y fósforo (mg/g) de T1 fue superior a todos los demás tratamientos, presentando una diferencia positiva de 3,36, 0,63, 2,82 y 2,7 unidades respectivamente en comparación al testigo.

Flores *et al.* (2017) reportan un contenido de proteína entre 18,55 a 19,39% en cuyes andinos y criollos, estos datos se asemejan a T0 y T3, en los cuales los animales obtuvieron los pesos más bajos del ensayo, sin embargo al comparar esta información con la carne evaluada bajo un nivel de suplementación del 10% de FVH se obtuvo un porcentaje mayor de proteína (21,94%) esto se debe a que el consumo de alimento de T1 fue el indicado, es decir no existió desperdicio alguno.

Buitrón, 2019 al analizar el contenido de la carne de cuyes tipo I, II, III (cuyes nativos) alimentados con alfalfa – *Medicago sativa* (45%), ryegrass – *Lolium sp.* (50%), Kikuyo - *Pennisetum clandestinum* y Llantén – *Plantago major* (5%) expone que el contenido de proteína es de 17,31; 18,98; 20,94; 20,72% respectivamente, estos valores se asemejan a los obtenidos para T0, T2 y T3, sin embargo son menores a T1.

En cuanto al contenido de grasa y ceniza Flores *et al.* (2017) reportan valores de 7,66 a 7,93% y de 1,08 a 1,21% para las variables mencionadas respectivamente, los datos de grasa son mayores en comparación a los obtenidos en este ensayo, lo que indica que hay poca infiltración a nivel muscular (carne). En cuanto al contenido total de minerales en los alimentos (ceniza), en el presente estudio se reportan valores mayores a los mencionados por (Flores *et al.*, 2017).

Según Pérez (2023) la carne de cuy presenta 29 miligramos de calcio y fósforo, tomando este valor como referencia los obtenidos en este ensayo resultan menores en todos los tratamientos, el calcio y el fósforo son menores en promedio de 5,9 y 3,97 miligramos respectivamente.

Tabla 14

Promedio ± Desviación estándar de parámetros bromatológicos de la carne de cuyes (Cavia porcellus) suplementados a distintas concentraciones de FVH de alfalfa (Medicago sativa)

| Tratamiento | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasa% | Fibra (%) | Ceniza (%) | Calcio (mg/g) | Fósforo (mg/g) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| T0 | 70,46±1,39 ^a | 18,58±1,07 ^a | 5,23±0,29 ^a | 7,33±0,70 ^a | 1,35±0,25 ^a | 21,27±1,00 ^a | 23,23±0,74 ^a |
| T1 | 73,60±1,39 ^b | 21,94±1,15 ^c | 5,36±0,29 ^{ab} | 11,69±1,48 ^b | 1,98±0,19 ^c | 24,09±1,33 ^b | 25,93±0,74 ^b |
| T2 | 73,83±1,48 ^b | 20,79±1,07 ^b | 5,95±0,42 ^c | 7,12±0,90 ^a | 1,58±0,19 ^b | 22,97±1,09 ^b | 25,39±1,08 ^b |
| T3 | 71,60±1,22 ^a | 19,53±1,21 ^a | 5,69±0,56 ^{bc} | 7,37±1,26 ^a | 1,43±0,19 ^{ab} | 24,07±1,33 ^b | 25,60±0,69 ^b |

