

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CUYES
(*Cavia porcellus*) EN LA FASE DE LEVANTE Y ENGORDE, ALIMENTADOS
CON SUPLEMENTO A BASE DE REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris*)
CULTIVADA BAJO MICROTÚNEL Y A CAMPO ABIERTO**

**MARÍA ALEJANDRA VELÁSQUEZ VASCONEZ
YURANY LARA ÁLVAREZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2019**

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CUYES
(*Cavia porcellus*) EN LA FASE DE LEVANTE Y ENGORDE, ALIMENTADOS
CON SUPLEMENTO A BASE DE REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris*)
CULTIVADA BAJO MICROTÚNEL Y A CAMPO ABIERTO**

**MARÍA ALEJANDRA VELÁSQUEZ VASCONEZ
YURANY LARA ÁLVAREZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Zootecnista**

**Director
EFRÉN INSUASTY SANTACRUZ
Zootecnista, Esp., M.Sc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2019**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores. Artículo 1º del acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Efrén Guillermo Insuasty Santacruz.
Zoot. Esp. MS.c
Director

Lesvy Ramos Obando
Zoot. Ing. Prod. Acuicola Esp. MS.c
Jurado delegado

Oscar Fernando Benavides Espíndola
Zoot. Esp. MS.c
Jurado

San Juan de Pasto, 10 de abril de 2019.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarnos salud y vida y por permitirnos seguir adelante día a día, alcanzando cada una de nuestras metas.

A nuestros Padres por sus esfuerzos y sacrificios, quienes nos han apoyado y respaldado durante toda la vida especialmente durante esta etapa.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias por habernos acogido durante todos estos años de preparación como Zootecnistas en sus aulas y fuera de ellas, a los profesores LESVY RAMOS OBANDO, Zoot., Ing. Prod. Acuicola MS.c., ÓSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPÍNDOLA, Zoot. MS.c., ÁLVARO JAVIER BURGOS ARCOS, Zoot. MS.c. Ph.D., PAULINA DAVILA SOLARTE. Zoot. MS.c., JAVIER ANDRÉS MARTÍNEZ BENAVIDES, Zoot. Esp. MS.c., HENRY ARMANDO JURADO GÁMEZ. Zoot. MS.c. Ph. D., ANA JULIA MALLAMA GOYES, Zoot. MS.c., y demás profesores por sus enseñanzas, conocimientos y experiencias compartidas.

A nuestro director de tesis, Efrén Guillermo Insuasty Santacruz, Zoot. Esp. MS.c., por su apoyo, experiencia y motivación para la realización exitosa de esta investigación.

A los señores: RICHARD VILLOTA, EDWIN YOVANY VILLOTA, operarios Granja Experimental Botana, MARCO EDDY CORAL. Dg., y a todas aquellas personas que de una u otra manera nos brindaron sus conocimientos y apoyo para el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios y la Virgen de Guadalupe por guiar mi vida.

Con mucho amor a mis padres Sara y Pedro por su esfuerzo, sacrificio y por su ejemplo de trabajo, responsabilidad y el gran amor que nos han brindado.

A mis hermanos Alex, Jeraldine y Juan, por su paciencia, apoyo en los buenos y malos momentos, y por demostrarme que siempre puedo contar con ellos.

A Eddy que ha sido la persona que lleno de amor mi vida, me brindó su apoyo, comprensión y cariño.

A mi Ángel por ser la razón que me impulsa a seguir adelante y ser mejor cada día.

Con mucho cariño a toda mi familia por sus consejos de empeño y dedicación, que aportaron un granito de arena para alcanzar mi profesión.

Maria Alejandra Velasquez Vasquez

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su infinita bondad, por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido avanzar un peldaño más de mis metas y tengo la certeza y el gozo de que siempre va a estar conmigo.

A mis padres Fidencio y Aurelia, por ser los mejores padres, por apoyarme en todo momento, dedicarme su tiempo, darme sus consejos, enseñanzas y su esfuerzo para hacer de mí una mujer de bien.

A mi hija Lucia por ser mi motor, mi motivación principal para salir adelante, para convertirme en su ejemplo a seguir, porque ella con sus caricias y su sonrisa me impulsa a ser mejor cada día.

A mis hermanos Eiber y Carlos (QEPD y quien es ahora mi angelito), por todo su apoyo, por su amor, por ser los hermanos mayores que siempre han cuidado de mí.

A ese hombre especial, Leiner mi pareja, que, con su apoyo incondicional, su amor, sus regaños, y consejos hicieron posible este logro.

Yurany Lara Alvarez

RESUMEN

La producción de cuyes está íntimamente ligada a las actividades agrícolas, debido a que los cultivos son la principal fuente de alimento para los animales, siendo la alimentación uno de los factores más importantes en los sistemas de producción cuyícola. Sin embargo, hay pocos estudios enfocados a evaluar los beneficios de la remolacha forrajera como suplemento alimenticio y los efectos de los sistemas de cultivo en la producción de cuyes. Por tanto, el objetivo de este proyecto fue evaluar las características bromatológicas de la Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*), cultivada a campo abierto y bajo microtúnel, para posteriormente ser suministrada a cuyes (*Cavia porcellus*) midiendo el efecto de algunas variables productivas en los animales y realizar un análisis económico de cada tratamiento.

Para esto se evaluó una muestra de 30 cuyes machos destetos de 15.13 días de edad y peso de 297.4 gramos en promedio, seleccionados al azar del sistema cuyícola perteneciente a la Granja de la Universidad de Nariño. Los animales se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado, con cinco tratamientos y seis réplicas por tratamiento, cada réplica constituida por un *Cavia porcellus*, para un total de 30 animales. Los tratamientos fueron: T0 = *L. multiflorum*, T1 = 50% *L. multiflorum* + 50% remolacha forrajera (*B. vulgaris*) cultivada a campo abierto, T2 = 25% *L. multiflorum* + 75% remolacha forrajera (*B. vulgaris*) cultivada a campo abierto, T3 = 50% *L. multiflorum* + 50% remolacha forrajera (*B. vulgaris*) cultivada bajo microtúnel, T4 = 25% *L. multiflorum* + 75% remolacha forrajera (*B. vulgaris*) cultivada bajo microtúnel.

Los resultados indican que el microtúnel no afectó el valor nutricional de la remolacha forrajera, sin embargo, tiene un efecto positivo en la producción. Entre las variables analizadas están el consumo de alimento en materia seca, encontrando diferencias significativas ($p < 0.5$) para las dietas en las diferentes fases, siendo el T0 el de mayor consumo con 100.09 g/día en levante y 105.98 g/día en fase de engorde; la ganancia de peso para las fases de levante y engorde, no fueron significativas estadísticamente, al igual que la digestibilidad de las dietas. Finalmente, el análisis de costos mostró que la implementación de la remolacha forrajera en un cincuenta por ciento de la dieta puede ofrecer rentabilidades más altas.

ABSTRACT

The production of guinea pigs is intimately linked to agricultural activities, because crops are the main source of food for animals, with food being one of the most important factors in the production systems of guinea pigs. However, there are few studies focused to evaluating the benefits of beet as a food supplement and the effects of cultivated systems on the production of guinea pigs. Therefore, the objective of this project was to evaluate the bromatological characteristics of the forage beet (*Beta vulgaris*), cultivated in the open field and under microtunnel, to latter be supplied to guinea pigs (*Cavia porcellus*) by measuring the effect of some productive variables on the animals and perform an economic analysis of each treatment.

For this, a sample of 30 wean males guinea pigs on average of 15.13 days of age and weight of 297.4 grams was evaluated, selected at random from the cuyicula system belonging to the Farm of the University of Nariño. The animals were distributed in a completely randomized design, with five treatments and six replica per treatment, each replica constituted by a *Cavia porcellus*, for a total of 30 animals. The treatments were: T0 = *L. multiflorum*, T1 = 50% *L. multiflorum* + 50% fodder beet (*B. vulgaris*) cultivated in the open field, T2 = 25% *L. multiflorum* + 75% fodder beet (*B. vulgaris*) cultivated in the open field, T3 = 50% *L. multiflorum* + 50% fodder beet (*B. vulgaris*) cultivated underin microtunnel, T4 = 25% *L. multiflorum* + 75% fodder beet (*B. vulgaris*) cultivated underin microtunnel.

The results indicate that the microtunnel did not affect the nutritional value of the fodder beet, however, it has a positive effect on production. Among the variables analyzed are the dry matter food consumption, finding significant differences ($p < 0.5$) for the diets in the different phases, being the T0 the one with the highest consumption with 100.09 g / day in the raising and 105.98 g / day in the fattening phase; The weight gain for the phases of raising and fattening, were not statistically significant, as well as the digestibility of the diets. Finally, the cost analysis showed that the implementation of fodder beet a fifty percent of the diet can offer higher profitability.

CONTENIDO

Pág.

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 17 |
| 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA. | 18 |
| 3. OBJETIVOS..... | 20 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 20 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 20 |
| 4 . MARCO TEÓRICO | 21 |
| 4.1 EL CULTIVO PROTEGIDO..... | 21 |
| 4.1.1 Objetivos del cultivo protegido..... | 21 |
| 4.1.2 Estructuras para invernaderos. | 23 |
| 4.2 GENERALIDADES REMOLACHA FORRAJERA (<i>Beta vulgaris</i>)..... | 24 |
| 4.2.1.1 Raíz. | 25 |
| 4.2.2 Requerimientos nutricionales. | 27 |
| 4.2.3 Valor nutritivo. | 27 |
| 4.3 GENERALIDADES RAYGRASS (<i>Lolium multiflorum</i>)..... | 27 |
| 4.3.1 Origen y clasificación. | 28 |
| 4.4.1 Historia. | 31 |
| 4.4.3 Crianza comercial..... | 32 |
| 4.4.4 Etapas de desarrollo del cuy..... | 32 |
| 4.4.5 Requerimientos nutricionales del cuy. | 32 |
| 4.4.6 Parámetros productivos | 35 |
| 4.4.6.1 Consumo de alimento. | 35 |
| 4.4.6.2 Ganancia de peso promedio..... | 36 |
| 4.4.6.3 Conversión alimenticia.. | 36 |
| 4.5 DIGESTIBILIDAD | 37 |
| 4.5.2 Determinación de la digestibilidad aparente.. | 37 |
| 4.5.3 Método “in vivo” | 38 |
| 4.6 COSTOS..... | 39 |
| 4.6.1 Costos en General.. | 39 |
| 4.6.2 Costos Directos e Indirectos..... | 39 |
| 4.6.3 Costos directos..... | 40 |
| 4.6.4 Costos indirectos..... | 40 |
| 4.6.5 Patrones de Comportamiento de Costos: Costos Variables y Fijos. | 40 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO..... | 41 |
| 5.1 LOCALIZACIÓN | 41 |
| 5.2 TRABAJO EXPERIMENTAL..... | 41 |
| 5.2.1 Preparación del suelo. | 41 |
| 5.2.2 Sistema de riego por goteo..... | 42 |
| 5.2.3 Construcción de los microtúneles..... | 42 |
| 5.2.4 Siembra. | 43 |
| 5.2.5 Manejo agronómico del cultivo. | 43 |
| 5.2.6 Animales. | 44 |

| | |
|--|----|
| 5.2.7 Sanidad..... | 44 |
| 5.2.8 Alimentación..... | 44 |
| 5.2.9 Alojamiento..... | 44 |
| 5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 46 |
| 5.3.1 Tratamientos..... | 46 |
| 5.3.2 Formulación de hipótesis..... | 46 |
| 5.4 VARIABLES PRODUCTIVAS..... | 47 |
| 5.4.1 Alimento..... | 47 |
| 5.4.2 Animales..... | 47 |
| 5.4.3 Peso corporal..... | 47 |
| 5.4.4 Consumo de alimento en MS..... | 47 |
| 5.4.5 Ganancia de peso..... | 48 |
| 5.4.6 Conversión alimenticia..... | 48 |
| 5.5 DIGESTIBILIDAD..... | 48 |
| 5.6 ANÁLISIS ECONÓMICO (COSTOS DE PRODUCCIÓN)..... | 48 |
| 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN RESULTADOS..... | 50 |
| 6.1 COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL <i>Lolium multiflorum</i> Y <i>Beta vulgaris</i> CULTIVADA BAJO MICROTÚNEL Y A CAMPO ABIERTO..... | 50 |
| 6.2 EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS..... | 51 |
| 6.3 VARIABLES PRODUCTIVAS..... | 52 |
| 6.3.1 Consumo de materia seca en fase de levante y engorde..... | 52 |
| 6.3.3 Conversión alimenticia en la fase de levante y engorde..... | 55 |
| 6.4 DIGESTIBILIDAD IN VIVO..... | 57 |
| 6.4.2 Coeficiente de digestibilidad de la proteína..... | 58 |
| 6.4.3 Coeficiente de digestibilidad de la fibra..... | 59 |
| 6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO POR TRATAMIENTO..... | 60 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 62 |
| 7.1 CONCLUSIONES..... | 62 |
| 7.2 RECOMENDACIONES..... | 62 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 63 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Valor nutricional del sistema radicular de la Remolacha Forrajera. | 28 |
| Tabla 2. Valor nutricional del sistema foliar de la Remolacha Forrajera. | 28 |
| Tabla 3. Análisis bromatológico de <i>Lolium multiflorum</i> | 30 |
| Tabla 4. Requerimientos nutricionales del cuy en las etapas de crecimiento y engorde. | 36 |
| Tabla 5. Aportes nutricionales de los tratamientos según los análisis bromatológicos. | 47 |
| Tabla 6. Análisis bromatológico de raygrass (<i>L. multiflorum</i>), remolacha forrajera (<i>B. vulgaris</i>) a campo abierto y bajo microtúnel. | 50 |
| Tabla 7. Composición química de los tratamientos. | 51 |
| Tabla 8. Consumo de materia seca fase de levante y engorde. | 53 |
| Tabla 9. Ganancias de peso promedio. | 55 |
| Tabla 10. Conversión alimenticia en la fase de levante y engorde. | 56 |
| Tabla 11. Coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno. | 57 |
| Tabla 12. Análisis económico de los tratamientos. | 61 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Preparación del suelo. | 41 |
| Figura 2. Preparación del sistema de riego. | 42 |
| Figura 3. Instalación de microtúneles. | 42 |
| Figura 4. Germinación de la semilla de Remolacha Forrajera. | 43 |
| Figura 5. Cuyes utilizados en el experimento. | 44 |
| Figura 6. Etapas de proceso del experimento. Etapa de pesaje (A), recolección (B) y suministro de alimento (C). | 45 |
| Figura 7. Ubicación de los tratamientos en jaulas individuales. | 45 |
| Figura 8. Recolección y almacenamiento de heces. | 49 |
| Figura 9. Consumo de materia seca en fase de levante. | 53 |
| Figura 10. Consumo de materia seca fase de engorde. | 54 |
| Figura 11. Conversión alimenticia fase de levante. | 56 |
| Figura 12. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca. | 57 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Remolacha Forrajera..... | 25 |
| Cuadro 2. Descripción taxonómica <i>Lolium multiflorum</i> | 29 |
| Cuadro 3. Clasificación zoológica del cuy (<i>Cavia porcellus</i>) | 31 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo A. Cuadrados medios del consumo de materia seca día en la fase de levante y engorde. | 70 |
| Anexo B. Cuadrados medios de la variable ganancia de peso en la fase de levante y engorde. | 70 |
| Anexo C. Cuadrados medios para la variable conversión alimenticia en la fase de levante y engorde. | 70 |
| Anexo D. Cuadrados medios para los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno. | 71 |
| Anexo E. Costos de producción de raygrass, remolacha forrajera cultivada bajo microtúnel y a campo abierto. | 72 |
| Anexo F. Análisis económico de los tratamientos. | 73 |

GLOSARIO

ALIMENTO: los productos de origen vegetal o animal en estado natural, frescos o conservados y los derivados de su transformación industrial, así como las sustancias orgánicas o inorgánicas simples o mezcladas, contengan o no aditivos, que estén destinados a la alimentación animal por vía oral.

COSTO: se define como la medición en términos monetarios, de la cantidad de recursos usados para algún propósito u objetivo, tal como un producto comercial ofrecido para la venta general o un proyecto.

CULTIVO PROTEGIDO: es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica).

DIGESTIBILIDAD: es una estimación indirecta de la absorción de los nutrientes, resultado de las funciones del proceso digestivo, y se define como la diferencia entre la cantidad ingerida y excretada de un nutriente, en relación a la cantidad ingerida del nutriente.

MICROTÚNEL: son estructuras pequeñas construidas con arcos sobre los que se colocan cubiertas de plástico.

PARÁMETROS: los parámetros de producción tienen la finalidad de presentar un panorama del desempeño productivo.

PRODUCTIVO: evalúa la capacidad de un sistema para evaluar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos aprovechados, es decir el valor agregado.

