UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

"Evaluación del efecto de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) sobre los niveles de testosterona y parámetros productivos en conejos mestizos (*Oryctolagus cuniculus*) durante la fase de engorde"

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO

AUTOR:

LEONELA MILEIDY SÁNCHEZ DÍAZ

TUTOR:

ING. GONZALO ARAGADVAY

CEVALLOS, 2024

"Evaluación del efecto de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) sobre los niveles de testosterona y parámetros productivos en conejos mestizos (*Oryctolagus cuniculus*) durante la fase de engorde"

REVISADO POR:

.....

Ing. Gonzalo Aragadvay

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha

..... 08-08-2024

Ing. Patricio Nuñez, PhD

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

..... 08-08-2024

Dra. Diana Avíles, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

..... 08-08-2024

Mvz. Mg. Ana Burgos

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **LEONELA MILEIDY SÁNCHEZ DÍAZ**, portador de cédula de ciudadanía número: **2300404320**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **"Evaluación del efecto de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) sobre los niveles de testosterona y parámetros productivos en conejos mestizos (*Oryctolagus cuniculus*) durante la fase de engorde"**es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



Leonela Mileidy Sánchez Díaz
C.I. 2300404320
AUTOR

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Evaluación del efecto de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) sobre los niveles de testosterona y parámetros productivos en conejos mestizos (*Oryctolagus cuniculus*) durante la fase de engorde"** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



Leonela Mileidy Sánchez Díaz
C.I. 2300404320
AUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, en forma espacial a mi madre Lindey Díaz por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y sacrificio constante que han hecho posible cada paso de mi camino académico y personal. A mi familia, amigos y personas especiales por su comprensión, ánimo y alegría compartida en los momentos más difíciles. A mis profesores, por su guía, conocimiento y paciencia infinita. Y a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a la realización de este proyecto, les dedico este esfuerzo con profundo agradecimiento y gratitud.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera a la realización de este trabajo. En primer lugar, agradezco a mi profesor de tesis y a los docentes calificadores por su orientación apoyo constante y dedicación a lo largo de este proceso. También quiero agradecer al Hospital docente veterinario de la Universidad Técnica de Ambato por su especial ayuda, a mis profesores y compañeros de clase por sus valiosas sugerencias y comentarios que enriquecieron este trabajo. Mi profundo agradecimiento se extiende a mi familia, amigos y personas especiales para mí por su inquebrantable apoyo emocional y motivación. Finalmente, agradezco A Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en todo momento. Gracias a todos por ser parte de este viaje académico.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO xi

Palabras clave: xi

Keywords: xii

CAPÍTULO I 13

INTRODUCCIÓN 13

MARCO TEÓRICO 15

1.1 Antecedentes Investigativos 15

1.2 Semilla de Linaza 18

1.2.1 .1 Composición nutricional de la semilla de linaza 19

1.2.1.2. Propiedades funcionales de la semilla de linaza 21

1.2.2 Lignanos 23

1.2.2.1 Contenido de lignanos en la semilla de linaza 24

1.2.2.2 Actividad estrogénica de la linaza 25

1.2.3 Generalidades del conejo 26

1.2.3.1 Anatofisiología digestiva del conejo 27

1.2.4 Sistemas de producción 29

1.2.4.1 Etapa de engorde en conejos 31

1.2.4.2 Ganancia de peso y conversión alimenticia 32

1.2.4.3 Requerimientos nutricionales de conejos en la etapa de engorde 32

1.2.4.3 Alojamiento y parámetros ambientales durante el engorde 34

1.2.5 Anatofisiología del sistema reproductor 35

1.2.5.1 Testículos 36

1.2.5.2 Epidídimo y Conducto deferente 37

1.2.5.3 Biosíntesis de la testosterona y sistema endócrino 38
1.2.5.4 Metabolismo de la testosterona 38
1.2.5.5 Papel de la testosterona en el conejo 39
1.2.5.6 Niveles de testosterona en conejos 39
1.2 Objetivos 40
1.3.1 Objetivo general 40
1.3.2 Objetivos específicos 40
CAPÍTULO II 41
METODOLOGÍA 41
2.1 Ubicación del estudio 41
2.2 Caracterización del lugar 41
2.4 Factores de Estudio 42
2.5 Manejo del experimento 43
2.6 Variables respuestas 49
2.7. Diseño Experimental 51
CAPÍTULO III 52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
3.1 Íindices productivos 52
3.2 Niveles de testosterona 57
3.3 Rendimiento a la canal 60
3.4 Comprobación de la hipótesis 63
CAPÍTULO IV 64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 64
4.1 Conclusiones 64
BIBLIOGRAFIA 66