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Autoría propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La alimentación dentro de una explotación caviícola es de suma importancia para generar índices productivos óptimos, la suplementación con forraje verde hidropónico (FVH) de alfalfa con un nivel del 10% a la dieta convencional durante 11 semanas (crecimiento – engorde) mostró un efecto favorable en los parámetros zootécnicos, el de mayor relevancia fue la ganancia de peso de los animales observándose un peso final promedio de 1186,38 gramos, mientras que para los niveles de suplementación 0%, 20% y 30 % se obtuvieron pesos finales promedio de 1021,5, 1079,73 y 1014,5 g respectivamente. En cuanto al incremento de largo y perímetro abdominal no existió diferencia estadística, sin embargo el 10% de suplementación presentó matemáticamente mejores resultados.
- El consumo de alimento y el factor de conversión alimenticia mostraron datos que favorecen la suplementación con 10% de FVH, pues se observó un menor desperdicio de alimento en poza permitiendo mayor ganancia de peso 876,88 g, requiriendo aproximadamente 4,17 kg de alimento para que al animal pueda ganar 1 kg de peso.
- El análisis bromatológico de la carne, permitió identificar que al suplementar la dieta en un nivel del 10% de FVH se obtiene una carne de alto valor proteico 21,94%, lo mismo sucede con el contenido no orgánico o minerales esenciales (ceniza) presentando un valor de 1,98%, al analizar los minerales calcio y fósforo se obtuvieron valores de 2,82 y 2,7 mg/g respectivamente superiores al presentado sin nivel de suplementación. Los % de humedad y grasa obtuvieron resultados mayores con un nivel de suplementación del 20% sin embargo estos valores no fueron estadísticamente diferentes al nivel de suplementación del 10%, permitiendo destacar este nivel de suplementación para la obtención de una proteína de origen animal de calidad.

Recomendaciones

- Se sugiere la suplementación alimenticia con un nivel de 10% de forraje verde hidropónico (FVH) de alfalfa en la dieta de cuyes en etapa de crecimiento - engorde, ya que en base a los resultados obtenidos permite mejorar el peso a saque y su vez aumenta la cantidad de proteína en carne.
- Los valores obtenidos permiten presentar como alternativa la suplementación con 20% de FVH en la dieta de cuyes, se debe tomar en cuenta bajar la cantidad de forraje convencional para evitar el desperdicio del alimento.
- Se recomienda el uso de este trabajo investigativo como fundamento teórico para la realización de aminogramas de la carne y así poder conocer la composición esquemática del % de proteína presentado.
- Realizar un estudio en el que se compare parámetros zootécnicos al alimentar a los animales con una dieta del 100% de FVH de alfalfa contra animales alimentados con 100% de alfalfa convencional, para determinar el beneficio e importancia del uso de esta tecnología de cultivo en la alimentación animal.

Bibliografía

- Acosta, Y. (2008). *Diferentes sistemas de alimentación de cuyes (Cavia porcellus) de engorde con la utilización de insumos alimenticios producidos en la selva central* [Tesis, Universidad Nacional del Centro de Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2889/AcostaPuñero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acurio, L. (2010). *Mejoramiento de la formulación de alimentos balanceados mediante el uso de residuo de galleta y sus efectos en la fase de engorde en "cuyes" (Cavia porcellus)* [Trabajo de Investigación, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/845/3/AL448.pdf>
- Agronet. (26 de mayo de 2020). *La alimentación estratégica promueve la sostenibilidad del sistema productivo del cuy*. Red de Comunicaciones Colombia.
<https://agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-alimentación-estratégica-promueve-la-sostenibilidad-del-sistema-productivo-del-cuy.aspx>
- Al-Karaki, G., y Al-Hashimi, M. (2011). Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Hydroponic Conditions. *ISRN Agronomy*, 12(3), 1–5.
<https://doi.org/10.5402/2012/924672>
- Alvarado, E. (2020). *Evaluación del rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo i alimentados con forraje verde hidropónico de cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa* [Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca].
https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4177/T016_71403282_T.pdf?sequence=1
- Andina Perú. (20 de septiembre de 2022). *Carne de cuy: estas son las bondades nutricionales de este alimento ancestral andino*. Agencia de Noticias.