SUPLEMENTO ALIMENTICIO: alimento usado en combinación con otro para mejorar el balance nutricional o el resultado de esa mezcla y concebido para: *i)* utilizar sin diluir, como suplemento de otro alimento; *ii)* ofrecerlo separadamente y a libre elección como parte de la ración disponible o *iii)* diluirlo y mezclarlo con otros para conformar un alimento completo.

INTRODUCCIÓN

La Cuyicultura en nuestro país y en los países andinos es una actividad complementaria en el sistema de producción campesino, que se desarrolla en forma estrechamente vinculada con la agricultura. La crianza de cuyes a nivel familiar da seguridad alimentaria y sostenibilidad a las actividades de los pequeños productores.

La realidad actual del sector Agropecuario de Colombia y en especial en el departamento de Nariño, acentúa la diferencia y falta de correspondencia entre las ilimitadas necesidades alimenticias para los seres humanos frente a los pocos recursos existentes para satisfacerlas. Para lograr aproximar las dos situaciones, la Zootecnia debe contribuir a desarrollar e investigar actividades tendientes a lograr mejores índices productivos, mejor rentabilidad y mayor bienestar de la comunidad involucrada.

La alimentación animal es fundamental en todos los sistemas productivos y en especial en el sistema cuyícola. Sin embargo, son escasas las investigaciones de nuevas especies forrajeras, que sirvan como alternativas alimentarias, fuentes energéticas y proteicas. Por lo anterior, surgen como nuevas opciones en la alimentación animal las hortalizas como la remolacha forrajera, que constituye una fuente importante de nutrientes energéticos, principalmente compuesta por azúcares para los animales y en especial para monogástricos como los cuyes. Sistemas productivos novedosos como los microtúneles, son utilizados en campo para incrementar la producción.

En este sentido, debemos contribuir en promover y facilitar el conocimiento en nuevas plantas forrajeras que se utilicen como suplemento en sistemas cuyícolas, adquiriendo importancia para el sector pecuario de la región. Por lo tanto, la presente investigación analizó el efecto de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) sembrada en sistemas de campo abierto y sistemas de microtúnel, en las variables productivas de *Cavia porcellus*.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

Dentro de las actividades pecuarias del departamento de Nariño, la Producción Cuyícola estimó 2.518.291 animales para el 2009, creciendo en 618.224 animales por programas de fomento y siendo una actividad estable y rentable para los productores. De acuerdo con Burbano y Erazo “estos sistemas se caracterizan por llevarse a cabo por pequeños, medianos y grandes productores en donde la alimentación base la constituyen los recursos forrajeros, que están influenciados por la estacionalidad climática, conocimiento del sistema cuyícola y otros factores que determinan su productividad”¹.

La crianza de cuyes en Nariño es tradicional; destinada para consumo familiar y en algunos casos comerciales. Escasa capacitación, altos costos de las materias primas, el poco control de enfermedades y limitado recurso forrajero han originado poca rentabilidad de las empresas familiares y comerciales.

Por lo anterior, se deben encontrar alternativas de alimentación que en lo posible cubran los requerimientos nutricionales de los cuyes y disminuyan los costos de producción. La producción de remolacha forrajera en microtúnel es una estrategia potencialmente útil que incrementa la producción y la calidad nutricional de las plantas, mejorando la rentabilidad de las empresas cuyícolas Velasquez *et al*²

¹ BURBANO J. y ERAZO L. Estudio de prefactibilidad para el montaje de un criadero de cuyes en la vereda Meneses, municipio de Buesaco. Trabajo de Grado Zootecnia. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia, 2000, p. 34.

² VELASQUEZ, A y SOLARTE, M. Efecto del incremento de dióxido de carbono CO₂, sobre la productividad de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada en microtúneles en la Granja Experimental de Botana. Proyecto de Investigación. VIPRI. Universidad de Nariño. Pasto. 2009. p. 34.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Qué efecto tendrá la utilización de dietas con diferentes niveles de Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*) en sistema bajo microtúnel y sistema campo abierto, sobre el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de levante y engorde?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar parámetros productivos en cuyes en la fase de levante y engorde, alimentados con suplemento a base de remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada bajo microtúnel y a campo abierto.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la composición bromatológica del suplemento a base de *Lolium multiflorum* y *Beta vulgaris* cultivada bajo microtúnel y a campo abierto.
- Determinar la digestibilidad in vivo de cuyes alimentados con suplementos a base de remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada en microtúnel y a campo abierto.
- Realizar el análisis económico por cada tratamiento.

4 . MARCO TEÓRICO

4.1 EL CULTIVO PROTEGIDO

Castilla menciona que

El cultivo protegido es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica). Mediante estas técnicas de protección se cultivan plantas modificando su entorno natural para prolongar el periodo de recolección, alterar los ciclos convencionales, aumentar los rendimientos y mejorar su calidad, estabilizar las producciones y disponer de productos cuando la producción al aire libre se encuentre limitado³.

Al respecto, el mismo autor⁴ menciona que el objetivo del cultivo protegido es obtener producciones de alto valor añadido (hortalizas, frutas, flores, ornamentales y plantas de vivero). El factor determinante más relevante de la actividad productiva hortícola es el clima. Entre las más importantes limitaciones para la producción hortícola se destaca la falta de radiación solar, la temperatura insuficiente o excesiva, el exceso de viento y el inadecuado contenido de dióxido de carbono (o anhídrido carbónico) del aire. La mayor parte de las limitaciones citadas son factores climáticos o directamente relacionados con el clima, que pueden alterarse mediante el cultivo protegido.

4.1.1 Objetivos del cultivo protegido. De acuerdo con Witteer, citado por Castilla

El objetivo genérico del cultivo protegido es modificar el entorno natural, mediante técnicas diversas, para alcanzar la óptima productividad de los cultivos, aumentando las producciones, mejorando su calidad, alargando los periodos de recolección y extendiendo las áreas de producción. En algunas regiones el cultivo protegido ofrece protección de la reducción de radiación solar, mediante el sombreado, o la protección de viento, del granizo o de la lluvia. Con lo cual se busca hacer un uso más eficiente del suelo, agua, energía, nutrientes y del espacio, así como de los recursos climáticos de radiación solar, temperatura, humedad ambiental y anhídrido carbónico del aire⁵.

³ CASTILLA, H. Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo. 2 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2007. p. 252.

⁴ Ibid., p. 248.

⁵ Ibid., p. 252.

Samper⁶ menciona que otros objetivos del cultivo protegido son:

- **Cultivos fuera de temporada.** La producción en un ambiente cerrado con la capacidad de controlar el clima (temperatura y humedad relativa) en su interior permite el cultivo de especies exigentes, en lo que al clima se refiere, en épocas cuyo clima resulta perjudicial en el desarrollo de la plantación.
- **Permite establecer las condiciones climáticas más adecuadas para cada cultivo y estadio.** El poder regular el clima para mantener ciertas condiciones nos permite tener las plantas en un entorno óptimo de temperatura y humedad relativa que propicia la reducción del periodo productivo en relación al que tendría al aire libre, obteniendo cosechas precoces y garantizando la posible ampliación de campañas de producción en un año.
- **Mayores producciones y de mejor calidad.** Al evitar que los cultivos se encuentren en situaciones de estrés debido a temperaturas extremas y humedades relativas perjudiciales se consigue la mejora de las producciones, ya que la planta no gasta energía de su metabolismo para desencadenar las protecciones fisiológicas para su protección, empleando dicha energía en su crecimiento y producción, lo que contribuye a mejorar la cantidad y calidad de la cosecha.
- **Mayor control sobre las plagas, malezas y enfermedades.** El hecho de cultivar en un ambiente cerrado en condiciones climáticas favorables para el cultivo puede suponer a priori un mayor desarrollo de plagas y enfermedades que el cultivo en exterior, pero la gran ventaja que tienes es que el efecto de los fitosanitarios es mayor, ya que las pérdidas por deriva de las aplicaciones no se dan, lo que permite la utilización de dosis de productos fitosanitarios menores en las aplicaciones.
- **Mayor protección y/o control frente a condiciones climatológicas extremas.** Al cultivar en el interior de una cubierta los efectos de las condiciones climatológicas extremas, como pueden ser fuertes lluvias, nieve o granizo, y sucesiones de rachas de fuertes vientos, no afectan a los cultivos, ya que la estructura y las cubiertas del invernadero son las que soportan las malas condiciones, protegiendo las plantaciones en su interior.
- **Uso más eficiente de los recursos productivos.** Al incluir técnicas como la fertirrigación y la hidroponía es posible reducir el consumo de agua y fertilizantes, ya que los cultivos solo gastan lo que necesitan para su desarrollo, minimizando los gastos de producción.

⁶ SAMPER, D. Ventajas de la Producción en Invernaderos. En: NOVAGRIC. Noviembre, 2018. p.36.

- **Permite una mayor seguridad y comodidad en la realización de tareas propias del cultivo.** La estructura del invernadero también ofrece protección para realizar las tareas que precise el cultivo, ya que dentro del mismo pueden cumplirse actividades dentro de una programación sin que el tiempo climático sea un obstáculo para ello.

4.1.2 Estructuras para invernaderos. Serrano⁷ menciona que la estructura es el almacén del invernadero, constituido por vigas, correas, etc., que soportan la cubierta, el viento, la lluvia, la nieve, los aparatos que se instalan y los tutores de las plantas. Las estructuras para invernaderos deben reunir las condiciones siguientes:

- Ligeros y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliados.
- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

El mismo autor⁸ menciona que la estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que mejor se debe estudiar, desde el punto de vista de solidez y economía, a la hora de definirse por un determinado tipo de invernadero. Estructuras menos sofisticadas que los invernaderos pueden ofrecer beneficios similares a los productores agrícolas, como en el caso de los microtúneles.

4.1.3 Productividad en microtúneles. Juárez *et al.*⁹ argumentan que el microtúnel, túnel bajo o miniinvernadero, son estructuras pequeñas construidas con arcos sobre los que se colocan cubiertas de plástico. Por sus reducidas dimensiones no es posible que las personas trabajen en su interior. De tal forma que las labores se realizan desde el exterior de las mismas.

Al respecto Juárez *et al.*¹⁰ mencionan que las dimensiones óptimas dependen de la especie a cultivar, garantizando que la altura del túnel permita un desarrollo normal. Por ejemplo, para fresa, rábano, lechuga y zanahoria requieren de 30 a 40cm. Por otra parte, al ancho debe procurarse que las plantas queden al menos a 20 cm separadas de las paredes laterales.

⁷ SERRANO-CARMEÑO, Zoilo. Construcción de invernaderos. 3 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2005. p. 85.

⁸ *Ibid.*, p. 76.

⁹ JUÁREZ LOPEZ, P.; BULGARÍN, R.; CASTRO, R.; SÁNCHEZ-MONTEÓN, A.; CRUZ-CRESPO, E.; JUAREZ, C.; SANTIAGO, J.; BALOIS, R. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *En*: Revista Fuente. 2011. vol. 3, no 8, p. 21-27.

¹⁰ *Ibid.*, p. 79.

Por otro lado, las condiciones en el interior del microtúnel pueden ser diferentes a las de los invernaderos. Por ejemplo, la concentración de CO₂ en el interior del microtúnel puede ser un factor limitante para el proceso fotosintético. Tremblay y Gossein¹¹ manifiestan que en una estructura bajo cubierta plástica totalmente productiva con problemas de ventilación y sin atmosfera enriquecida, la concentración de CO₂ puede caer por debajo de los 200 ppm.

Además, Csizinszky *et al*¹² muestran que en las variedades se ha encontrado diferencias en rendimiento comercial puesto que el calor puede modificar ciertos aspectos determinantes hacia los cultivos. En tomate, por ejemplo, el incremento de la productividad de esta especie es significativo comparado con la producción a campo abierto.

En un experimento, Misle y NoreroSch¹³ reportaron que la cubierta transparente produjo la temperatura menos alta entre las diferentes láminas. Además, mostró incrementos importantes de la temperatura en el interior del suelo, aún a 15 cm de profundidad. El calentamiento del suelo ocurrió debido al reducido volumen de aire en el interior de los microtúneles, que, en consecuencia, la temperatura puede alcanzar niveles de mortalidad. Por este motivo, la literatura recomienda el plástico blanco que tiene la capacidad de retener mayor radiación solar.

4.2 GENERALIDADES REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris*)

Importancia del cultivo de remolacha forrajera. Girón asegura que “La remolacha es un buen alimento para el ganado por la riqueza de los azúcares que ayudan a fortalecer la calidad proteica de los animales y si se tiene ganado bien alimentado, se puede lograr buenos productos como leche, quesos, yogurt y carne de primera calidad”¹⁴.

De acuerdo Canals¹⁵, la remolacha forrajera es un alimento muy energético debido a su alto contenido en azúcares, pero es pobre en proteína, en fibra y en oligoelementos. Además, esta especie es una fuente excelente de lactógeno, por lo que muchos productores lo utilizan para la alimentación de ganado lechero. La remolacha forrajera se cultiva principalmente por el valor nutricional de su raíz,

¹¹ TREMBLAY, Nicolas y GOSSELIN, André. Effect of Carbon Dioxide Enrichment and Light. En: Hort Technology. 1998. vol. 8, no 3, p. 524-528.

¹² CSIZINSZKY, A.; SCHUSTER, D y KRING, J. Color mulches influence yield and insect pest population in tomatoes. En: Journal of the American Society for Horticultural Science. 1995. vol. 120, no 5, p. 778-784.

¹³ MISLE, Enrique y NORERO, Aldo. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. i. efecto de diferentes tipos de láminas. En: Agricultura Técnica. 2001. vol. 61, no 4, p. 1-10.

¹⁴ *Ibid.*, p. 34

¹⁵ CANALS. Herbario: Familia Chenopodiaceae, *Beta vulgaris* L.: remolacha [Online]. España. Departamento de Producción Agraria. [Citado en 12 marzo de 2018]. Disponible en: http://www.unavarra.es/servicio/herbario/pratenses/htm/Beta_vulg_p.htm.

donde está su principal fuente de carbohidratos, por lo que la producción de hojas es considerada como un subproducto secundario. Con todo, el rendimiento de remolacha forrajera alcanza valores entre 12-15 toneladas de materia seca por hectárea.

4.2.1 Origen y clasificación. Jaramillo *et al*¹⁶ afirman que la horticultura está íntimamente ligada al desarrollo agrícola y rural del país. La siembra de hortalizas se remonta a tiempos precolombinos, siendo el ají, el tomate y las ahuyamas, las especies de mayor importancia en la dieta de los aborígenes. Con la llegada de los españoles se introdujeron varias especies provenientes del Mediterráneo como: repollo, coles, remolacha, y zanahoria. Lineo, citado por Flores¹⁷ indica la siguiente clasificación taxonómica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Remolacha Forrajera

| | |
|---------------|--------------------|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Tracheobionta |
| Superdivision | Spermatophyta |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Caryophyllidae |
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Chenopodiaceae |
| Género | <i>Beta L.</i> |
| Especie | <i>vulgaris L.</i> |

Fuente: FLORES.

Morfología de la planta de remolacha forrajera. Según Morales¹⁸ la remolacha forrajera presenta las siguientes características:

4.2.1.1 Raíz. Este órgano es grueso y las variedades comerciales generalmente son mayores en la parte baja del tallo y la parte superior de la raíz principal. En

¹⁶ JARAMILLO, N. y DIAZ, D. El Cultivo de las Crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 4. 2005. p. 176.

¹⁷ FLORES, J. Efecto del distanciamiento entre plantas en la producción de dos variedades de remolacha forrajera (*Beta vulgaris l. ssp. vulgaris var crassa*) puno. Puno – Peru. 2014. p. 12.

¹⁸ MORALES, J. Cultivo de remolacha forrajera. Fundación de desarrollo agropecuario. Boletín Técnico 22. Serie Cultivos. INC, 1995. p. 23.

esta especie la raíz, está formada por anillos concéntricos de tejido xilemático secundario (de color más claro) y floemático (de color más oscuro). Se consideran de la mejor calidad la remolacha en las que el color de ambos tipos de tejido sea menos diferenciado.

El sistema radicular es muy extenso de raíces absorbentes (no la raíz engrosada) llega a casi un metro de profundidad y a unos 60 cm lateralmente. El buen desarrollo de este sistema le permite a la remolacha soportar sequías cortas y recuperarse rápidamente de las mismas.

4.2.1.2 Tallo: Este crece muy poco durante el periodo de crecimiento vegetativo, por tanto, es muy corto en esta etapa fenotípica (1 a 3 cm de alto). Sin embargo, al comenzar la etapa reproductiva el tallo floral alcanza de 20 a 80 cm de alto. En esta etapa, el tallo es ramificado y sostiene las inflorescencias.

4.2.1.3 Hojas: Aparecen formando un penacho o roseta sobre el tallo. La lámina es ovalada y de color verde intenso a morado, según el cultivar. El peciolo es largo, de color rojo, púrpura o amarillento.