ANEXOS.....77

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS.....x

Tabla 1.....20

Composición nutricional de las semillas de lino (Linum usitatissimum) en por 100 gm 20

Tabla 2.....24

El contenido de lignanos que hay en la semilla de linaza.....24

Tabla 3.....34

Requerimiento nutricional en el conejo en la etapa de engorda. 34

Tabla 4.....44

Ingredientes de las dietas propuestas con los requerimientos nutricionales con inclusión de linaza para conejos en fase de engorde en base a materia seca 44

Tabla 5.....45

Aporte nutricional de las dietas propuestas con los nutrientes para conejos en fase de engorde.....45

Tabla *6*.....52

Índices productivos con la adición de linaza, en conejos de 67 a 97 días......52

Tabla 7.....57

Niveles de testosterona en conejos mestizos de 67 a 97 días, en dos diferentes momentos......57

Tabla 8.....60

Resultados del rendimiento a la canal de los conejos.....61

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio investigó el efecto de la inclusión de semilla de linaza (*Linum usitatissimum* en dietas de conejos durante la fase de engorde, evaluando tanto los niveles de testosterona como los parámetros productivos. Se utilizaron cuatro tratamientos: T0 como control y T1, T2, y T3 con adiciones de linaza al 3%, 6%, y 9% respectivamente, complementadas todos con alfalfa. Los tratamientos (T0, T1, T2 y T3) fueron asignados mediante un diseño de bloques al azar. La investigación se llevó a cabo en 30 días. Observándose diferencias significativas como en el peso final de los conejos, siendo más alto en T2 (2235,11 g) y T3 (2239,89 g) en comparación con T0 (1822,11 g) y T1 (2030,56 g). El consumo de alimento varió significativamente entre los tratamientos, con mayores valores en T2 (2187,88 g) y T3 (2282,68 g). La ganancia de peso diaria fue más alta en T3 (33,42 g/día), seguido por T2, indicando un posible efecto positivo de la linaza en la eficiencia alimenticia. No se encontraron diferencias significativas en la conversión alimenticia (P = 0,2583), indicando que la eficiencia de conversión no se vio afectada por la adición de linaza. La mortalidad fue baja en todos los grupos (1.23% en T0 sin mortalidad en T1, T2 y T3). Los niveles de testosterona mostraron incrementos numéricos con la suplementación de linaza, aunque sin diferencias estadísticas significativas. También evaluó parámetros de calidad de la canal y órganos internos, destacando efectos potenciales beneficiosos de la linaza en el metabolismo basal y la salud general de los conejos.

Palabras clave:

Linaza (Linum usitatissimum), Conejos de engorde, Niveles de testosterona, Parámetros productivos, Consumo de alimento, Ganancia de peso diaria, Conversión alimenticia

ABSTRACT

This study investigated the effect of including flaxseed (Linum usitatissimum) in diets of rabbits during the fattening phase, evaluating testosterone levels and productive parameters. Four treatments were used: T0 as control, and T1, T2, and T3 with additions of flaxseed at 3%, 6%, and 9%, respectively, all supplemented with alfalfa. Treatments (T0, T1, T2, and T3) were assigned using a randomized block design. The research was conducted over 30 days. Significant differences were observed, such as in the final weight of the rabbits, which was higher in T2 (2235.11 g) and T3 (2239.89 g) compared to T0 (1822.11 g) and T1 (2030.56 g). Food consumption varied significantly between treatments, with higher values in T2 (2187.88 g) and T3 (2282.68 g). Daily weight gain was highest in T3 (33.42 g/day), followed by T2, suggesting a potential positive effect of flaxseed on feed efficiency. There were no significant differences in feed conversion ($P = 0.2583$), indicating that efficiency was not affected by flaxseed addition. Mortality was low in all groups (1.23% in T0 and T1; no mortality in T2 and T3). Testosterone levels showed numerical increases with flaxseed supplementation, though without significant statistical differences. The study also evaluated carcass quality and internal organs, highlighting potential beneficial effects of flaxseed on basal metabolism and overall rabbit health.