- <https://andina.pe/agencia/noticia-carne-cuy-estas-son-las-bondades-nutricionales-este-alimento-ancestral-756728.aspx>
- AppliChem. (2018). *Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl* [Archivo PDF].
https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf
- Ataucusi, S. (2015). *Manejo Técnico de la Crianza de cuyes en la Sierra de Perú* [Archivo PDF].
https://draapurimac.gob.pe/sites/default/files/revistas/MANUAL_CUY_PDF.pdf
- Aucapiña, C., y Marin, Á. (2016). *Efecto de la extirpación de las espículas del glande del cuy como técnica de esterilización reproductiva y su influencia en agresividad y ganancia de peso en comparación con un método químico (alcohol yodado 2%)* [Tesis de grado, Universidad de Cuenca].
http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24782/3/1.TESIS_CUYES.pdf
- Baixauli, C., y Aguilar, J. (2002). *Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias*.
<https://ivia.gva.es/documents/161862582/161863558/Cultivo+sin+suelo+de+hortalizas#:~:text=Por cultivo sin suelo%2C se,adición de so- lución nutriente.>
- Ball, D. (2000). Little Known Facts about Alfalfa [Archivo PDF]. *In Extension Agronomist*.
https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1165&context=ky_alfalfa
- Barahona, M., y Quishpe, O. (2012). *Inducción de superovulación en cobayas primerizas, usando gonadotropina sérica con tres dosis diferentes* [Trabajo de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/653/1/T-UCE-0014-19.pdf>
- Bioalimantar. (2019). *Biobalanceados para cuyes*. Bioalimentos.
<https://www.bioalimantar.com/wp-content/uploads/2021/08/BiOmentos-Cuyes-final-Digital.pdf?45dd30&45dd30>
- Buitrón, D. (2019). *Determinación de parámetros zootécnicos, moleculares y organolépticos de líneas nativas de cuyes (Cavia porcellus)* [Trabajo de Titulación, Universidad de las

- Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15929/1/T-IASA I-005489.pdf>
- Canales, F. (2013). *Efecto de la alimentación con alfalfa y concentrado en diferentes niveles de proteína sobre los parámetros productivos en cuyes (cavia porcellus) en crecimiento* [Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica].
<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/35c57923-cf35-4f00-9d6d-51c86c603815/content>
- Cardona, J., Portillo, P., Carlosama, L., Vargas, J. de J., Avellaneda, Y., Burgos, W., y Patiño, R. (2020). Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. *In Agrosavia*.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35763/ver_documento_35763.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Carrasco, J. (2023). *Evaluación del contenido nutricional de dos variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) en un sistema de cultivo semi- hidropónico tratadas con dos soluciones nutritivas en sustrato de pomina durante dos tiempos de corte* [Trabajo de Integración Curricular, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36566/1/IASA I-TIC-0022.pdf>
- Castro, H. (2002). *Sistemas de crianza de cuyes a nivel familiar - comercial en el sector rural* [Archivo PDF]. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000203.pdf>
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (Cavia porcellus) [Archivo PDF]. *Red de mujeres*.
https://www.redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/produccion_cuyes.pdf
- Chavez, I., y Avilés, D. (2022). Caracterización del sistema de producción de cuyes del cantón Mocha, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 33, 1–8.
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i2.22576>
- Chávez Tapia, R. (2019). *Caracterización del sistema de producción de cuyes (Cavia porcellus) en la provincia de Tungurahua, cantón Mocha*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de

- Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31394/1/Tesis 166 Medicina Veterinaria y Zootecnia -CD 660.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31394/1/Tesis%20166%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20660.pdf)
- Clavijo, E., y Cadena, P. (2011). *Producción y calidad nutricional de la alfalfa (Medicago sativa) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos* [Trabajo de Grado, Universidad de la Salle].
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1119&context=zootecnia>
- Collago, K. (2016). *Ganancia de peso en cuyes machos (Cavia porcellus) post destete de la raza Perú con tres tipos de alimento - balanceado - mixta - testigo (alfalfa) en Abancay* [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica de los Andes].
[https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/34/1/Tesis- Ganancias de peso en cuyes machos.pdf](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/34/1/Tesis-Ganancias%20de%20peso%20en%20cuyes%20machos.pdf)
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzales, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2011). *InfoStat*. Software Estadístico. <https://www.infostat.com.ar/>
- Ecuphar. (2017). *Mamíferos: Cobaya* [Archivo PDF].
https://ecuphar.es/getfile.php?file=Ar_1_8_132_APR.pdf
- Food and Agriculture Organisation [FAO]. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*.
https://www.fao.org/3/w6562s/w6562s01.htm#P16_1985
- Food and Agriculture Organisation [FAO]. (2010). *Análisis de fibra dietética*.
<https://www.fao.org/3/ah833s/Ah833s18.htm>
- Food and Agriculture Organisation [FAO]. (2012). *Producción de cuyes (Cavia porcellus) en los países andinos*. <https://www.fao.org/3/v6200t/v6200T05.htm>
- Food and Agriculture Organisation [FAO]. (2014). *Alimentación de cuyes y conejos*.
<https://www.fao.org/3/V5290S/v5290s45.htm>
- Fertilizar. (2012). *Fertilización de Alfalfa* [Archivo PDF]. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2021/02/2012-no-22-Fertilización-de-alfalfa.pdf>