4.2.1.4 Órganos reproductivos: estos órganos no son de interés durante la etapa de crecimiento vegetativo. Lo anterior se debe a que existe una competencia entre diferentes sumideros de carbohidratos de los órganos reproductivos mientras ocurre el engrosamiento de la raíz comercial.

4.2.1.5 Las flores: aparecen en las ramificaciones del tallo floral. Son hermafroditas y sésiles varias flores se agrupan formando un glomérulo. Una estructura de consistencia semileñosa que comercialmente se conoce como semilla.

4.2.1.6 Las semillas: las semillas verdaderas están en el interior del glomérulo, que contiene generalmente de 2 a 6 semillas muy pequeñas. Las semillas suelen conservar su poder germinativo por 4 o 5 años normalmente germina un 70% de las semillas sembradas.

4.2.1.7 Requerimientos edáficos. Según Guerrero¹⁹ entre los requerimientos edáficos óptimos para maximizar el rendimiento en el cultivo de remolacha, están:

- Textura entre franco y franco arenoso limoso
- Profundidad radical efectiva entre 30 - 45 cm.

¹⁹ GUERRERO, H. Abonos para La producción de hortalizas orgánicas. Asociación de Productores Orgánicos Ecológicos de Tapesco de Alvaro Ruiz. Boletín técnico. 1998. p. 34.

- Contenido de materia orgánica medio.
- pH entre 5.5 – 6.5.

4.2.2 Requerimientos nutricionales. Según Inforagro²⁰ la remolacha se siembra en países de cuatro estaciones a finales de invierno y principios de primavera; requiere de suelos profundos y bien labrados, con buena estructura, la fertilización media se calcula en N- P₂O₅ - K₂O de 150, 200, 150 kg/ha respectivamente. A lo largo del cultivo es necesario aplicar como abono en las primeras etapas de crecimiento del cultivo. Por otro lado, aunque se utilicen herbicidas, se aconseja disponer de una tierra limpia dado que la remolacha es sensible a la competencia por nutrientes, en los primeros estados de su desarrollo. Los requerimientos hídricos oscilan entre 50 y 70 l/m², para nacer se estima que requiere por lo menos 2 litros/m² donde no se suministra riegos durante los 15 a 20 días la siembra puede perderse.

4.2.3 Valor nutritivo. Yarza²¹ afirma que, la cantidad de materia seca varía en los distintos tipos de remolacha, pero el valor alimenticio por unidad de materia seca es prácticamente constante en cualquiera de ellos. Esta riqueza extraordinaria de la materia seca de la remolacha se debe a que la cantidad de fibra celulósica es mínima y la mitad de la materia seca está constituida por azúcar. En cambio, el contenido en proteína es bajo en proporción a su riqueza energética, e igualmente es pobre su composición mineral y vitamínica. Por tanto, la remolacha es un alimento energético, de composición desequilibrada, que exige sea utilizado con alimentos ricos en proteína y con un corrector mineral y vitamínico apropiado. Resumiendo, la remolacha es un buen alimento de cebo y un mal alimento para el crecimiento. El desequilibrio de la composición alimenticia de la remolacha se agrava en las remolachas azucareras, siendo menos pronunciado en las forrajeras y menor aun cuando usamos únicamente los cuellos y hojas, más pobres en energía y más ricos en proteínas y sales minerales. En la tabla 1 y 2 se describe el valor nutricional del sistema radicular y foliar de la remolacha forrajera.

4.3 GENERALIDADES RAYGRASS (*Lolium multiflorum*)

Es considerado la mejor opción forrajera en clima templado a muy frío, por sus altos rendimientos, calidad nutritiva y habilidad para crecer en gran diversidad de suelos (Velasco *et al.*²²). El Raygrass tiene un alto rango de adaptación a los

²⁰ INFOAGRO. El cultivo de la remolacha forrajera. [Online] México. [Citado 3 marzo de 2016] Disponible en: http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/remolacha_azucarera.htm.

²¹ YARZA, J. La remolacha forrajera en la alimentación del ganado. Madrid: Publicaciones de Capacitación Agraria, Ministerio de agricultura, 2009. p. 20.

²² VELASCO, M.; HERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ, V.; PÉREZ, J. y VAQUERA, H. Curvas estacionales de crecimiento de Ballico perenne. *En*: Revista Fitotecnia Mexicana. 2002. Vol. 25, no 001: 97-106.

suelos, prefiriendo los fértiles con buen drenaje. Tolera períodos largos de humedad (15 a 20 días), así como suelos ácidos y alcalinos (pH 5.5 a 7.8); cuando este es menor que 5.0, la toxicidad por aluminio puede ser un problema (Alarcón²³).

Tabla 1. Valor nutricional del sistema radicular de la Remolacha Forrajera.

| Sistema | Humedad | Materia seca | Ceniza | EE | Fibra cruda | Proteína | ENN | Energía |
|---------------|---------|--------------|--------|------|-------------|----------|------|---------|
| Microtúnel | 87,45 | 12,55 | 6,34 | 0,35 | 6,81 | 5,83 | 80,7 | 398 |
| Campo abierto | 92,38 | 7,62 | 10,3 | 0,61 | 13,4 | 12,2 | 63,5 | 695 |

Fuente: Velásquez, *et al.*²⁴

Tabla 2. Valor nutricional del sistema foliar de la Remolacha Forrajera.

| Sistema | Humedad | Materia seca | Ceniza | EE | Fibra cruda | Proteína | ENN | Energía |
|---------------|---------|--------------|--------|------|-------------|----------|------|---------|
| Microtúnel | 91,07 | 8,93 | 22,8 | 2,27 | 14,1 | 21,5 | 39,4 | 348 |
| Campo abierto | 90,09 | 9,91 | 21,4 | 1,93 | 12,6 | 25 | 39,1 | 363 |

Fuente: Velasquez, *et al.*²⁵

4.3.1 Origen y clasificación. Es nativo de Centro y Sur de Europa, Noroeste de África y Suroeste de Asia, está ampliamente distribuido en ambientes templados no demasiado fríos del mundo. Rzedowski y Rzedowski²⁶ indica la siguiente descripción taxonómica (Cuadro 2).

Morfología de la planta. Basados en lo reportado de Rzedowski y Rzedowski²⁷ y Marzocca²⁸ se tiene que:

²³ ALARCÓN, Z. Producción de forraje verde para ganado bovino en invierno. Reporte de resultados primer año. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo México. 2007. 58 p.

²⁴ VELASQUEZ, A y SOLARTE, M. Efecto del incremento de dióxido de carbono CO₂, sobre la productividad de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada en microtúneles en la Granja Experimental de Botana. Proyecto de Investigación. VIPRI. Universidad de Nariño. Pasto. 2009. p. 34.

²⁵ *Ibid.*, p. 23.

²⁶ RZEDOWSKI, G. y RZEDOWSKI, J. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 2001. p. 34.

²⁷ *Ibid.*, p. 36.

²⁸ MARZOCCA, A. Manual de malezas. 3ª ed. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 1976. p. 78.

Cuadro 2. Descripción taxonómica *Lolium multiflorum*.

| | |
|------------|--------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Liliopsida |
| Orden | Cyperaceae |
| Familia | Poaceae |
| Subfamilia | Pooideae |
| Tribu: | Poeae |
| Subtribu | Loliinae |
| Género | <i>Lolium</i> |
| Especie | <i>multiflorum</i> |

Fuente: Rzedowski y Rzedowski²⁹.

4.3.1.1 Hábito y forma de vida. Planta herbácea anual, bianual o perenne, de hasta 1 a 1.3 m de alto, tallo cespitoso (forma matas aglomeradas), erecto o doblado en los nudos.

4.3.1.2 Hojas. Vainas foliares con aurículas (orejas) conspicuas hacia el ápice; lígulas de 1-4 mm de largo; lámina de hasta 22 cm de largo y 8 mm de ancho, lisas en el envés, opacas y ásperas en el haz.

4.3.1.3 Inflorescencia. Espigas dísticas, comprimidas, erectas, de hasta 35 o 45 cm de largo.

4.3.1.4 Espiguilla/Flores. Las plantas presentan espiguillas solitarias, sésiles, alternas, de 10 a 20 mm de largo, con 4 a 22 flores; glumas de 5 a 10 mm de largo, 5 a 7 nervadas, la inferior ausente, la segunda opuesta al raquis y más corta que la mitad de la longitud de la espiguilla; **lema** de 4 a 8 mm de largo, 5-7 nervada, redondeada en el dorso, de bordes algo ásperos, con arista subapical de 0 a 15 mm de largo; **palea** de la misma longitud que el lema. Posee semilla de \pm 4 mm de largo.

²⁹ RZEDOWSKI, G. y RZEDOWSKI, J. Op. Cit., p. 34.

4.3.2 Valor nutricional. Según Castillo³⁰ el rendimiento de las praderas comerciales de raygrass es de 60 a 70 ton de forraje verde por hectárea (equivalente a 12 a 14 ton de forraje seco), el valor nutrimental (Tabla 3) de este forraje es de 15% a 18% de proteína cruda, 70% a 80% digestible y 2.96 megacalorías de energía metabolizable.

Tabla 3. Análisis bromatológico de *Lolium multiflorum*.

| Composición química | Unidad | Cantidad |
|-----------------------|---------|----------|
| MS | % | 24 |
| NDT | % | 15,4 |
| Energía digestible | Mcal/kg | 0,68 |
| Energía metabolizable | Mcal/kg | 0,58 |
| Proteína | % | 5,70 |
| Calcio | % | 0,14 |
| Fósforo total | % | 0,08 |
| Grasa | % | 0,80 |
| Ceniza | % | 3,40 |
| Fibra | % | 4,60 |

Fuente: Mundo Pecuario³¹. Todos los nutrientes están en base fresca. (MS: materia seca, NDT: nutrientes digestibles totales)

4.4, GENERALIDADES *Cavia porcellus*.

Según Chauca³² el cuy es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. El cuy constituye un producto alimenticio de alto valor nutricional que contribuye a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos.

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria citada por el DANE³³, durante el año 2013 Colombia contaba con un inventario de 845.379 cabezas de cuyes, de las cuales 645.641 eran hembras y 199.739, machos. El primer productor fue el departamento de Nariño con 773.031 cabezas, las cuales representaron el 91,44 % de la producción total; le siguieron los departamentos de Cauca y Huila. Los

³⁰ CASTILLO, H. Cultive pasto rye grass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de Tamaulipas. En: Boletín Electrónico, 2015. vol. 1, no 15: 1-2.

³¹ MUNDO PECUARIO. Composición nutricional del Raygrass (*Lolium sp.*): Nutrión. Madrid. [Online] [Citado 23 mayo de 2018] disponible en: Composición nutricional del Raygrass.

³² CHAUCA, L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Instituto Nacional de Investigación Agraria. Perú. 1997. p. 98.

³³ COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Cría de cuyes (*Cavia porcellus*), fuente de alimento de gran valor nutritivo. En: Boletín mensual. 2016. vol. 38: 1-10.

cuyes son animales que se adaptan a diferentes condiciones, desarrollándose las crías entre los 0 msnm hasta los 4500 msnm.

4.4.1 Historia. Caycedo³⁴, afirma que el cuy fue encontrado desde la época de la conquista a lo largo de la región Andina, siendo una fuente de alimento para el hombre aborigen y que quizá se constituyó como una de las principales especies criadas en cautiverio, para consumo de proteína de origen animal, costumbre que se extendió a través de los siglos en la mayor parte de los países de América del sur. Según Sánchez³⁵ hay evidencias arqueológicas de que este animal fue domesticado hace 3000 años. Los investigadores se basan esta teoría por los restos encontrados en la cultura Paracas (250 a 300 a.C.). En estas fosas, los investigadores encontraron cuyes enterrados con restos humanos en algunas tumbas de América del Sur que son evidencia directa de que los cuyes eran parte de la cultura humana en épocas precolombinas.

4.4.2 Clasificación zoológica. De acuerdo con Vivas³⁶ el cuy presenta la siguiente clasificación zoológica (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación zoológica del cuy (*Cavia porcellus*)

| | |
|----------|------------------|
| Reino | Animal |
| Clase | Mamífera |
| Orden | Roedores |
| Suborden | Hystrichomorpha |
| Familia | Caviidae |
| Género | <i>Cavia</i> |
| Especie | <i>Porcellus</i> |

Fuente: Vivas.³⁷

Caycedo *et al*³⁸, señalan que todas las especies de este género son muy semejantes entre sí, en cuanto a la morfología externa y a los caracteres craneales, aunque éstos pueden variar con la edad. Los cuyes son animales de piernas cortas, cuerpo ancho, cuello corto, dificultándose diferenciar la unión con el tronco, cabeza redondeada, hocico estrecho y redondo, de ojos grandes y pronunciados, orejas redondas, largas y cortas con escasez de pelo en ellas, cuatro dedos en las extremidades anteriores, y tres en las posteriores, aunque

³⁴ CAYCEDO, A. experiencias Investigativas en la producción de cuyes contribución al desarrollo técnico de la explotación, Pasto – Nariño – Colombia. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de investigaciones, posgrados y relaciones internacionales. 2000. p. 23. ISBN 958-9479-11-1. p. 7.

³⁵ SÁNCHEZ, C. Crianza y Comercialización de Cuyes. Ed. Ripalme. Lima- Peru. 2002. p. 9.

³⁶ VIVAS, J. (2013). Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*). doi:978-99924-1-022-6.

³⁷ Ibid., p. 7.

³⁸ CAYCEDO, A.; BASTIDAS, J.; MUÑOZ, L.; CORTÉS, M. y PÉREZ, P. El cuy, historia, cultura y futuro regional. Ed. Colombia Grafica. Pasto Colombia, 2004. p. 139.

esta característica es muy variable, presentándose hasta 5 o 7 dedos (Caycedo *et al.*³⁹).

4.4.3 Crianza comercial. Vargas⁴⁰, afirma que el cuy es una especie precoz, prolífica, de ciclos reproductivos cortos y de fácil manejo, su crianza técnica puede representar una importante fuente de alimento para las familias que la producen, así como también una excelente alternativa de negocio con altos ingresos. El desarrollo de este sistema contribuirá a ofertar carne de cuyes en las áreas urbanas donde al momento es escasa. Un manejo tecnificado del cuy puede llegar a triplicar la producción a partir de una mejora en la fertilidad de las reproductoras, una mayor supervivencia de las crías y una mejora en la alimentación, mediante el uso de alternativas para un rápido crecimiento y engorde.

4.4.4 Etapas de desarrollo del cuy. Durante la vida productiva del cuy se distinguen cuatro etapas de desarrollo:

Gestación: este parámetro se toma como un ciclo que gira alrededor de 58 y 72 días; es decir, desde el apareamiento hasta el momento del parto.

Lactancia: periodo que comprende desde el nacimiento de las crías hasta el momento del destete; generalmente es de 14 a 15 días.

Crecimiento: fase que va desde el nacimiento hasta aproximadamente 60 a 80 días de edad.

Engorde: es la fase donde los productores hacen que los animales ganen peso, para que este llegue a 1100 – 1200 gramos aproximadamente a una edad de 2.5 a 3 meses⁴¹.

4.4.5 Requerimientos nutricionales del cuy. Las necesidades nutricionales se refieren al aporte de nutrientes que necesita un animal para cubrir sus requerimientos de mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción (Sarria⁴²). Los requerimientos dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle la crianza.

El cuy, al igual que otras especies domésticas, tiene necesidades de nutrientes o sustancias que constituyen los alimentos y que son imprescindibles para mantener la vida, tales como la energía, proteína, fibra, vitaminas, minerales, y

³⁹ *Ibid.*, p. 34.

⁴⁰ VARGAS, M. Crianza comercial de cuyes. Noviembre, 2013. [Online]. Disponible en: <http://www.rmr-peru.com/crianza-de-cuyes.htm>.

⁴¹ CORPOICA. Explotación tecnificada de cuyes. Boletín 34. 2003., p. 14

⁴² SARRIA, J. El cuy crianza tecnificada. Manual técnico en cuyicultura N° 1. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2011.

agua. Martínez⁴³, reporta que los problemas de infertilidad y demora en la madurez sexual pueden ser provocados por deficiencias de nutrientes durante el crecimiento, o cuando hay una sobrealimentación energética

- **Necesidades de proteína.** Caycedo⁴⁴ indica que las proteínas y sus componentes, los aminoácidos, son nutrientes indispensables para el cuy, desde la formación del producto de concepción, para lograr buenos pesos al nacimiento y destete, en su crecimiento y desarrollo, de igual manera para la producción de leche y alcanzar una buena fertilidad.

El mismo autor reporta que con raciones de un 13 a 18% de proteína se logran óptimos resultados en el incremento de peso sobre las diferentes etapas de vida del cuy, como son las fases de crecimiento y engorde (Tabla 1).