.

Keywords:

Flaxseed (Linum usitatissimum), Fattening rabbits, Testosterone levels, Productive parameters, Food consumption, Daily weight gain, Feed conversion

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Es cultivada en diferentes regiones alrededor del mundo. *Linum usitatissimum* conocida comúnmente como linaza, esta planta herbácea de semillas oleaginosas perteneciente a la familia Linaceae y género linum. *Linum usitatissimum* en latino su significado "muy útil", tiene dos variedades: marrón y amarillo. Ambos tienen características saludables comparativas. Este importante cultivo de semillas oleaginosas con valores económicos son un ingrediente nutricional orgánico multifacético con diferentes usos entre ellos la inclusión en dietas de grasa animal y aves de corral **(Kauser et al., 2024; Yadeta et al., 2020)**. Históricamente es originaria de Europa, Asia y la región mediterránea. *Linum usitatissimum* es una de las plantas herbáceas más antiguas cultivadas por griegos, romanos y egipcios que usaban las semillas como alimento. A partir del desarrollo industrial el cultivo ingresó hacer parte para la fabricación de barnices y pinturas, actualmente su mayor valor es preponderante con la salud humana **(Estelles et al., 2020)**.

El multiuso de las semillas de linaza a través del tiempo ha experimentado un aumento constante. En 2019, la producción mundial de linaza logró producir 738.000 toneladas en donde el 60% de esta producción se llevó a cabo por de China, Estados Unidos y Bélgica (Fan et al., 2023). Para el 2020 los países que tuvieron mayor producción de linaza fueron Kazajistán, Rusia y China. Mientras que, en la región sudamericana, Argentina con 10 mil toneladas y Uruguay con 5 mil toneladas representaron el mayor volumen de producción. Datos recientes recalcan que para el 2022 Rusia que ocupó el primer lugar como exportador de linaza a nivel mundial siguiendo de Kazajstán, Canadá, Bélgica, y Polonia **(Observatorio de Complejidad Económica (OEC), n.d.; Rodríguez Simón, 2022).**

Por consiguiente, se destaca que ante el consumo de linaza en expansión es necesario comprender componentes de esta semilla como lo son la fibra dietética, lignanos, compuestos fenólicos, ácidos grasos poliinsaturado (ALA) omega-3, vitaminas y minerales que hacen de las semillas de lino una excelente fuente de nutrición. Además, que son una valiosa fuente dietética para mejorar la salud cardiovascular y potencialmente prevenir enfermedad neurodegenerativa tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y potencialmente anticancerígenas. La fibra dietética, ayuda con la salud gastrointestinal, porque, el englobado que hay dentro de las semillas de lino que se conoce como mucílago mejora su viscosidad y ayuda a formar una capa protectora gastrointestinal. De manera que la inclusión de linaza en la dieta puede tener un gran número de beneficios potenciales para el bienestar **(Hirst et al., 2023; Shinde et al., 2023).**

Par lo tanto la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) al 3%, 6% y 9% a la dieta de conejos (*Oryctolagus cuniculus)* durante la fase de cebo o engorde con el fin de conocer el impacto sobre los niveles de testosterona y parámetros productivos. Los porcentajes de inclusión mencionados son respaldados por **Moya et al. (2021**) quien menciona que a estos porcentajes de inclusión no genera ningún problema a los conejos en el perfil metabólico, además que regula la glucosa sin inducir un aumento del colesterol total.

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

Estudios recientemente realizados sobre la inclusión de linaza en animales y humanos han generado cantidad de datos que imparten confianza puesto que exponen los efectos potenciales de la linaza dietética en el organismo **(Hirst et al., 2023).** Según **Panasevich et al. (2022)** que analizó la linaza molida y sus efectos en la alimentación de gatos adultos, encontró que aquellos alimentados con linaza tenían mayores niveles de (ALA) en la sangre, sin características notables en las heces ni en la digestibilidad de los nutrientes respecto al grupo de control. Sugiriendo que la linaza puede ser una fuente efectiva de (ALA) en la dieta de los animales. Así mismo, **Paredes et al. (2022)** afirma que agregar semilla de linaza a la alimentación de pavos de engorde puede influir significativamente en su crecimiento, rendimiento de la carcasa y metabolismo de lípidos, Además, que la linaza demostró reducir niveles de triglicéridos y de colesterol en sangre, lo que sugiere provecho para la salud cardiovascular.