- Flores, C., Duarte, C., y Salgado, I. (2017). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Revista Ciencia y Agricultura*, 14(1), 39–45.
<https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6086>
- Flores, C., Roca, M., Tejedor, R., y Villegas, N. (2015). Rendimiento de carne de cuy (*Cavia porcellus*) para su empleo en la elaboración de un embutido fermentado. *Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 25(3), 1–5.
<https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/246>
- Flores Velasco, L. P. (2021). *Evaluación del crecimiento compensatorio en el cuy (Cavia porcellus)* [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16614/Flores_vl.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Florez, Z. (2016). *Alimentación de cuyes en crecimiento con bloques nutricionales elaborados con ruminaza* [Tesis, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1794/253T20160259_T C.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- García, M. (2012). *Caracterización de la actividad de las enzimas hidrolíticas localizadas en la región cecal de cuyes (cavia porcellus)* [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1547/Garcia_lm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ghoshal, N., y Bal, S. (1989). Comparative morphology of the stomach of some laboratory mammals. *Laboratory Animals*, 23(1), 21–29.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1258/002367789780886911>
- Google Maps. (2022). *Ubicación geográfica de las instalaciones del IASA I*.
<https://www.google.com/maps/place/IASA/@-0.3847551,->

- 78.416155,392m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!16s%2Fg%2F11xpb5x_8?entry=tту
- Granja Camero. (02 de abril de 2012). *Necesidades nutritivas del cuy*.
<https://www.somoscuyperu.com/2012/04/necesidades-nutritivas-del-cuy.html>
- Guitierrez, I., Ramos, L., y Soscue, M. (2020). *Fisiopatología del sistema digestivo y necesidades nutricionales del cuy (cavia porcellus)* [Trabajo de Grado en modalidad Monografía, Universidad Antonio Nariño].
http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2379/4/2020_T.G.MabelSoscue.pdf
- Helrich, K. (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. *Association of official analytical chemists*, 15(2), 48-52.
<https://lib.ugent.be/catalog/rug01:000244050>
- Hinojosa, R., Yzarra, A., Rojas, A., y Golber, Y. (2022). Comportamiento productivo en cuyes (Cavia cobayo) bajo el efecto de cuatro sistemas de alimentación. *Revista Alfa*, 6(16), 178–185. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.160>
- InfoAgro. (2013). *El cultivo de alfalfa (1a parte)*. Agricultura.
<https://infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2002). *Curso producción de cuyes: Nutrición y Alimentación* [Archivo PDF]. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000202.pdf>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2011). *Curso virtual producción de cuyes: Nutrición y Alimentación* [Archivo PDF]. https://pgc-aulavirtual.inia.gob.pe/pluginfile.php/645/mod_resource/content/1/MODULO-IIIb.pdf
- Intagri. (2017). *Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo*.
<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>
- Isch, C. (2017). *Efecto de un prebiótico comercial sobre los parámetros reproductivos en tres líneas de cuyes (Cavia porcellus)* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas

- Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13105/1/T-ESPE-002810.pdf>
- Jaramillo, J. (1999). *Validación de tres fórmulas comerciales en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en la fase de crecimiento y engorde*. [Tesis de pregrado. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
- León González, N.D. (2019). *Desarrollo de la funcionalidad intestinal, con énfasis en la actividad amilásica del páncreas y crecimiento alométrico de los órganos digestivos, en cuyes desde el nacimiento hasta las 7 semanas de edad* [Trabajo de Tesis. Universidad Nacional de Loja].
- [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23062/1/NATHALY DAYANNA LEÓN GONZÁLEZ.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23062/1/NATHALY%20DAYANNA%20LEÓN%20GONZÁLEZ.pdf)
- León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas* (1ra ed.). Editorial Universitaria Abya-Yala.
- [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS Y FORRAJES DEL ECUADOR 2021.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf)
- León, Z., Silva, E., Wilson, A., y Callacna, M. (2016). Vitamina C protegida en concentrado de *Cavia porcellus* “cuy” en etapa de crecimiento-engorde, con exclusión de forraje. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 593–563.
- <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.14>
- López, R., Murillo, B., y Rodríguez, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121–126. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2021). *Crianza de cuyes ayuda a reconversión de actividades productivas*. <https://www.agricultura.gob.ec/crianza-de-cuyes-ayuda-a-reconversion-de-actividades-productivas/>

- Medina, E. (2021). *Evaluación de tres diferentes harinas chocho (Lupinus mutabilis S.), lenteja (Lens culinaris M.), y zarandaja (Lablab purpureus (L.) Sweet), utilizadas como suplemento en el engorde de cuyes (Cavia porcellus L.) criollos* [Trabajo de Titulación. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/25902/T-ESPESD-003139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza, M. (2015). *Evaluación fenotípica y comportamiento productivo de cavia porcellus (cuyes) de acuerdo al color desde el nacimiento hasta el inicio de la vida reproductiva para la parroquia de Guaytacama* [Trabajo de Titulación. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/5230/1/TESIS.pdf>
- Montes, T. (2012). *Guía Técnica: Asistencia técnica dirigida en crianza de cuyes tecnificada* [Archivo PDF]. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/015-a-crianza-tecnificada.pdf>
- Moreta, M. (2017). El cuy crece en la región central del Ecuador. *Líderes*.
<https://www.revistalideres.ec/lideres/cuy-crece-region-central-economia.html>
- National Research Council. (1995). *Nutrient Requirements of Laboratory Animals* (4ta ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.17226/4758>.
- Núñez, F. (2008). *Evaluación de cuatro relaciones de energía digestible / proteína (216.6, 173.3, 144.4, y 123.8) en crecimiento – engorde de cuyes* [Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/1512/1/17T0864.pdf>
- Núñez, O., y Guerrero, J. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1), 44–52.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>

- Pérez, J. (2023). *INS destaca valor nutricional de la carne de cuy y recomienda su consumo para prevenir enfermedades*. Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2023/05/17/inei-cuy-alto-valor-nutricional-para-prevenir-enfermedades/>
- Programa de Gobierno Regional de Lima. (2019). *La carne de cuy ayuda a reforzar el sistema inmunológico*. Gobierno Metropolitano. <https://pgrlm.gob.pe/agraria/la-carne-de-cuy-ayuda-a-reforzar-el-sistema-inmunologico/>
- Prosperi, J.-M., Jenczewski, E., Muller, M.-H., Fournier, S., Sampoux, J.-P., y Ronfort, J. (2014). Alfalfa domestication history, genetic diversity and genetic resources. *Legume Perspectives*, 4(2), 13–16. <https://hal.science/hal-01216251v2/document>
- Quintana, E., Jiménez, R., Carcelén, F., Sanmartín, F., y Ara, M. (2013). Effect of diets based on alfalfa, barley meal and mineral block on the productive performance of guinea pigs. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 24(4), 425–432. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v24n4/a03v24n4.pdf>
- Ramón, A. (2017). *Determinación de características morfo fisiológicas del tracto digestivo del cuy (Cavia porcellus)* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18826/1/Alex Mauricio Ramón Jaramillo.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18826/1/Alex%20Mauricio%20Ram%C3%B3n%20Jaramillo.pdf)
- Red de comunicación Regional. (2020). *Los beneficios de la carne de cuy, superalimento de formidable aporte nutricional*. RCR Perú. <https://www.rcrperu.com/los-beneficios-de-la-carne-de-cuy-superalimento-de-formidable-aporte-nutricional/>
- Rodríguez, J., y Leone Kam, O. (2022). *Determinación de calcio y magnesio por espectroscopía de absorción atómica (EAA), electrodo selectivo de iones (ISE) y volumetría por complejación con EDTA y su aplicación en aguas superficiales y subterráneas*. SIIDCA.
- Sepúlveda, R., Dionizis, N., Potter, W., Román, L., y Ardiles, S. (2014). *Aspectos y manejos de los sistemas de cultivos sin suelo* [Archivo PDF].