- **Necesidades de fibra.** el aporte de fibra está dado básicamente por el consumo de los forrajes que son fuente alimenticia esencial para los animales. El suministro de fibra de un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales reciben una alimentación mixta. Sin embargo, las raciones balanceadas recomendadas para cuyes deben contener un porcentaje de fibra no menor de 18 por ciento (FAO⁴⁵).

Perucuy⁴⁶ reporta que los cuyes deben recibir dietas con 18% de fibra, para facilitar el retardo de los movimientos peristálticos, que hace permanecer mayor tiempo la ingesta en el tracto digestivo permitiendo un mejor mecanismo de absorción de los nutrientes.

Jácome⁴⁷ señala que la fibra representa la parte estructural de las plantas y pueden constituir una fuente importante de energía. Es un componente cuantitativamente importante en los piensos de cuyes; y constituye el principal sustrato energético para la flora microbiana residente en el ciego. Retarda el paso del contenido alimenticio a través del tracto digestivo, favoreciendo la digestibilidad de otros nutrientes. El aporte de fibra esta dado básicamente por el consumo de forrajes; el porcentaje de fibra requerido para la preparación de balanceado puede ser desde 8 – 18%. Los cuyes responden eficientemente a dietas altas en energía, alcanzando mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia. El exceso de

⁴³ MARTINEZ, R. Proceso de nutrición y alimentación de los cuyes en sus diferentes etapas productivas. En memoria al primer curso internacional de Cuyicultura. Asociación de Productores Agropecuarios del Norte. Ibarra, Ecuador. 2006.

⁴⁴ CAYCEDO, A. Op. cit., p. 23.

⁴⁵ FAO. Alternativas nutricionales para la época seca. 23-agosto 2010. [Online]. [Citado 20 de noviembre del 2012]. Disponible en: <http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-honfeb/anes%20de.pdf>.

⁴⁶ PERUCUY. Manejo de cuyes. Lima, Perú. 2010. p. 22-32.

⁴⁷ JÁCOME, V. Cría y mejora de cuyes, un modelo familiar tecnificado. Instituto Tecnológico Agropecuario Luis A. Martínez. Ambato, Ecuador. 2004. p. 25-28.

energía puede provocar una deposición exagerada de grasa que puede perjudicar el desempeño reproductivo.

- **Necesidades de energía.** Gamboa y Sotelo⁴⁸, manifiestan que los primeros trabajos con el fin de determinar los requerimientos de los cuyes en recría fueron realizados utilizando raciones con porcentajes altos de proteína (21.5 a 26.7%) encontrándose en todos los casos igual respuesta. Se probó dos niveles de proteína de 14.17 y 20% y dos niveles de energía, encontró una mejor respuesta de ganancia de peso y conversión alimenticia con raciones de niveles bajos o medios de proteína, siempre y que la ración tenga un contenido alto de energía (66% de NDT).

Caycedo⁴⁹ evaluó el crecimiento de cuyes sobre dos niveles de proteína y dos de energía: los tres primeros asignados a igual número de raciones preparadas y el cuatro a una ración comercial para cuyes obtenido como resultado que una dieta para cuyes en crecimiento hasta alcanzar pesos de 700gr, puede estar balanceada con un suplemento de 18 a 20% de proteína y niveles de energía digestible entre 3.3 y 3.4 Kcal/kg de alimento. Evaluaron cuatro niveles de proteína (15 – 18 - 21 y 24%) y tres de energía (2600, 2900 y 3200 Kcal/kg) en gestación y lactancia de cuyes. No encontraron diferencias estadísticas para el consumo de alimento ni aumento de peso en crías. El tratamiento con 2900 Kcal/kg de energía digestible con los cuatro niveles de proteína, presentó menos pérdidas de peso en lactancia de las hembras con respecto a los demás tratamientos.

- **Necesidades de grasa y carbohidratos:** la grasa en la dieta de cuyes es importante, las fuentes pueden ser: sebo, manteca y aceites de origen vegetal. El requerimiento es bien definido de grasa ò ácidos grasos no saturados (ácido Linoléico) de 3 – 24.4% de la dieta. Su deficiencia produce retardo en el crecimiento, dermatitis, úlceras en la piel, alopecia (Martínez⁵⁰).

Los más disponibles son los carbohidratos, fibrosos y no fibrosos, contenido en los alimentos de origen vegetal. El consumo excesivo de energía puede causar una deposición exagerada de grasa perjudicando el desempeño reproductivo (Rico⁵¹)

- **Necesidades de agua:** Delgado y Zambrano⁵² afirman que el cuy requiere de bastante agua y esta puede ser suplementada por el tipo de forraje. De tal

⁴⁸ GAMBOA, J. y SOTELO, S. Evaluación de diferentes niveles de energía y proteína en la suplementación de cuyes (*Cavia porcellus*) lactantes manejados con cerca gazapera. Trabajo de Grado Zootecnia. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia, 2000. p.12.

⁴⁹ CAYCEDO. Op. cit., p. 123.

⁵⁰ MARTÍNEZ. Op. cit., p. 13.

⁵¹ RICO, E. Manual sobre el manejo de cuyes. Proyecto Mejocuy. Segunda edición. 2003. p. 50.

⁵² DELGADO, C. y ZAMBRANO, M. Utilización de diferentes niveles de forraje de avena (avena sativa) como suplemento de pasto Raygrass (*Lolium sp*) en la alimentación de cuyes de engorde.

forma, que necesita consumir de 100 a 150 ml/día de agua por kilogramo de peso vivo. Además, Chauca⁵³ manifiesta que el agua está indudablemente entre los elementos más importantes que debe considerarse en la alimentación. El animal la obtiene, de acuerdo a su necesidad, de tres fuentes: una es el agua de bebida que se le proporciona a discreción al animal, otra es el agua contenida como humedad en los alimentos y la tercera es el agua metabólica que se produce del metabolismo por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno. La necesidad de agua de bebida en los cuyes está sujeta al tipo de alimentación que reciben. Si se suministra un forraje succulento en cantidades altas (más de 200 g) la necesidad de agua se cubre con la humedad del forraje, razón por la cual no es necesario suministrar agua de bebida. Si se suministra forraje restringido, 30 g/animal/día, requiere 85 ml de agua, siendo su requerimiento diario de 105 ml/kg de peso vivo.

- **Necesidades de vitaminas y minerales:** Para Martínez⁵⁴, la concentración de elementos minerales debe mantenerse dentro de estrechos márgenes, para garantizar la integridad estructural y funcional de los tejidos, así como para asegurar que el crecimiento, la salud y la productividad de los animales no se vean afectados. Los animales deben recibir en la ración una serie de elementos minerales, los macro elementos necesarios en cantidades muy superiores a los elementos traza, llamados así porque se necesitan en cantidades extremadamente pequeñas. Para los requerimientos minerales en cuyes, se mantiene una relación calcio fósforo de 2:1.

En la tabla 4. Se indica los requerimientos de los cuyes (*Cavia porcellus*) en las etapas de crecimiento y engorde.

4.4.6 Parámetros productivos

4.4.6.1 Consumo de alimento. El consumo de forraje verde, de animales en crecimiento en g/día/cabeza varía de acuerdo con la semana de edad, así como el consumo de concentrado (Aliaga⁵⁵).

Según FAO⁵⁶, un cuy de 500g a 800g de peso consume en forraje verde hasta el 30% de su peso vivo. Se satisfacen sus exigencias con cantidades que van de 150g a 240g de forraje por día.

Trabajo de grado (Zootecnia). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, programa de Zootecnia. 2007.

⁵³ CHAUCA. Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Op. cit., 35.

⁵⁴ MARTINEZ, D. Requerimientos nutricionales del cuy. En: Primer Curso Internacional de cuyicultura. Memorias del Primer Curso Internacional de cuyicultura. Ibarra. ASOPRAN, 2006.

⁵⁵ ALIAGA, R. Producción de cuyes. CIID-INIA. Lima – Perú. 2005. p. 340.

⁵⁶ FAO. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe. 2000. p. 23.

Tabla 4. Requerimientos nutricionales del cuy en las etapas de crecimiento y engorde.

| Nutrientes | | Unidades |
|------------|---------|-------------|
| Proteína | % | 14 – 18 |
| Energía ED | Kcal/kg | 2800 – 3000 |
| Fibra | % | 8 – 17 |
| Grasa | % | 3.00 |
| Lisina | % | 0.84 |
| Metionina | % | 0.60 |
| Triptófano | % | 0.18 |
| Arginina | % | 0.12 |
| Histidina | % | 0.36 |
| Isoleucina | % | 0.60 |
| Leucina | % | 1.08 |
| Vitamina C | Mg | 200.00 |
| Calcio | % | 1.20 |
| Fósforo | % | 0.60 |
| Magnesio | % | 0.10 |
| Cobre | mg/kg | 600.00 |
| Zinc | mg/kg | 20.00 |
| Yodo | M | 150.00 |

Fuente: Caycedo⁵⁷.

4.4.6.2 Ganancia de peso promedio. El incremento de peso está en función de la calidad del alimento, de los insumos que constituyen la ración, su cantidad, sabor y textura, así como del factor genético que tengan los animales. Además, indica que los incrementos de peso que ha encontrado se encuentran en el rango de 4 a 10 g/día en animales de crecimiento, siendo de 6.0 a 8.5 g/día los más frecuentes (Moreno⁵⁸).

4.4.6.3 Conversión alimenticia. La conversión alimenticia mide la transformación de los alimentos en ganancia de peso siendo sumamente importante en la explotación animal (Villafranca⁵⁹).

En evaluaciones complementarias realizadas por Chauca⁶⁰ en los cuyes mejorados midiendo su conversión alimenticia, destaca al cuy peruano por su eficiencia con 8,6 frente a 14 que obtiene el cuy boliviano. Estas conversiones fueron logradas con un sistema de alimentación mixta.

⁵⁷ CAYCEDO. A. Op. cit., p. 123

⁵⁸ MORENO, A. Producción de cuyes. 2 ed. Lima: Universidad Agraria La Molina. 1989. p. 123.

⁵⁹ VILLAFRANCA, A. Evaluación de tres niveles de fibra en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde. Trabajo de Grado Ingeniero Zootecnista. Lima: UNALM. Facultad de Ciencias Veterinarias. Programa de Ingeniería Zootécnica, 2003. p. 90.

⁶⁰ CHAUCA. Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Op. cit., p. 23.

4.5 DIGESTIBILIDAD

Cuando se realiza un análisis químico a un alimento se evalúa la capacidad potencial que este tiene para aportar sus nutrientes. Sin embargo, cuando es ingerido por un animal como resultado de las funciones digestivas relacionadas a su absorción se producen pérdidas. De tal manera que, los nutrientes no están disponibles en su totalidad para ser utilizados por los animales (Buraczewska *et al.*⁶¹).

Para que un alimento sea evaluado correctamente y pueda ser recomendado es necesario considerar los fenómenos de digestión y absorción de nutrientes, los cuales miden de manera conjunta y al valor obtenido que se le llama digestibilidad (Reis y Mariscal⁶²). En este sentido Escobar⁶³ manifiesta que la digestibilidad es una estimación indirecta de la absorción de los nutrimentos, resultado de las funciones del proceso digestivo, y se define como la diferencia entre la cantidad ingerida y excretada de un nutrimento, en relación a la cantidad ingerida del nutrimento.

McDonald⁶⁴ menciona que la digestibilidad de un alimento es eficiente cuando este no es excretado por las heces y que se supone por lo tanto que ha sido absorbido. Por lo general esta fracción absorbida se presenta con el cálculo de coeficiente de digestibilidad el mismo que expresa el porcentaje asimilable de los principios nutritivos de un alimento.

4.5.1 Cálculo de la digestibilidad de un alimento. Se define como la diferencia entre la cantidad ingerida y excretada de un nutrimento, con relación a la cantidad ingerida del nutrimento.

$$\% \text{ Digestibilidad} = \left(\frac{\text{Alimento ingerido} - \text{Alimento excretado}}{\text{Alimento ingerido}} \right) \times 100$$

Fuente: Cáceres y Gonzales⁶⁵.

4.5.2 Determinación de la digestibilidad aparente. McDonald⁶⁶ conceptúa la digestibilidad aparente como la ración no digerida, y para su determinación

⁶¹ BURACZEWSKA, L. Formulación de dietas de cerdos según el contenido ideal de aminoácidos digestibles. *En*: Prod. Sci. 1999. vol 59: 13-24.

⁶² REIS DE SOUZA, T. y MARISCAL-LANDÍ, G. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *En*: Téc. Pecu. México. 2007. vol. 35: 145-159.

⁶³ ESCOBAR, G. Pasta de soya y pasta de ajonjolí: fuentes de proteína de calidad para la alimentación de lechones recién destetados. Tesis de Maestría Ciencia Animal. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 2007. p. 178.

⁶⁴ McDONALD, J. 1995. Nutrición animal. 5ª ed. EEUU. New York. Se. P.85.

⁶⁵ CÁCERES, O y GONZALES, E. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los alimentos de los forrajes tropicales. *En*: Pastos y Forrajes. 2000. vol. 23, no 2: 87-103.

recomienda realizar ensayos con varios animales de la misma especie, edad y sexo que son fáciles de manejar y presentar ligeras diferencias en su habilidad digestiva. Además, se usan los machos con ellos es más accesibles obtener la orina y las heces por separado.

Church⁶⁷ recomienda mantener un consumo diario de los alimentos durante varios días para reducir al mínimo la variación diaria de la producción de heces. Este mismo autor manifiesta que son varios los factores que pueden afectar la cuantía de la digestión anotándose lo siguiente:

- Nivel de consumo de los animales
- Trastornos digestivos
- Deficiencia de nutrientes
- Frecuencia de ración
- Tratamiento a que son sometidos los animales
- Efectos asociados de los animales

4.5.3 Método “in vivo”. La digestibilidad, o el contenido de energía digestible o metabolizable, se determinan generalmente mediante ensayos de balance nutritivo, utilizando animales vivos. El método in vivo descrito por Cerda⁶⁸ es sin duda, el que da la mejor estimación de la digestibilidad de un alimento. Este método denominado también, de digestibilidad aparente por colección total de heces fecales es el que mide más exactamente la digestibilidad de un alimento, aunque presenta un leve sesgo respecto de la digestibilidad real debido al material endógeno que se elimina a través de las heces. En los estudios convencionales acerca de la digestión, los animales se confinan con el fin de facilitar la recolección de heces y orina.

Las jaulas usadas para el método in vivo, llamadas jaulas de digestibilidad, tiene como objetivo disminuir el movimiento del animal, estas además deben tener piso ranurado, para evitar el exceso de humedad y poder recoger las heces fecales

⁶⁶ McDONALD. Op. cit., p. 85.

⁶⁷ CHURCH, D. 1999. Fundamentos de nutrición y alimentación animal. 3ª ed. México. Edit. UTEHA. P. 512.

⁶⁸ CERDA, D.; MANTEROLA, H. y SIRHAB, L. Validación y Estudios Comparativos de Métodos Estimadores de la Digestibilidad Aparente de Alimentos para Rumiantes. En: Avances en Producción Animal. 1986. vol. 11, no 1-2: 53 -62.

(Cañas⁶⁹). Las heces fecales en este tipo de jaula caen en el recipiente de más atrás y la orina es conducida al recipiente de adelante.

Autores como Church⁷⁰ coinciden en que debe existir un período preliminar en el cual se alimenta el animal con la dieta experimental, con el fin de que se acostumbre a ella y de que se elimine del tracto digestivo cualquier resto de alimentos precedentes. Se le suministra a cada animal un alimento uniforme y cuidadosamente pesado, de la misma manera se pesan y toman muestras de la parte rechazada por el animal, y se recogen las heces.

McDonald⁷¹, señala que el período de recolección de heces debe durar de 3 a 14 días, mientras más largo sea el período, más exactos son los resultados obtenidos. Cañas⁷² considera además que debiera existir como mínimo 3 repeticiones.

La digestibilidad determinada por este método como anteriormente fue descrita se expresa habitualmente como digestibilidad aparente o real según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Dig. real de M.S.} = \left(\frac{\text{cant. M.S. ingerida} - \text{cant. M.S. excretada}}{\text{Cant. alimento ingerido}} \right) \times 100$$

Fuente: Tobal⁷³.

4.6 COSTOS.

4.6.1 Costos en General. De acuerdo Horngren *et al*⁷⁴ se define el costo como un recurso que se sacrifica que se renuncia para alcanzar un objetivo específico. Los costos medidos en la forma convencional contable, como cantidades monetarias (por ejemplo, dólares o pesos) que se tienen que pagar para adquirir bienes o servicios.

4.6.2 Costos Directos e Indirectos. Una pregunta importante respecto de los costos es, si tienen una relación directa o indirecta con un objeto de costos específico.

⁶⁹ CAÑAS, R. Alimentación y Nutrición Animal. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile. 2000. p. 345.

⁷⁰ CHURCH. Op. cit., p. 234.

⁷¹ MCDONAL. Op. cit., p. 391.