Cabe destacar la inclusión de semillas de linaza a la dieta cumple funciones metabólicas importantes como lo manifiesta el estudio realizado por **Moya et al. (2021)** que una dieta con inclusión de semillas de linaza en los conejos tiene efectos positivos en el perfil metabólico, particularmente en la regulación de la glucosa y el colesterol, sin inducir un aumento significativo en el colesterol total. Hasta este punto es necesario inferir que las semillas de linaza incluidas a la dieta son beneficiosas. Simultáneamente en el estudio realizado en conejos por **Mustafa Al-Ahmad et al. (2020)** destaca que el uso de semilla de linaza ayuda en la reducción de inflamación de heridas, además que acelera el proceso de cicatrización, promueve la regeneración de la epidermis y mejora la formación de nuevos vasos sanguíneos.

No obstante, un estudio realizado en cabras Alpinas enuncia que la inclusión de linaza en la dieta si afecta a la ingesta de nutrientes y parámetros sanguíneos. Sin embargo, no hay diferencias significativos en el peso corporal entre grupo control y tratamientos por lo que infieren que se requiere de investigaciones adicionales para entender los efectos que tiene la linaza a largo plazo es necesario observar cambios de los parámetros productivos de las cabras **(Dutra et al., 2022)**. Lo cual demuestra que la inclusión de linaza a la dieta de cabras no muestra un impacto positivo para un aumento de peso. Como también, **Alhayaly et al. (2024)** demuestra por medio del aceite de linaza que es un subproducto de las semillas de Lizana, al agregarse a la dieta de pollos de engorde no se evidenciaron diferencias significativas ni en el dispendio total de la comida, el factor conversión nutricional ni el peso relativo de varios órganos internos. Sin embargo, más bien hubo disminuciones significativas en los pesos del pecho, espalda y alas, entre tratamientos, así como en la concentración de glucosa.

Por otra parte, **Tariq et al. (2016)** contradice los estudios ya expuestos puesto que en su investigación realizado en conejos encontró que los conejos alimentados con semillas de linaza experimentaron un aumento significativo en el peso corporal y una mejora en la eficiencia de conversión alimenticia, especialmente en aquellos que recibieron una mayor proporción de linaza (7 %). Además, la carne de estos conejos mostró un perfil de ácidos grasos poliinsaturados más favorable, lo que podría tener beneficios nutricionales adicionales. No obstante, otro estudio demuestra que los niveles de inclusión en dieta de conejos New-Zealand White machos post-destete si destermina excelentes parámetros productivos puesto que la semilla de lino al 6% y 8% disminuyó significativamente la digestibilidad de varios nutrientes, así como la ingesta diaria de alimento y también redujeron la grasa dorsal y prerrenal. Sugiriendo que al 4% podría ser más equilibrado para mantener el rendimiento de crecimiento y la digestibilidad en conejos **(Ibrahim et al., 2021).**

Llegando a este punto es necesario comprender las discernidas opiniones sobre la inclusión de linaza en las dietas animales. Puesto que para unas investigaciones resulta favorable y para otras no. Siendo este cambio positivo como negativo. En cuanto a otros enfoques hormonales la semilla de linaza cumple funciones como **Moya et al. (2020)** plantea que añadir semillas de linaza a la dieta de conejos mejora la calidad del semen fresco y refrigerado. Asegurando que hasta 9 % de inclusión de semilla de linaza en la dieta de conejos no altera los parámetros físicos ni microscópicos evaluados en este estudio en semen fresco y refrigerado. Otro estudio que comprueba esta investigación está a cargo de **Ngcobo et al. (2023)** estudio que demostró mejoras significativas en índole del semen, los niveles de testosterona y el tamaño del escroto de los carneros indígenas sudafricanos al agregar la dieta suplementaria con linaza. **Perumal et al. (2023)** como también confirma en su estudio realizado en cabras Teressa que la inclusión de un subproducto de linaza mejora significativamente medidas testiculares, perfiles hormonales, antioxidantes, calidad del semen y a su vez el peso corporal en las cabras. Por lo expuesto se considera que al incluir linaza en la dieta hay cambios positivos a nivel reproductivo en animales machos.