[https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4564/NR40232.pdf?sequence=1
&isAllowed=y](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4564/NR40232.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sinchiguano, M. (2008). *Producción de forraje verde hidropónico de diferentes cereales (avena, cebada, maíz, trigo y vicia) y su efecto en la alimentación de cuyes* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1707/1/17T0822.pdf>

Soriano, S. (2003). *Importancia del Cultivo de Alfalfa (Medicago sativa L.) en el Estado de Baja California Sur* [Monografía de Grado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Navarro”].

[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA ALFALFA \(Mdicago sativa L.\) EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA%20(Mdicago%20sativa%20L.)%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR.pdf?sequence=1)

Technilab. (2022). *Funcionalidades y ventajas del extractor Soxhlet automático. ¿Qué Es El Método Soxhlet?* <https://www.tecnilab.es/soxhlet-automatico/>

Torres, E. (2017). *Niveles de alfalfa en el rendimiento productivo en el engorde de cuyes mejorados* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].

[http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3103/1/TESIS AG1209_Tor.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3103/1/TESIS%20AG1209_Tor.pdf)

Tubón, M. (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* [Trabajo de Investigación, Universidad Técnica de Ambato].

[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6480/1/Tesis 08 Medicina Veterinaria y Zootecnia -CD 196.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6480/1/Tesis%2008%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20196.pdf)

Universidad Pablo de Olavide. (2003). *Determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría* [Archivo PDF]. *Técnicas Avanzadas en Química*.

<https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0304/guiones0304.pdf>

- University of Massachusetts Amherst. (2020). *Descripción y Adaptación de Alfalfa (Medicago sativa)*. Center for Agriculture, Food, and the Environment. <https://ag.umass.edu/crops-dairy-livestock-equine/fact-sheets/alfalfa>
- United States Department of Agriculture [USDA]. (2010). *Medicago sativa L.* Natural Resources Conservation Service. <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=MESA>
- Valverde, P., Trujillo, J., Díaz, H., y Toalombo, P. (2021). *Alimentación de cuyes (Cavia porcellus) con pastos y forrajes de clima tropical en Pastaza – Ecuador bajo un sistema de crianza piramidal*. AICA. Pastaza, Ec: AICA, Agencia Informativa Católica Argentina, 2021.
- https://s59b6fdfe9e4460e7.jimcontent.com/download/version/1656701212/module/19268700925/name/AICA_Vol16_Trabajo011.pdf
- Vingale, K. (2010). *Evaluación de diferentes niveles de energía y proteína cruda en cuyes (Cavia porcellus) en crecimiento en crianza comercial* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1726/NUT_10-122-TM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vivas, A., y Carballo, D. (2013). *Manual de crianza de cobayos*. CENIDA, 80–83.
- <https://cenida.una.edu.ni/textos/nl01v856e.pdf>
- Wang, Z., y Şakiroğlu, M. (2021). *Origen, Evolución y Diversidad Genética de la Alfalfa*. Springer, 3(3), 29–42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74466-3_3