⁷² CAÑAS. Op. cit., p. 123.

⁷³ TOBAL C. F. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad. Trabajo de Grado Ingeniero Zootecnista. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Ciencias Veterinarias. Programa de Ingeniería Zootécnica. 1999. p. 52.

⁷⁴ HORNGREN, Charles; FOSTER, George y DATAR, Srikant. Contabilidad de Costos. Un Enfoque Gerencial. Prentice-Hall. 1996. p. 123.

4.6.3 Costos directos. Costos que están relacionados con el objeto de costos, y que puede hacerse su seguimiento de manera económicamente factible. Generalmente comprenden insumos directos y mano de obra directa.

4.6.4 Costos indirectos. Costos que están relacionados con el objeto de costos, pero que no pueden hacerse su seguimiento en forma económicamente factible. Los costos indirectos son adjudicados al objeto de costos utilizando un método de adjudicación de costos (Horngren⁷⁵). Como ejemplo de estos están los insumos indirectos, mano de obra indirecta, la depreciación, los seguros.

4.6.5 Patrones de Comportamiento de Costos: Costos Variables y Fijos. Para Horngren⁷⁶, Los sistemas de contabilidad administrativa registran el costo de los recursos adquiridos y hacen el seguimiento de su uso subsecuente. Se tienen dos tipos básicos de patrones de conducta de costos que se encuentran en muchos sistemas: costos variables y fijos. Un costo variable es un costo que cambia en total en proporción como la compra de herbicidas, semillas entre otros. Un costo fijo es un costo que no cambia a pesar de la producción como la vigilancia, la administración ente otros.

⁷⁵ Ibid., p. 36.

⁷⁶ Ibid., p. 45.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en el corregimiento de Catambuco, vereda Botana, a 8 Km al sur de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, a una altura de 2820 msnm, con una temperatura entre 12.4°C y 16°C, precipitación media anual de 694 mm, humedad relativa de 80%. La zona de vida según Holdrige⁷⁷ corresponde a formación bosque seco montano bajo (bs-MB).

5.2 TRABAJO EXPERIMENTAL

5.2.1 Preparación del suelo. Se realizó un análisis físico - químico del suelo, previo a la siembra, para determinar las características del suelo, como son: el contenido de nutrientes, el grado de acidez, el contenido de materia orgánica, la densidad y la textura, al mismo tiempo que se valoró las propiedades físicas en el lote para iniciar con la preparación del suelo y se diseñaron las parcelas respectivas según los tratamientos (Figura 1).

Figura 1. Preparación del suelo.



⁷⁷ IDEAM. Instituto de Hidrología Meteorología y estudios ambientales. [Online]. 23 agosto de 2017. [Citado 3 octubre de 2019]. disponible en: <URL:<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&ig=257>>[

5.2.2 Sistema de riego por goteo. Para esto se instalaron 60 cintas plásticas de 10 metros de largo que se ubicaron en medio de las camas, éstas salieron de una línea principal que se encontraba en la parte superior del lote (Figura 2), con caudal de 2 litros por hora.

Figura 2. Preparación del sistema de riego.



5.2.3 Construcción de los microtúneles. Se ubicaron los tratamientos de la parcela principal y con base en el arreglo del diseño experimental. De tal forma que se planificó toda la adquisición de materiales para la instalación de los microtúneles, con los materiales listos se procedió a la construcción en el lugar asignado de la siguiente manera: para ello se colocó 10 arquillos con diámetro de 1 cm para cada microtúnel, a una distancia de 1m entre arquillos, posteriormente se cubrió los arquillos con el plástico (Figura 3).

Figura 3. Instalación de microtúneles.



5.2.4 Siembra.

5.2.4.1 Siembra *Beta vulgaris*: Se utilizaron semillas sexuales que se consiguieron en un almacén agrícola de la ciudad de Pasto, previo a la siembra se realizó un control de calidad y algunas pruebas como porcentaje de germinación, para así asegurar la viabilidad de la semilla y su germinación en campo.

Para la siembra se tuvo en cuenta una densidad de 6,06 kg/ha, las cuales se establecieron en parcelas experimentales de 10 metros de largo por 1 metro de ancho dejando el suelo en óptimas condiciones para la siembra a una distancia de 0,50 m entre plantas, a una profundidad de 1,5cm a 2.5cm evitando así perdida de semilla por germinación y emergencia de la plántula, en un área de 0.0825 ha (Figura 4).

Figura 4. Germinación de la semilla de Remolacha Forrajera.



5.2.5 Manejo agronómico del cultivo.

- Manejo de malezas. Se realizó de forma manual, antes del establecimiento de las plántulas, y cada 30 días, para evitar la competencia por nutrientes, agua y luz con otras plantas que pudieran afectar el desarrollo óptimo de la plantación, entre las cuales estaban el nabo, corazón herido y lengua de vaca.
- Manejo de plagas. Se desarrolló teniendo en cuenta el ciclo vegetativo del cultivo, para esta etapa se presentó incidencia de babosas, las cuales fueron controladas con matababosas comercial, mediante la utilización de sacas impregnadas con este producto y distribuidas por la plantación.
- Medición y pesaje de forraje verde/área. Después de cada recolección de hojas y cosecha de tubérculo, para lo cual se diseñó un formato de Excel.

- Recolección de hojas. Corte del follaje que posteriormente fue utilizado en la alimentación de los cuyes.
- Cosecha. la recolección de tubérculos y hojas necesarias para la alimentación de los cuyes, teniendo en cuenta que en sistema bajo microtúnel se realizó a los 2 meses y a campo abierto a los 3 meses.

5.2.6 Animales. Para este proyecto se utilizaron 30 cuyes machos destetos, de 15.13 días de edad y peso de 297.4 gramos en promedio, seleccionados de los registros de la Granja Experimental de Botana y su escogencia se la realizó al azar (Figura 5).

Figura 5. Cuyes utilizados en el experimento.



5.2.7 Sanidad. Con el fin de eliminar tanto los parásitos internos como externos y prevenir un contagio de enfermedades infecciosas, se realizó el plan sanitario que se maneja en la Granja Experimental de Botana, para prevenir un efecto negativo en la evaluación nutricional de los cuyes, de esta manera contribuir con minimizar el error experimental trabajando con animales sanos.

5.2.8 Alimentación. Los cuyes recibieron una alimentación conformada por una mezcla de raygrass y remolacha forrajera, las cantidades de la mezcla dependieron exclusivamente de los tratamientos, tanto el raygrass como la remolacha forrajera fueron cortados diariamente y suministrados a los cuyes en horas de la mañana (Figura 6).

5.2.9 Alojamiento. Los animales se alojaron en 30 jaulas individuales de tipo rectangular ubicadas en el galpón de la Granja Experimental de Botana, cada una provista de una pastera, piso de malla para facilitar la recolección de heces y eliminación de la orina. Las dimensiones de las jaulas fueron de 45 cm de largo y 40 cm de ancho. Estas estructuras fueron identificadas con su respectivo número, el tratamiento y la repetición. La posición de los tratamientos fue asignada

aleatoriamente. En cada jaula se utilizó malla galvanizada y lámina de zinc (Figura 7).

Figura 6. Etapas de proceso del experimento. Etapa de pesaje (A), recolección (B) y suministro de alimento (C).



Figura 7. Ubicación de los tratamientos en jaulas individuales.



5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño irrestrictamente al azar, con cinco tratamientos y seis réplicas por tratamiento, cada repetición constituida por un animal, para un total de 30 animales en el experimento.

Modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \lambda_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Respuesta del i-ésimo cuy sometido al consumo de la j-ésima dieta,
 μ : Media común del experimento,
 λ_j : Efecto de la j-ésima dieta,
 ε_{ij} : Error experimental asociado al i-ésimo cuy que recibió la j-ésima dieta.

5.3.1 Tratamientos. Los tratamientos del periodo experimental se distribuyeron de la siguiente manera: con seis réplicas por tratamiento y 1 cuy por réplica. Teniendo en cuenta que de la remolacha forrajera se utilizó 50% hojas y 50% tubérculo.

$T_0 = Lolium multiflorum$

$T_1 = 50\% Lolium multiflorum + 50\%$ Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada a campo abierto

$T_2 = 25\% Lolium multiflorum + 75\%$ Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada a campo abierto

$T_3 = 50\% Lolium multiflorum + 50\%$ Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada bajo microtúnel

$T_4 = 25\% Lolium multiflorum + 75\%$ Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*) cultivada bajo microtúnel.

Todos los datos fueron procesados en el software estadístico Infostat.

Teniendo en cuenta los tratamientos, se calcularon los siguientes aportes nutricionales (Tabla 5). Estos aportes están dentro de los rangos de los requerimientos del *Cavia porcellus* para levante y engorde, mencionados por Caycedo⁷⁸.

5.3.2 Formulación de hipótesis. Se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: Los resultados de los parámetros productivos de los cuyes alimentados con la remolacha forrajera cultivada en microtúneles son iguales a los parámetros productivos de los cuyes alimentados con remolacha cultivada a campo abierto.

H₀: $ut_0 = ut_1 = ut_2 = ut_3 = ut_4$

⁷⁸ CAYCEDO. A. Op. cit., p. 123

Ha: Los resultados de los parámetros productivos de los cuyes alimentados con la remolacha forrajera cultivada en microtúneles son diferentes a los parámetros productivos de los cuyes alimentados con remolacha cultivada a campo abierto.

H₁: $ut0 \neq ut1 \neq ut2 \neq ut3 \neq ut4$

Tabla 5. Aportes nutricionales de los tratamientos según los análisis bromatológicos.

| TRATAMIENTO | APORTES | |
|-------------|--------------|-------------------|
| | Proteína (%) | Energía (Kcal/Kg) |
| T0 | 23,8 | 2,81 |
| T1 | 21,2 | 4,05 |
| T2 | 19,9 | 4,67 |
| T3 | 18,7 | 3,27 |
| T4 | 16,2 | 3,50 |

Fuente: este estudio

5.4 VARIABLES PRODUCTIVAS

5.4.1 Alimento. Se realizó un análisis bromatológico de las dietas a base de remolacha forrajera y raygrass, analizando el contenido de proteína, fibra cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno. Las diferentes fracciones de alimento se determinaron mediante métodos utilizados en los laboratorios de la universidad de nariño bajo las normas establecidas por la asociación de comunidades analíticas (AOAC).

5.4.2 Animales. Para las variables productivas: peso corporal, consumo de alimento en materia seca, ganancia de peso, conversión alimenticia, se diseñó unos registros en Excel.

5.4.3 Peso corporal. Para el pesaje de los animales se utilizó una balanza y se realizó el pesaje de cada unidad experimental, al inicio del ensayo que en promedio fue 297.4 gramos y posteriormente se los pesó cada ocho días. Los datos fueron tabulados y promediados hasta el final del experimento.

5.4.4 Consumo de alimento en MS. Se realizó un registro de consumo diario para cada animal, el consumo se determinó mediante la diferencia del alimento suministrado y el alimento no consumido en gramos.

$$\text{Consumo} = \text{Alimento suministrado} - \text{Alimento rechazado}$$

5.4.5 Ganancia de peso. Se obtuvo por diferencia del peso inicial y final de cada semana.

$$\text{Ganancia de peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

5.4.6 Conversión alimenticia. Se calculó teniendo en cuenta el alimento consumido y el incremento de peso durante el periodo experimental.

$$CA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Incremento de peso}}$$

5.5 DIGESTIBILIDAD

- Los animales fueron sometidos a un periodo de ocho días de adaptación (paso del alimento a lo largo del tracto gastrointestinal), a la dieta y al ambiente.
- Se recolectó la siguiente información: paso del alimento a lo largo del tracto gastrointestinal (TGI) (medición del alimento consumido, medición de heces y toma de muestras.) (Figura 8).
- El análisis de las muestras se realizó en los laboratorios de la Universidad de Nariño.
- Se realizaron los cálculos de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y de cada nutriente (proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno) y su interpretación correspondiente.

$$\text{Dig. real de M.S.} = \left(\frac{\text{cant. M.S. ingerida} - \text{cant. M.S. excretada}}{\text{Cant. alimento ingerido}} \right) \times 100$$

Para lo anterior se llevaron los registros correspondientes

5.6 ANÁLISIS ECONÓMICO (COSTOS DE PRODUCCIÓN).

Se realizó teniendo en cuenta todos los gastos del proyecto, y para esto se tuvo en cuenta los siguientes aspectos económicos:

- **Costos fijos.** Animales, mano de obra y equipos.
- **Costos variables.** Alimentación e insumos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó el costo de la producción y rentabilidad.

Costo total = Costos fijos + Costos variables

$$\% \text{ Rentabilidad} = \left(\frac{\text{Ingreso Neto}}{\text{Costo total}} \right) \times 100$$

Figura 8. Recolección y almacenamiento de heces.



6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN RESULTADOS

6.1 COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL *Lolium multiflorum* Y *Beta vulgaris* CULTIVADA BAJO MICROTÚNEL Y A CAMPO ABIERTO

Los resultados de los análisis bromatológicos del forraje y el suplemento indican que la remolacha forrajera obtuvo un mayor porcentaje de proteína comparada con el raygrass (Tabla 6). De tal forma que, el raygrass tiene un 8.8% en proteína siendo este el 50% menor al de la remolacha forrajera cultivada bajo microtúnel que fue de 16.91%. Es importante indicar que los valores de materia seca, fibra cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno del raygrass fueron mayores en comparación con los de remolacha forrajera cultivada en microtúnel y a campo abierto. Los resultados de la composición nutritiva del raygrass son similares a los obtenidos por Buri⁷⁹ quien afirma que el contenido de proteína del raygrass disminuye cuando las plantas pasan el periodo de floración. El mismo autor menciona que mientras disminuye su contenido proteico aumentan los otros componentes nutritivos.

Tabla 6. Análisis bromatológico de raygrass (*L. multiflorum*), remolacha forrajera (*B. vulgaris*) a campo abierto y bajo microtúnel.

| ALIMENTO | Materia seca (%) | Proteína (%) | Fibra cruda (%) | Extracto etéreo (%) | ELN (%) |
|--|------------------|--------------|-----------------|---------------------|---------|
| REMOLACHA FORRAJERA a campo abierto (50% hojas: 50% tubérculo) | 9,52 | 16,18 | 19,29 | 0,67 | 40,08 |
| REMOLACHA FORRAJERA bajo microtúnel (50% hojas: 50% tubérculo) | 8,34 | 16,91 | 20,36 | 1,7 | 38,25 |
| RAYGRASS <i>L. multiflorum</i> . | 23,55 | 8,88 | 31,57 | 2,12 | 45,67 |

Por otro lado, los resultados indican que el microtúnel no afectó el valor nutricional de la remolacha forrajera, este solo incrementa su producción. Lo anterior indica que las condiciones de cultivo bajo microtúnel no altera la calidad de los cultivos, como fue revelado por Velasquez *et al.*⁸⁰. Por otra parte, Demanet⁸¹ señala que la

⁷⁹ BURI, Tania. Digestibilidad del raygrass (*Lolium perenne*) en diferentes estados fenológicos para la alimentación de cobayos (*Cavia porcellus*) en la Hoya de Loja. Trabajo de Grado Médico Veterinaria y Zootecnia. Loja: Universidad Nacional de Loja. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2013. p. 110.

⁸⁰ VELASQUEZ, V.; RUÍZ, H.; CHÁVES, G. y LUNA, C. Productividad de lechuga *Lactuca sativa* en condiciones de microtúnel en el suelo. *En: Revista de Ciencias Agrícolas*. 2014. vol. 31, no 2: 93-105.

remolacha forrajera es un suplemento que posee un alto valor energético, el cual fluctúa entre 2.8 y 3.0 Mcal/kg de MS y un contenido variable de proteína que fluctúa entre 12 y 16%; valor que cambia según sea el aporte de la hoja, ratificando los valores encontrados en la presente investigación.

Los resultados también indican que el raygrass obtuvo un alto porcentaje de fibra cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno, en comparación con la remolacha forrajera sembrada a campo abierto y bajo microtúnel, sin embargo comparando los sistemas de siembra de remolacha forrajera encontramos que el extracto etéreo es más alto en el sistema bajo microtúnel, esto puede deberse a que el contenido de extracto etéreo disminuye a medida que se incrementa el número de días en el intervalo de corte, teniendo en cuenta que la remolacha forrajera cultivada bajo microtúnel se cosechó un mes antes que la de campo abierto. Lo anterior lo afirma Palacios⁸², indicando que el intervalo de corte es indirectamente proporcional con el contenido de extracto etéreo.

6.2 EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS

En la Tabla 7 se presenta los resultados de los porcentajes de materia seca (MS), proteína (P), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía (E) en Kcal/100g.