Acevedo (2023) quien en su estudio plantea que la inclusión de semillas de linaza en la dieta de cuyes no observó cambios significativos en los niveles de testosterona como lo demuestran los estudios ya expuestos en otros animales, sin embargo, si muestran mejoras en la calidad de la carcasa y los parámetros productivos. Finalmente, es de suma importancia evaluar que efecto tiene administrar niveles de semillas de linaza diferentes en la dieta de los animales puesto que actualmente aún no es clara sin embargo el presente estudió investigará en conejos durante la fase de engorde con el objetivo de obtener respuesta ante esta interrogante y observar si existe cambios entre parámetros productivos y el perfil hormonal.

1.2 Semilla de Linaza

Conocida comúnmente en los sectores agroindustriales como un planta herbácea, lino mencionada en Europa o linaza en América Latina *Linum usitatissimum* que proviene de la familia de las lináceas. Alrededor de 50 países actualmente en el mundo se cultiva **(Plaha et al., 2022).** El área de salud ha encontrado gran importancia a la linaza que es una semilla producida por las flores azules de la planta de lino dado al valor nutricional puesto que la linaza es un alimento bioactivo. De esta planta procede la semilla de las cuales surgen innumerables formas de consumo entre las principales se encuentra las semillas, harina y los aceites **(Ojeda & Noguera, 2017)**. La primera evidencia conocida de la linaza se remonta aproximadamente al siglo VII a.C. en Irán. Aproximadamente 4000 años después, la linaza cultivada se llegó a Europa. Desde entonces la linaza es producida alrededor del mundo **(Sirotkin & Kolesarova, 2022).**

Característicamente es una planta cilíndrica de estructura ancha y longitud de 60 cm. En cuanto a las hojas son lanceoladas, esta planta está adornada con flores de un azul intenso que pueden crecer hasta 3 cm de diámetro. Mientras la semilla tiene una apariencia ovalada y puntiaguda mide entre 4 y 6 mm de largo. Su cubierta tiene una apariencia suave y brillante, con una textura tostada brillante. La semilla de linaza es oleshaaginosa y posee una elevada capacidad antioxidante, generalmente es un alimento que tiene una rica reserva de beneficios nutricionales y terapéuticos, se encuentran en el interior del fruto el cual tiene un contenido alto de proteínas, fibra, y aparte es rica en ácidos grasos omega 3 **(Cuevas & Sangronis, 2012; Ojeda & Noguera, 2017; Shahada et al., 2024).**

Cultivada alrededor del mundo, la linaza es una planta multipropósito que ofrece usos nutritivos, oleosos, de fibra y terapéuticos. El contenido en fitoquímicos alto, se ha vuelto más conocido en el campo de los alimentos funcionales. Gracias a su riqueza en ácido α-linolénico es el iniciador de los ácidos grasos n-3 de cadena larga, EPA, DPA y DHA,

lignanos, fibra y proteínas, la linaza ha generado recientemente mucho interés por sus significativos aportes, como lo principal evitar y menorar la inflamación, una mejor salud cardiovascular, menor riego de enfermedades neurodegenerativas y un menor riesgo de ciertas neoplasias malignas. De manera que la inclusión de la linaza en una dieta como un grano se enfatiza por su valor agregado, debido a los beneficios nutritivos de las componentes, en especial grasas, proteínas, lignanos y fibra **(Mueed et al., 2022; Rezaei et al., 2020; Sá et al., 2020).**

1.2.1 .1 Composición nutricional de la semilla de linaza

Las partes más cruciales de la linaza son la fibra dietética, la proteína y la grasa. La linaza contiene alrededor de un 45% de lípidos en base seca. El 22% y el 3% restante se dispersan en la cobertura de la semilla y el cigoto, respectivamente, mientras que los 75% de los lípidos están en los cotiledones. En palabras generales, la linaza marrón contiene en grasa el 41%; Mientras el 57% de la grasa es ácido alfa-linolénico (ALA), lo que convierte a la linaza marrón en la fuente más abundante de ALA **(Pramanik et al., 2023; Yari & Hekmatdoost, 2019).**