Tabla 7. Composición química de los tratamientos.

| TRATAMIENTOS | MS % | P % | FC % | EE % | ELN % | E Kcal/100g |
|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------|
| T0 | 23.55 | 8.88 | 31.57 | 2.12 | 45.67 | 412 |
| T1 | 16.535 | 12.53 | 25.43 | 1.395 | 42.875 | 372 |
| T2 | 13.0275 | 14.355 | 22.36 | 1.0325 | 41.4775 | 352 |
| T3 | 15.945 | 12.895 | 25.965 | 1.91 | 41.96 | 370.5 |
| T4 | 12.1425 | 14.9025 | 23.1625 | 1.805 | 40.105 | 349.75 |

Los resultados muestran que los tratamientos con menor porcentaje de raygrass (T2 y T4) obtuvieron valores ligeramente más bajos de MS, ELN y E, comparado con los demás tratamientos. De tal forma, que el aumento en el porcentaje de remolacha forrajera tiene una influencia mayor sobre la proteína de la dieta, comparado con el sistema de cultivo a campo abierto o en microtúnel que no tuvieron una influencia evidente sobre la composición nutricional de la dieta.

⁸¹ DEMANET, Rolando. El renacer de la remolacha forrajera. [Online]. Septiembre de 2017. [Citado el 30 abril de 2018]. Disponible en: <https://consorciolechero.cl/industria-lactea/wp-content/uploads/2017/10/el-renacer-de-la-remolacha-forrajera1.pdf>

⁸² PALACIOS, Geovany. Selección y evaluación de especies forrajeras en la zona de Palora, Oriente Ecuatoriano. Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Quito: Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica. 1989. p. 120.

Los tratamientos T2 y T4 muestran un aporte mayor de proteína comparado con los tratamientos que tuvieron 50% de raygrass en la dieta (T1 y T3). Esto probablemente se debe a que el raygrass presentó bajos porcentajes de proteína en post-floración y estos valores pudieron influenciar la composición de proteína de los tratamientos. A favor de esta hipótesis Ramírez *et al.*⁸³ afirman que la disminución en el contenido de proteína es más severa al aumentar la edad del pasto. Los mismos autores manifiestan que este fenómeno ocurre por la reducción de la actividad metabólica de la planta de manera que conforme se cosecha el forraje a una edad mayor, la síntesis de compuestos proteicos en la planta es menor, haciendo que los valores de proteína disminuyan.

6.3 VARIABLES PRODUCTIVAS.

6.3.1 Consumo de materia seca en fase de levante y engorde. El consumo de materia seca del alimento en las fases de levante y engorde (Tabla 8), es influenciado significativamente ($p < 0.05$) por el tipo de alimentación propuesta (Anexo A). La prueba de comparación de medias Tukey, indicó que el sistema de cultivo de la remolacha forrajera (a campo abierto o en microtúnel) no tiene ningún efecto sobre el consumo de la dieta en ninguna de las fases de crecimiento (Figura 9 y 10). Estos resultados son compatibles con los obtenidos en el análisis bromatológico discutido anteriormente, donde no se observó ninguna diferencia relevante en la composición nutricional de la remolacha forrajera cultivada en campo abierto y microtúnel. Por tanto, el sistema de cultivo de la remolacha forrajera no afectó la composición nutricional de las plantas y, en consecuencia, tampoco afectó el consumo de los cuyes en la fase de levante y engorde.

Por otra parte, se presentó un mayor consumo de materia seca a base de raygrass en el tratamiento T0, en un 49%, seguido de los tratamientos T2 y T4, tanto en la fase de levante como en la fase de engorde (Figura 9). Esto puede suceder por la baja concentración de nutrientes del raygrass en el T0, con respecto a los demás tratamientos, por lo cual se incrementa la ingesta para cubrir sus requerimientos nutricionales. Por su parte, Ramos *et al.*⁸⁴ y Chauca⁸⁵ manifiestan que la baja calidad del forraje fuerza al animal a un mayor consumo para satisfacer sus requerimientos.

⁸³ RAMIREZ, Jorge; VERDESIA, Danis y LEONAR, Ismael. Rendimiento y caracterización química del pennisetum cuba CT 169 en un suelo pluvisol. *En: Revista Electrónica de Veterinaria*. 2008. vol. IX, no 5: 1-10.

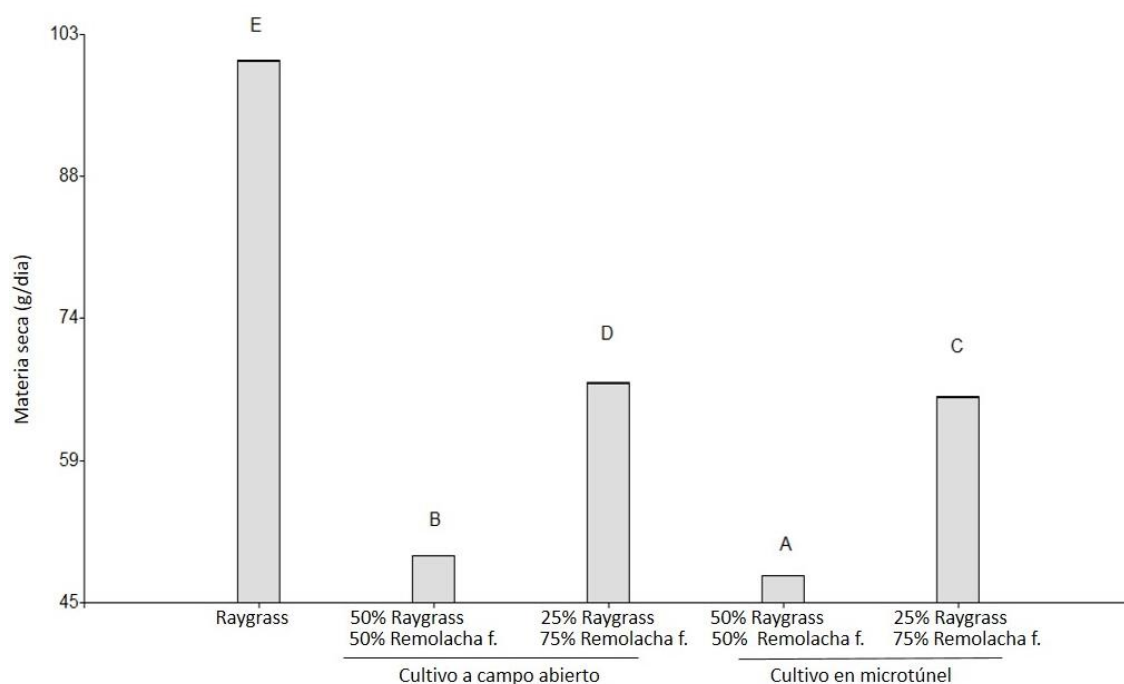
⁸⁴ RAMOS, L.; GUEVARA, A y VILLOTA, M. Evaluación del comportamiento productivo de cuyes *Cavia porcellus* alimentados con pasto aubade *Lolium sp.* y forraje de abutilon *Abutilon striatum*. *En: Investigación Pecuaria*. 2013. Vol. 2, No 2: 23 – 31.

⁸⁵ CHAUCA. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). *Op. cit.*, p.56.

Tabla 8. Consumo de materia seca fase de levante y engorde.

| | Consumo de Materia Seca (g/día) | |
|-----------|---------------------------------|---------|
| | Levante | Engorde |
| T0 | 100,09 | 105,98 |
| T1 | 49,50 | 54,65 |
| T2 | 67,19 | 71,96 |
| T3 | 47,48 | 52,00 |
| T4 | 65,71 | 70,79 |

Figura 9. Consumo de materia seca en fase de levante.



Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de tukey ($p < 0.05$).

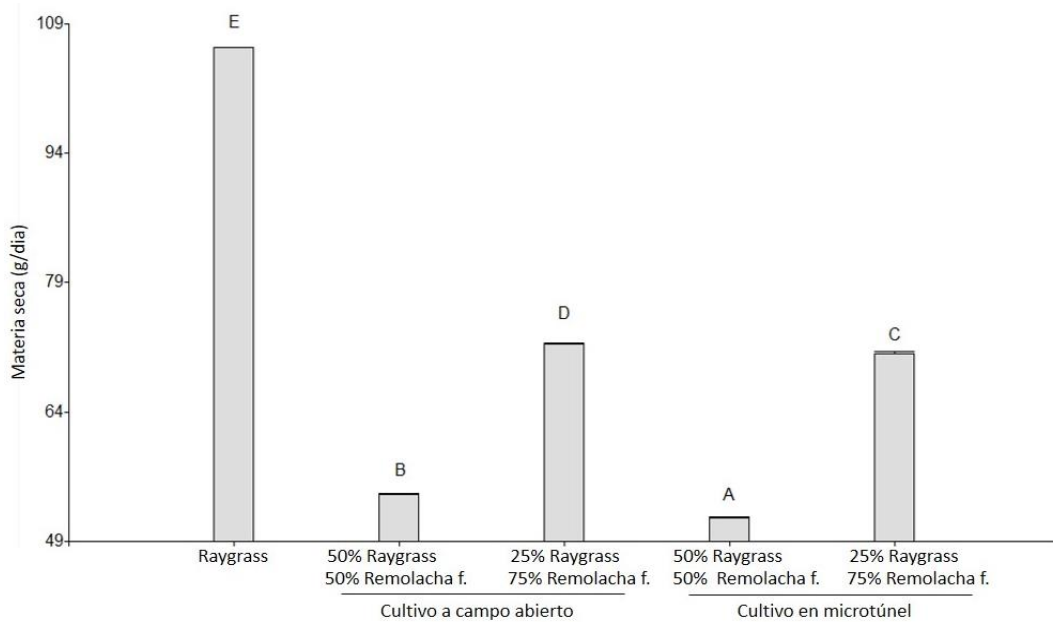
Por otro lado, los tratamientos T2 y T4, presentaron un bajo contenido de MS, por lo cual el animal incrementa la ingesta para suplir sus requerimientos nutricionales.

6.3.2 Ganancia de peso en la fase de levante y engorde. Los pesos promedios de los animales y la ganancia de peso se encuentran en la Tabla 9.

En el análisis de varianza demostró que las ganancias de peso de los tratamientos son similares ($P > 0.05$), para las dietas en la fase de levante y engorde (Anexo B). Esto puede deberse a que estas presentan diferentes niveles de proteína y

energía, aunque los tratamientos T0, T2 y T4 no cumplen los requerimientos nutricionales, su elevado consumo de alimento puede haber cubierto sus necesidades nutritivas. Ratificando lo anterior Patiño y Burgos⁸⁶ indica que el incremento de consumo de materia seca favorece la ganancia de peso de los cuyes.

Figura 10. Consumo de materia seca fase de engorde.



Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$), test de Tukey.

Lo anterior también lo afirma Chamorro y Mora⁸⁷, demostrando que la ganancia de peso está directamente afectada con la calidad de la ración, es decir entre mayor sea el consumo, la ganancia de peso será también mayor, siempre y cuando se tengan en cuenta los factores que pueden afectar su consumo (edad, tamaño, estado fisiológico del animal, aporte nutricional de la ración, palatabilidad y temperatura), los cuales se tuvieron en cuenta al momento de realizar esta investigación.

⁸⁶ PATIÑO, J. y BURGOS, D. Evaluación de diferentes niveles de proteína con la inclusión de harina de colla negra (*Esmallanthus pyramidalis*) en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). Trabajo de grado Zootecnia. Nariño: Universidad de Nariño. Carrera de Zootecnia. 2010. p. 59.

⁸⁷ CHAMORRO, R. y MORA, C. sustitución del maíz (*Zea mays*) por harina de guineo (*Musa sapientum* L.K) como fuente de energía en suplementos para cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de levante y engorde. Trabajo de grado Zootecnista. Nariño: Universidad de Nariño. 2003. p. 58.

Tabla 9. Ganancias de peso promedio.

| TRATAMIENTOS | Peso promedio inicial (g) | Peso promedio final (g) | Promedio Ganancia de peso (g/día) |
|--|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| T0 (Raygrass) | 283 | 776,17 | 8,39 |
| T1 (50% Raygrass 50% Remolacha forrajera a campo abierto) | 282 | 785 | 8,53 |
| T2 (25% Raygrass 75% Remolacha forrajera a campo abierto) | 287,67 | 777,17 | 7,68 |
| T3 (50% Raygrass 50% Remolacha forrajera bajo micrútunel) | 313 | 836,33 | 8,5 |
| T4 (25% Raygrass 75% Remolacha forrajera bajo micrútunel) | 321,33 | 802,5 | 7,82 |

Se debe de tener en cuenta que el tratamiento T0 (raygrass) presenta un contenido de energía superior, con un efecto positivo sobre el incremento de peso. Al respecto, Chauca⁸⁸ menciona que si se enriquece la ración con un mayor nivel energético, se logran mayores ganancias de peso y mayor eficiencia de utilización de alimentos, lo que no causa problemas graves en la salud del animal y la obtención del producto final, a excepción de la disposición exagerada de grasa.

6.3.3 Conversión alimenticia en la fase de levante y engorde. En la etapa de levante, el análisis de varianza indica que la conversión alimenticia es influenciada significativamente ($p < 0.05$) por la composición de la dieta (Anexo C). La mejor conversión alimenticia se obtuvo cuando los cuyes fueron alimentados con 50% de raygrass y 50% remolacha forrajera (T1 y T3), seguido por los tratamientos T2, T4 y T0 (Figura 11). Estos resultados se deben a que la conversión alimenticia está en función del consumo e incremento de peso (Patiño y Burgos⁸⁹).

⁸⁸ Ibid., p. 45.

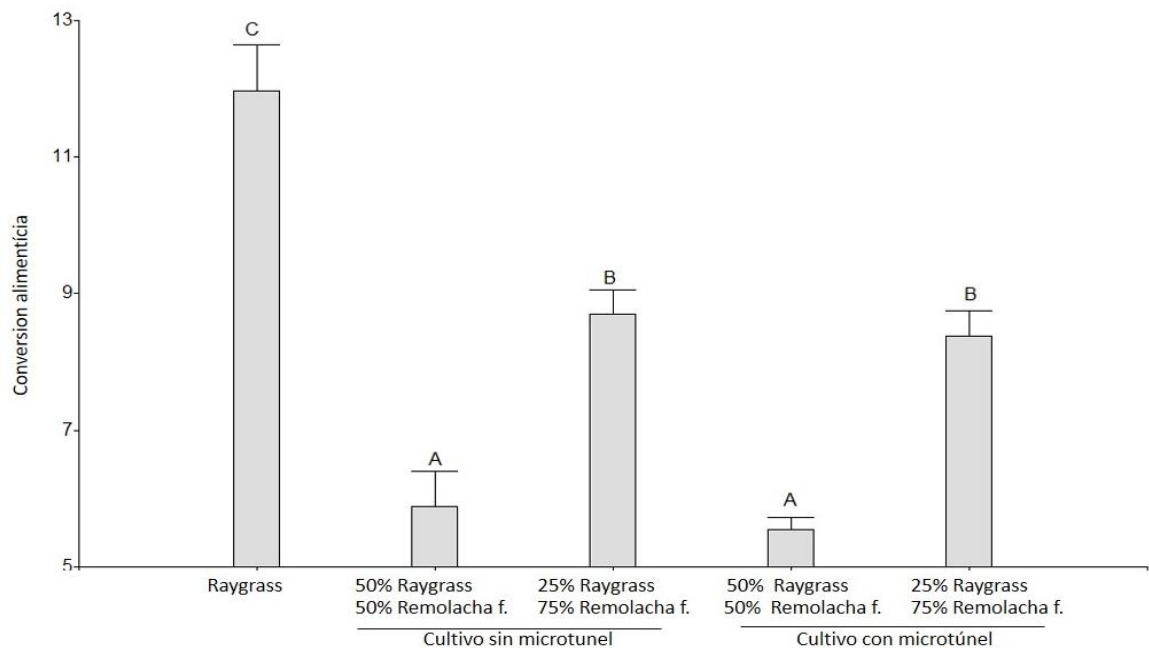
⁸⁹ PATIÑO, J. y BURGOS, D. Op. cit., p. 64.

Por lo anterior se puede afirmar que el porcentaje de proteína y energía de los tratamientos T0, T2 y T4, no fueron adecuados; a pesar de los elevados consumos de materia seca obtenidos, presentaron un bajo incremento de peso, lo que evidencio malas conversiones alimenticias (Tabla 10).

Tabla 10. Conversión alimenticia en la fase de levante y engorde.

| | Conversión alimenticia | |
|-----------|------------------------|---------|
| | Levante | Engorde |
| T0 | 12,12 | 15,05 |
| T1 | 5,97 | 16,25 |
| T2 | 8,82 | 19,04 |
| T3 | 5,62 | 13,57 |
| T4 | 8,49 | 12,22 |

Figura 11. Conversión alimenticia fase de levante.



Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$), test de Tukey.

El análisis de varianza en la fase de engorde, indica que no existe diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), para los tratamientos (Anexo C). Estos resultados pueden deberse al estado fisiológico del animal, ya que los animales en la fase de levante son más eficientes en crecimiento y disminuyen en forma gradual hasta llegar a su edad adulta (fase de engorde). Esto lo afirma Church y

Pond⁹⁰ quienes indican que a medida que los mamíferos crecen, la calidad de la dieta disminuye, generalmente a medida que el alimento de su dieta proviene de fuentes no lácteas, el resultado es una menor eficiencia de la materia seca del alimento.

6.4 DIGESTIBILIDAD IN VIVO

En la Tabla 11 se encuentran los promedios de los coeficientes de digestibilidad.

6.4.1 Coeficiente de digestibilidad de la materia seca. El análisis de varianza indica que no hay diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) para las dietas (Anexo D), por lo cual los coeficientes de digestibilidad de la materia seca fluctúan entre 79.07% y el 87.18% para los tratamientos T3 y T2 respectivamente, siendo el T2 y el T4 los de mayor digestibilidad seguidos por los tratamientos T0, T1 y T3 (Figura 12).

Tabla 11. Coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, fibra, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno.

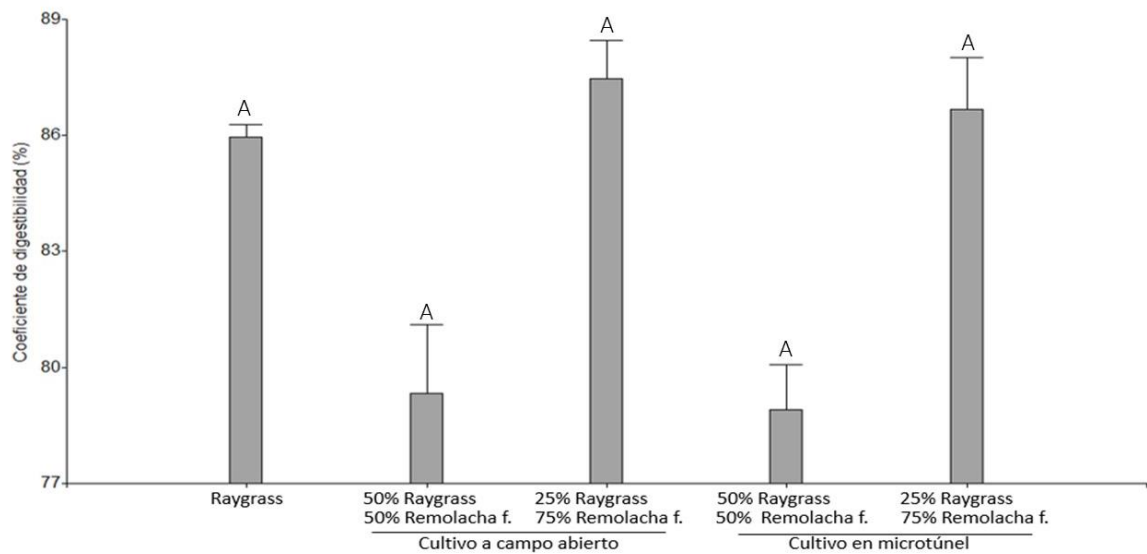
| | Coeficiente de Digestibilidad | | | | |
|-----------|-------------------------------|----------|-------|--------------------------|-----------------|
| | Materia Seca | Proteína | Fibra | Extracto Libre Nitrógeno | Extracto Etéreo |
| T0 | 90,41 | 86,38 | 90,36 | 91,76 | 87,01 |
| T1 | 86,02 | 85,90 | 83,18 | 86,75 | 71,31 |
| T2 | 91,34 | 92,15 | 88,72 | 91,50 | 74,55 |
| T3 | 85,79 | 85,50 | 84,25 | 86,52 | 76,76 |
| T4 | 90,84 | 91,76 | 87,18 | 91,78 | 83,85 |

Lo anterior lo confirma Mora⁹¹, quien afirma que la digestibilidad varía de acuerdo con factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen, donde los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad.

Figura 12. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca.

⁹⁰ CHURCH, D. y POND, W. fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México, Libusa. 1990. P. 282.

⁹¹ MORA, I. Nutrición animal. Zaragoza, España. 2002. P. 13-29.



6.4.2 Coeficiente de digestibilidad de la proteína. El sistema de siembra del cultivo no tuvo ningún efecto sobre el coeficiente de digestibilidad de proteína de la remolacha forrajera en la alimentación de cuyes. Estos resultados pueden deberse a que el microtúnel no afecta la composición nutricional de los cultivos (Velasquez *et al.*⁹²)

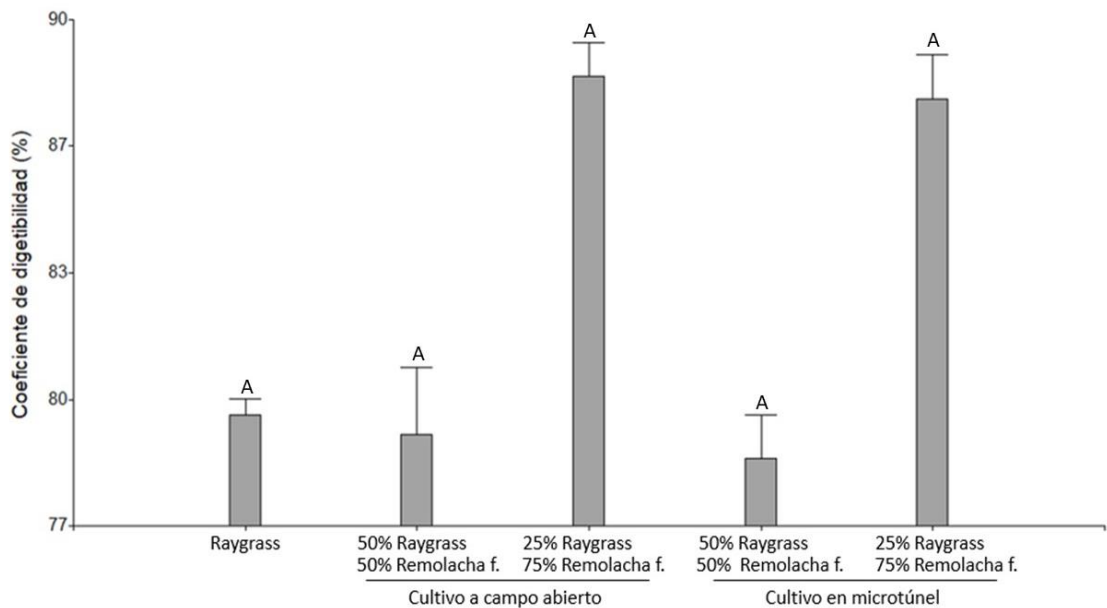
El aumento de remolacha forrajera en la dieta de los cuyes mejora la digestibilidad de proteína en comparación con los demás tratamientos (Figura 13), aunque esta diferencia no es significativa (Anexo D), esto puede deberse al contenido de agua de la remolacha forrajera, ya que esta juega un papel importante en la nutrición, corroborando esta hipótesis, Ureña⁹³ menciona que el agua participa en la hidrólisis de los principios inmediatos de las proteínas e interviene en la absorción de los nutrientes, sumado a lo anterior FEDNA⁹⁴ indica que la digestibilidad de la materia orgánica de la remolacha forrajera puede alcanzar valores de 85%, siendo mayor en fresco que cuando se consume en seco, ya que el proceso de desecación suele reducir la digestibilidad intestinal de las proteínas.

⁹² VELASQUEZ, V.; RUÍZ, H.; CHÁVES, G. y LUNA, C. Op. cit., p. 29.

⁹³ UREÑA, F. Nutrición y alimentación animal. Universidad de Córdoba. España. 2003. p. 14.

⁹⁴FEDERACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA). Pulpa de remolacha. [Online] 23 mayo de 2017. [Citado 17 enero de 2018]. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/>

Figura 13. Coeficiente de digestibilidad de la proteína.



6.4.3 Coeficiente de digestibilidad de la fibra. Los diferentes tipos de dieta no tienen un efecto significativo ($p > 0.05$) sobre la digestibilidad de fibra (Anexo D). Por su parte, el sistema de cultivo de remolacha forrajera no tuvo ninguna influencia sobre la digestibilidad de la fibra en los cuyes. La dieta control (raygrass) obtuvo la mejor digestibilidad de fibra en comparación con los demás tratamientos. En contraste, las dietas que tuvieron un alto contenido de remolacha forrajera 75% (T2 y T4) afectaron positivamente los valores de digestibilidad de la fibra (Figura 14). Estos resultados son similares a los encontrados por Buri⁹⁵, quien indica que los valores de digestibilidad de fibra pueden alcanzar valores de 80.77% cuando son alimentados con raygrass.

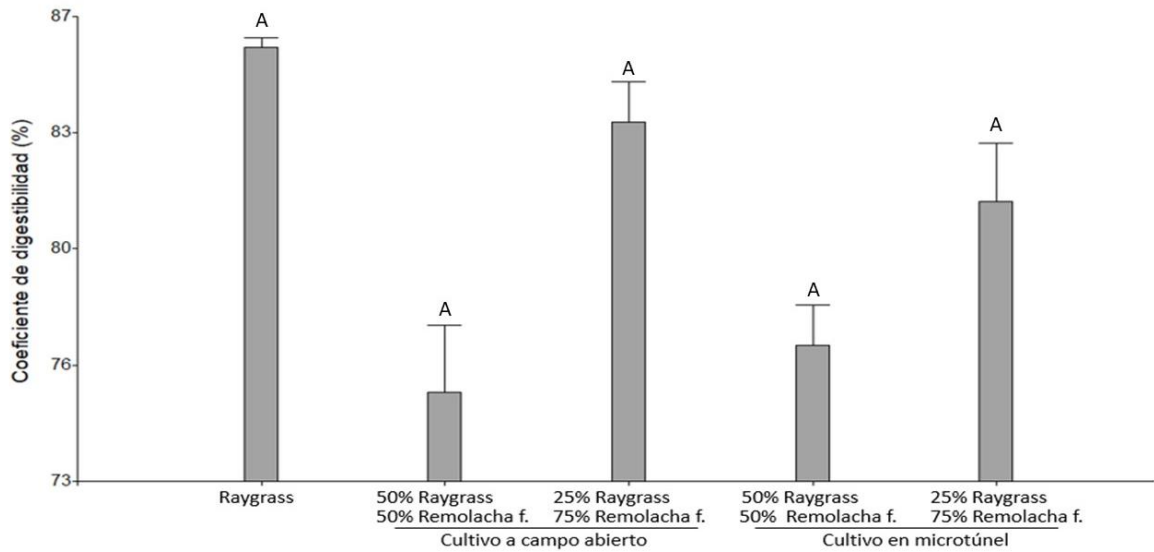
Estudios realizados por Hyslop *et al.*⁹⁶ demuestran que el tubérculo de remolacha es fermentado más completamente por microflora cecal. Garzón⁹⁷ indica que el tubérculo de remolacha posee un alto contenido de pectinas, arabinanos, galactanos, además de un bajo contenido de lignina, lo que puede incrementar la digestibilidad de fibra de los cuyes.

⁹⁵ BURI. Op. cit., p. 75.

⁹⁶ HYSLOP, J. Comparative degradation in situ of four concentrate feeds in the caecum of ponies and the rumen of steers. *En: Journal of Animal Science*. 1997.

⁹⁷ GARZON, L. Variabilidad de fracciones nutricionales de materias primas usadas en la elaboración de concentrados para rumiantes. Trabajo de Grado Zootecnia. Quito: Universidad del Chimborazo. Facultad de Medicina y Veterinaria. 2010. p. 178.

Figura 14. Coeficiente de digestibilidad de la fibra.



6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO POR TRATAMIENTO

Según valores tomados de la Producción Cuyicola de la Granja Experimental de Botana, el raygrass tiene un costo de producción de \$35 kg/FV, mientras que los costos de producción de la remolacha forrajera realizados en este estudio (Anexo D), muestran que sembrada a campo abierto son menores (\$51 kg/FV) a los de la remolacha forrajera bajo microtúnel (\$31 kg/FV), esto probablemente se debe a los costos de la instalación de los microtúneles. Sin embargo, al tener en cuenta la producción la remolacha forrajera bajo microtúnel refleja un menor costo, esto puede ser efecto del microtúnel, puesto que incrementa la producción, obteniendo así un mayor número de cosechas por año.

Además de lo anterior, las estructuras bajo cubierta proporcionan un ambiente protegido para los cultivos que generalmente están expuestos a factores bióticos y abióticos, esto también fue observado por Velasquez *et al.*⁹⁸, quienes indican que la rentabilidad bajo condiciones de macrotúnel se caracteriza por tener mejores precios y obtener el producto en un menor periodo de tiempo.

El análisis económico mostró que la dieta con 50% raygrass y 50% remolacha forrajera bajo microtúnel (T3), obtuvo mayores ingresos por la venta de los animales, teniendo en cuenta que el precio fue de \$19 por gramo de peso vivo, valor tomado de la Producción Cuyicola de la Granja Experimental de Botana

⁹⁸ VELASQUEZ, V.; RUÍZ, H.; CHÁVES, G. y LUNA, C. Op. cit., p. 29.

(Tabla 12), siendo este tratamiento el de mejor rentabilidad, seguido por el T4, T1, T0, y T2.

Tabla 12. Análisis económico de los tratamientos.

| | TRATAMIENTOS | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| TOTAL, COSTOS VARIABLES | \$ 6.891 | \$ 6.108 | \$ 11.330 | \$ 4.620 | \$ 8.061 |
| TOTAL, COSTOS FIJOS | \$ 59.818 | \$ 59.818 | \$ 59.818 | \$ 59.818 | \$ 59.818 |
| COSTOS TOTALES | \$ 66.709 | \$ 65.926 | \$ 71.149 | \$ 64.439 | \$ 67.879 |
| INGRESOS | \$ 88.483 | \$ 88.464 | \$ 88.597 | \$ 95.342 | \$ 91.485 |
| % RENTABILIDAD | 32,6 | 34,2 | 24,5 | 48,0 | 34,8 |

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Los sistemas de siembra a campo abierto y bajo microtúnel de *Beta vulgaris* no afectaron la composición nutricional de hojas y tubérculo, sin embargo, mostraron porcentajes de proteína más altos que en *Lolium multiflorum*, alimento que podría convertirse en una alternativa forrajera interesante para la alimentación de los cuyes en las fases de levante y engorde.
- El tratamiento que contiene el 50% de remolacha forrajera, evidenció un bajo consumo de materia seca y un buen incremento de peso, lo que logró la mejor eficiencia alimenticia, originando rentabilidades altas.
- Los costos de producción de remolacha forrajera cultivada bajo microtúnel se incrementan, debido a la infraestructura utilizada en los microtúneles, sin embargo, a largo plazo se obtiene mayor producción de forraje verde y mayor número de cosechas por año, lo que mejora la rentabilidad de las producciones cuyícolas.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere utilizar los sistemas de producción bajo microtúnel en cultivos con un mayor contenido de materia seca, con el fin de incrementar la rentabilidad, debido a que la remolacha forrajera presenta un bajo contenido de materia seca lo que disminuye su producción.
- Para futuros trabajos se recomienda evaluar el rendimiento de canal y porcentaje de grasa en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con dietas a base de remolacha forrajera, con el fin de analizar la disposición de grasa, debido a que esta presentó alto contenido energético.
- Se recomienda estudiar dietas con remolacha forrajera en otras producciones pecuarias evaluando los diferentes parámetros productivos, con el objetivo de estudiar la calidad de esta como suplemento alimenticio

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, Z. Producción de forraje verde para ganado bovino en invierno. Reporte de resultados primer año. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo México. 2007. 58 p.

BURACZEWSKA, L. Formulación de dietas de cerdos según el contenido ideal de aminoácidos digestibles. En: Prod. Sci. 1999. vol 59: 13-24.

BURBANO J. y ERAZO L. Estudio de prefactibilidad para el montaje de un criadero de cuyes en la vereda Meneses, municipio de Buesaco. Trabajo de Grado Zootecnia. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia, 2000, p. 34.

BURI, Tania. Digestibilidad del raygrass (*Lolium perenne*) en diferentes estados fenológicos para la alimentación de cobayos (*Cavia porcellus*) en la Hoya de Loja. Trabajo de Grado Médico Veterinaria y Zootecnia. Loja: Universidad Nacional de Loja. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2013. p. 110.

CÁCERES, O y GONZALES, E. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los alimentos de los forrajes tropicales. En: Pastos y Forrajes. 2000. vol. 23, no 2: 87-103.

CAÑAS, R. Alimentación y Nutrición Animal. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile. 2000. p. 345.

CASTILLA, H. Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo. 2 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2007. p. 252.

CASTILLO, H. Cultive pasto rye grass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de Tamaulipas. En: Boletín Electrónico, 2015. vol. 1, no 15: 1-2.

CAYCEDO, A. Experiencias Investigativas en la producción de cuyes contribución al desarrollo técnico de la explotación, Pasto – Nariño – Colombia. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de investigaciones, posgrados y relaciones internacionales. 2000. p.23. ISBN 958-9479-11-1.

CAYCEDO, A.; BASTIDAS, J.; MUÑOZ, L.; CORTÉS, M. y PÉREZ, P. El cuy, historia, cultura y futuro regional. Ed. Colombia Grafica. Pasto Colombia, 2004. p. 139.

CERDA, D.; MANTEROLA, H. y SIRHAB, L. Validación y Estudios Comparativos de Métodos Estimadores de la Digestibilidad Aparente de Alimentos para Rumiantes. En: Avances en Producción Animal. 1986. vol. 11, no 1-2: 53 -62.

CHAMORRO, R. y MORA, C. sustitución del maíz (*Zea mays*) por harina de guineo (*musa sapientum L.K*) como fuente de energía en suplementos para cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de levante y engorde. Trabajo de grado Zootecnista. Nariño: Universidad de Nariño. 2003. p. 58.

CHAUCA, L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Instituto Nacional de Investigación Agraria. Perú. 1997. p. 98.

CHURCH, D. 1999. Fundamentos de nutrición y alimentación animal. 3ª ed. México. Edit. UTEHA. P. 512.

CHURCH, D. y POND, W. fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México, Libusa. 1990. P. 282.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Cría de cuyes (*Cavia porcellus*), fuente de alimento de gran valor nutritivo. En: Boletín mensual. 2016. vol. 38: 1-10.

CORPOICA. Explotación tecnificada de cuyes. Boletín 34. 2003., p. 14

CSIZINSZKY, A.; SCHUSTER, D y KRING, J. Color mulches influence yield and insect pest population in tomatoes. En: Journal of the American Society for Horticultural Science. 1995. vol. 120, no 5, p. 778-784.

DELGADO, C. y ZAMBRANO, M. Utilización de diferentes niveles de forraje de avena (*Avena sativa*) como suplemento de pasto Raygrass (*Lolium sp*) en la alimentación de cuyes de engorde. Trabajo de grado (Zootecnia). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, programa de Zootecnia. 2007.

DEMANET, Rolando. El renacer de la remolacha forrajera. [Online]. Septiembre de 2017. [Citado el 30 abril de 2018]. Disponible en: <https://consorciolechero.cl/industria-lactea/wp-content/uploads/2017/10/el-renacer-de-la-remolacha-forrajera1.pdf>

ESCOBAR, G. Pasta de soya y pasta de ajonjolí: fuentes de proteína de calidad para la alimentación de lechones recién destetados. Tesis de Maestría Ciencia Animal. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 2007. p. 178.

FAO. Alternativas nutricionales para la época seca. 23-agosto 2010. [Online]. [Citado 20 de noviembre del 2012]. Disponible en: <http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-honfeb/anes%20de.pdf>.

FAO. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo en America Latina y el Caribe. 2000. p. 23.

FEDERACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA). Pulpa de remolacha. [Online] 23 mayo de 2017. [Citado 17 enero de 2018]. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/>

FLORES, J. Efecto del distanciamiento entre plantas en la producción de dos variedades de remolacha forrajera (*Beta vulgaris l. ssp. vulgaris var crassa*) puno. Puno – Peru. 2014. p. 12.

GAMBOA, J. y SOTELO, S. Evaluación de diferentes niveles de energía y proteína en la suplementación de cuyes (*Cavia porcellus*) lactantes manejados con cerca gazapera. Trabajo de Grado Zootecnia. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia, 2000. p.12.

GARZON, L. Variabilidad de fracciones nutricionales de materias primas usadas en la elaboración de concentrados para rumiantes. Trabajo de Grado Zootecnia. Quito: Universidad del Chimborazo. Facultad de Medicina y Veterinaria. 2010. p. 178.

GUERRERO, H. Abonos para La producción de hortalizas orgánicas. Asociación de Productores Orgánicos Ecológicos de Tapesco de Alvaro Ruiz. Boletín técnico. 1998. p. 34.

HYSLOP, J. Comparative degradation in situ of four concentrate feeds in the caecum of ponies and the rumen of steers. En: Journal of Animal Science. 1997.

HORNGREN, Charles; FOSTER, George y DATAR, Srikant. Contabilidad de Costos. Un Enfoque Gerencial. Prentice-Hall. 1996. p. 123.

IDEAM. Instituto de Hidrología Meteorología y estudios ambientales. [Online]. 23 agosto de 2017. [Citado 3 octubre de 2019]. disponible en: <URL:<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&ig=257>>[

INFOAGRO. El cultivo de la remolacha forrajera. [Online] México. [Citado 3 marzo de 2016] Disponible en:http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/remolacha_azucarera.htm.

JÁCOME, V. Cría y mejora de cuyes, un modelo familiar tecnificado. Instituto Tecnológico Agropecuario Luis A. Martínez. Ambato, Ecuador. 2004. p. 25-28.

JARAMILLO, N. y DIAZ, D. El Cultivo de las Crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 4. 2005. p. 176.

JUÁREZ LOPEZ, P.; BULGARÍN, R.; CASTRO, R.; SÁNCHEZ-MONTEÓN, A.; CRUZ-CRESPO, E.; JUAREZ, C.; SANTIAGO, J.; BALOIS, R. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. En: Revista Fuente. 2011. vol. 3, no 8, p. 21-27.

MARTINEZ, D. Requerimientos nutricionales del cuy. En: Primer Curso Internacional de cuyicultura. Memorias del Primer Curso Internacional de cuyicultura. Ibarra. ASOPRAN, 2006.

MARTINEZ, R. Proceso de nutrición y alimentación de los cuyes en sus diferentes etapas productivas. En memoria al primer curso internacional de Cuyicultura. Asociación de Productores Agropecuarios del Norte. Ibarra, Ecuador. 2006.

MARZOCCA, A. Manual de malezas. 3ª ed. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 1976. p. 78.

McDONALD, J. 1995. Nutrición animal. 5ª ed. EEUU. New York. Se. P.85.

MISLE, Enrique y NORERO, Aldo. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. i. efecto de diferentes tipos de láminas. En: Agricultura Técnica. 2001. vol. 61, no 4, p. 1-10.

MORA, I. Nutrición animal. Zaragoza, España. 2002. P. 13-29.

MORALES, J. Cultivo de remolacha forrajera. Fundación de desarrollo agropecuario. Boletín Técnico 22. Serie Cultivos. INC, 1995. p. 23.

MORENO, A. Producción de cuyes. 2 ed. Lima: Universidad Agraria La Molina. 1989. p. 123.

MUNDO PECUARIO. Composición nutricional del Raygrass (*Lolium sp.*): Nutrión. Madrid. [Online] [Citado 23 mayo de 2018] disponible en: Composición nutricional del Raygrass.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requeriments of laboratoy animals. National Academy of Science. Washington. 1978, p.96.

PALACIOS, Geovany. Selección y evaluación de especies forrajeras en la zona de Palora, Oriente Ecuatoriano. Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Quito: Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica. 1989. p. 120.

PATIÑO, J. y BURGOS, D. Evaluación de diferentes niveles de proteína con la inclusión de harina de colla negra (*Esmallanthus pyramidalis*) en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). Trabajo de grado Zootecnia. Nariño: Universidad de Nariño. Carrera de Zootecnia. 2010. p. 59.

PERUCUY. Manejo de cuyes. Lima, Perú. 2010. p. 22-32.

RAMIREZ, Jorge; VERDESIA, Danis y LEONAR, Ismael. Rendimiento y caracterización química del *pennisetum cuba* CT 169 en un suelo pluvisol. En: Revista Electrónica de Veterinaria. 2008. vol. IX, no 5: 1-10.

RAMOS, L.; GUEVARA, A y VILLOTA, M. Evaluación del comportamiento productivo de cuyes *Cavia porcellus* alimentados con pasto *aubade Lolium sp.* y forraje de abutilon *Abutilon striatum*. En: Investigación Pecuaria. 2013. Vol. 2, No 2: 23 – 31.

REIS DE SOUZA, T. y MARISCAL-LANDÍ, G. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. En: Téc. Pecu. México. 2007. vol. 35: 145-159.

RZEDOWSKI, G. y RZEDOWSKI, J. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 2001. p. 34.

SAMPER, D. Ventajas de la Producción en Invernaderos. En: NOVAGRIC. Noviembre, 2018. p.36.

SÁNCHEZ, C. Crianza y Comercialización de Cuyes. Ed. Ripalme. Lima- Perú. 2002. p. 9.

SERRANO-CARMEÑO, Zoilo. Construcción de invernaderos. 3 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2005. p. 85.

SARRIA, J. El cuy crianza tecnificada. Manual técnico en cuyicultura N° 1. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2011.

TOBAL C. F. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad. Trabajo de Grado Ingeniero Zootecnista. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Ciencias Veterinarias. Programa de Ingeniería Zootécnica. 1999. p. 52.

TREMBLAY, Nicolas y GOSSELIN, André. Effect of Carbon Dioxide Enrichment and Light. En: Hort Technology. 1998. vol. 8, no 3, p. 524-528.

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA. Herbario: Familia Chenopodiaceae, *Beta vulgaris* L.: remolacha [Online]. España. Departamento de Producción Agraria. [Citado en 12 marzo de 2018]. Disponible en: http://www.unavarra.es/servicio/herbario/pratenses/htm/Beta_vulg_p.htm.

UREÑA, F. Nutrición y alimentación animal. Universidad de Córdoba. España. 2003. p. 14.

VARGAS, M. Crianza comercial de cuyes. Noviembre, 2013. [Online]. Disponible en: <http://www.rmr-peru.com/crianza-de-cuyes.htm>.

VELASCO, M.; HERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ, V.; PÉREZ, J. y VAQUERA, H. Curvas estacionales de crecimiento de Ballico perenne. En: Revista Fitotecnia Mexicana. 2002. Vol. 25, no 001: 97-106.

VELASQUEZ, V.; RUÍZ, H.; CHÁVES, G. y LUNA, C. Productividad de lechuga *Lactuca sativa* en condiciones de microtúnel en el suelo. En: Revista de Ciencias Agrícolas. 2014. vol. 31, no 2: 93-105.

VILLAFRANCA, A. Evaluación de tres niveles de fibra en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde. Trabajo de Grado Ingeniero Zootecnista. Lima: UNALM. Facultad de Ciencias Veterinarias. Programa de Ingeniería Zootécnica, 2003. p. 90.

VIVAS, J. (2013). Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*). doi:978-99924-1-022-6.

YARZA, J. La remolacha forrajera en la alimentación del ganado. Madrid: Publicaciones de Capacitación Agraria, Ministerio de agricultura, 2009. p. 20.

ANEXOS

Anexo A. Cuadrados medios del consumo de materia seca día en la fase de levante y engorde.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | |
|---------------------|--------------------|---|---|
| | | Consumo de materia seca fase de levante | Consumo de materia seca fase de engorde |
| Modelo | 4 | 2667,62 ** | 2779,07 ** |
| Tratamiento | 4 | 2667,62 ** | 2779,07 ** |
| Error | 25 | 0,4 | 0,15 |

*Significativo $p < 0.05$; **significativo $p < 0.01$; ns: no significativo

Anexo B. Cuadrados medios de la variable ganancia de peso en la fase de levante y engorde.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | |
|---------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | Ganancia de peso fase de levante | Ganancia de peso fase de engorde |
| Modelo | 4 | 0,96 ^{ns} | 10,01 ^{ns} |
| Tratamiento | 4 | 0,96 ^{ns} | 10,01 ^{ns} |
| Error | 25 | 1,01 | 6,73 |

*Significativo $p < 0.05$; **significativo $p < 0.01$; ns no significativo

Anexo C. Cuadrados medios para la variable conversión alimenticia en la fase de levante y engorde.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | |
|---------------------|--------------------|--|--|
| | | Conversión alimenticia fase de levante | Conversión alimenticia fase de engorde |
| Modelo | 4 | 41.18 ** | 41,19 ^{ns} |
| Tratamiento | 4 | 41.18 ** | 41,19 ^{ns} |
| Error | 25 | 1,24 | 123,43 |

*Significativo $p < 0.05$; **significativo $p < 0.01$; ^{ns} no significativo

Anexo D. Cuadrados medios para los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno.

| Cuadrados Medios | | | | | | |
|----------------------------|-----------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Fuente de variación | GL | CD materia seca | CD proteína | CD fibra | CD extracto etéreo | CD extracto libre de nitrógeno |
| Modelo | 4 | 47,40 ^{ns} | 70,75 ^{ns} | 57,70 ^{ns} | 271,80 ^{ns} | 48,07 ^{ns} |
| Tratamiento | 4 | 47,40 ^{ns} | 70,75 ^{ns} | 57,70 ^{ns} | 271,80 ^{ns} | 48,07 ^{ns} |
| Error | 10 | 3.96 | 3.81 | 6,14 | 16,80 | 3,50 |

GL, grados de libertad; CD, coeficiente de digestibilidad; *Significativo $p < 0.05$; **significativo $p < 0.01$; ns no significativo.

Anexo E. Costos de producción de raygrass, remolacha forrajera cultivada bajo microtúnel y a campo abierto.

| COSTOS DE PRODUCCIÓN | ALIMENTOS | |
|------------------------------------|---------------------|-----------------|
| | Remolacha forrajera | |
| | Campo abierto | Bajo microtúnel |
| Labores | | |
| Preparación del suelo | \$ 50.000 | \$ 50.000 |
| Siembra | \$ 75.000 | \$ 75.000 |
| Aplicación de fertilizantes | \$ 50.000 | \$ 50.000 |
| Control de malezas | \$ 50.000 | \$ 50.000 |
| Total de labores | \$ 225.000 | \$ 225.000 |
| Insumos | | |
| Semilla | \$ 16.000 | \$ 16.000 |
| Fertilización | \$ 100.000 | \$ 100.000 |
| Agroquímicos | \$ 50.000 | \$ 50.000 |
| Total de insumos | \$ 166.000 | \$ 166.000 |
| Sistema de riego | | |
| Cinta de goteo | \$ 100.000 | \$ 100.000 |
| Conectores | \$ 90.000 | \$ 90.000 |
| Tubería principal | \$ 100.000 | \$ 100.000 |
| Total sistema de riego | \$ 290.000 | \$ 290.000 |
| Amortización 4 años | \$ 18.125 | \$ 12.083 |
| Microtúnel | | |
| Varillas | | \$ 1.400.000 |
| Plástico calibre 6 | | \$ 1.080.000 |
| Total microtúnel | | \$ 2.480.000 |
| Amortización 7 años | | \$ 59.048 |
| COSTOS TOTALES POR CICLO | \$ 409.125 | \$ 462.131 |
| COSTOS TOTALES POR AÑO | \$ 1.636.500 | \$ 2.772.786 |
| PRODUCCION (Ton/Ha) | 96 | 180,08 |
| COSTOS pesos Ton | \$ 51.192 | \$ 30.826 |

Los costos se realizaron con base a un área de 0,08325 Ha

Anexo F. Análisis económico de los tratamientos.

| | TRATAMIENTOS | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-------------------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| COSTOS VARIABLES | COSTOS ALIMENTACIÓN | \$ 6.891 | \$ 6.108 | \$ 11.330 | \$ 4.620 | \$ 8.061 |
| | SUBTOTAL | \$ 6.891 | \$ 6.108 | \$ 11.330 | \$ 4.620 | \$ 8.061 |
| COSTOS FIJOS | JAULAS | \$ 120.000 | \$ 120.000 | \$ 120.000 | \$ 120.000 | \$ 120.000 |
| | AMORTIZACION 7 AÑOS | \$ 714 | \$ 714 | \$ 714 | \$ 714 | \$ 714 |
| | BALANZA | \$ 35.000 | \$ 35.000 | \$ 35.000 | \$ 35.000 | \$ 35.000 |
| | HOZ | \$ 15.000 | \$ 15.000 | \$ 15.000 | \$ 15.000 | \$ 15.000 |
| | AMORTIZACION 4 AÑOS | \$ 104 | \$ 104 | \$ 104 | \$ 104 | \$ 104 |
| | ANIMALES | \$ 54.000 | \$ 54.000 | \$ 54.000 | \$ 54.000 | \$ 54.000 |
| | OPERARIO | \$ 5.000 | \$ 5.000 | \$ 5.000 | \$ 5.000 | \$ 5.000 |
| | SUBTOTAL | \$ 59.818 | \$ 59.818 | \$ 59.818 | \$ 59.818 | \$ 59.818 |
| PRODUCCIÓN | CUYES | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | COSTOS TOTALES | \$ 66.709 | \$ 65.926 | \$ 71.149 | \$ 64.439 | \$ 67.879 |
| | INGRESOS | \$ 88.483 | \$ 88.464 | \$ 88.597 | \$ 95.342 | \$ 91.485 |
| | % RENTABILIDAD | 32,6 | 34,2 | 24,5 | 48,0 | 34,8 |