Sin embargo, en consecuente con la información de la linaza en base seca el 16% de los ácidos grasos en total representan al ácido linoleico (ácido graso omega-3) esencial para el ser humano. La capacidad total de fibra tiene alrededor del 28% del peso del grano de linaza. La fibra principal se compone de gomas de mucílago, lignina y celulosa. Sin embargo, la celulosa y la lignina se clasifican como fibras insolubles y son materiales estructurales que se encuentran en la cubierta celular de las plantas. El 20% sobrante de la semilla se compone por proteínas, mientras que el resto consiste en cenizas ricas en minerales **(Pramanik et al., 2023; Yari & Hekmatdoost, 2019).**

Básicamente, las semillas de linaza tienen tres diferentes compuestos fenólicos: ácidos fenólicos, flavonoides y lignanos. Los ácidos fenólicos son el ácido ferúlico, ácido clorogénico y ácido gálico. Por otra parte, los principales flavonoides son los flavonoides C y flavona O-glucósidos. Mientras que lignanos que son esctructuras tvegetales se encuentra el diglucósido secoisolariciresinol (SDG) representando el 95% de los lignanos, seguido del glucósido del ácido cinámico, y el ácido hidroxi metil glutárico. Estos son compuestos polifenólicos comprenden una clase principal de fitoestrógenos que eliminan ROS y sirven como antioxidantes **(Estelles et al., 2020)**.

Tabla 1

Composición nutricional de las semillas de lino (Linum usitatissimum) en por 100 gm

Nombre	Importe	Nombre	Importe	Nombre	Importe
Agua	5,32–8,89 g	Ácido pantoténico	0,57–1,4 mg	Ácidos grasos poliinsaturados totales	28,7 g
Energía	534 kcal	Vitamina B-6	0,3–0,61 mg	PUFA 18:2	5,17–6,67 g
Energía	2230 KJ	Folato, total	35–112 µg	PUFA 18:3	18,7–26,2 g
Proteína	17–21,3 g	Folato, DFE	87 µg	PUFA 20:2 n-6 c,c	0–0,015 g
Lípidos totales (grasas)	36.8–45.8 g	Colina, total	78.7 mg	Estigmasterol	9–14 mg
Ceniza	3.42 - 4.07 g	Betaína	3.1 mg	Campesterol	40–50 mg
Hidratos de carbono, por diferencia	28.9 g	Luteína + zeaxantina	500–970 µg	Beta-sitosterol	84–96 mg
Fibra, total dietética	25.3–28.6 g	Vitamina E	0.23–0.45 mg	Triptófano	0.297 g
Azúcares totales	1.55 g	Tocoferol, gamma	14.3–25.8 mg	Tretinoína	0.766 g
Sacarosa	0.84–1.51 g	Tocoferol, delta	0.21–0.55 mg	Isoleucina	0.896 g
Glucosa	0.21–0.73 g	Vitamina K	3.7–4.8 µg	Leucina	1.24 g

Calcio	200–340 mg	Ácidos grasos saturados totales	3.66 g	Lisina	0.862 g
Hierro	3.67–7.32 mg	SFA 14:0	0–0.016 g	Metionina	0.37 g
Magnesio	354–431 mg	SFA 15:0	0.005 g	Cistina	0.34 g
Fosforo	603–722 mg	SFA 16:0	1.67–2.58 g	Fenilalanina	0.957 g
Potasio	673–1000 mg	SFA 17:0	0.018 g	Tirosina	0.493 g
Sodio	21–45 mg	SFA 18:0	1.12–1.71 g	Valina	1.07 g
Zinc	3.95–4.92 mg	SFA 20:0	0.043–0.057 g	Arginina	1.92 g
Cobre	1.07–1.52 mg	SFA 22:0	0.04–0.064 g	Histidina	0.472 g
Manganeso	1.64–3.08 mg	SFA 24:0	0.031–0.032 g	Alanina	0.925 g
Selenio	4.8–46 µg	Ácidos grasos monoinsaturados totales	7.53 g	Ácido Aspártico	2.05 g
Niacina	2.7–3.21 mg	MUFA 16:1	0.018–0.031 g	Ácido Glutámico	4.04 g
Vitamina C	0.5–0.7 mg	MUFA 18:1	6.86 - 7.91 g	Glicina	1.25 g
Tiamina	0.533–3.2 mg	MUFA 20:1	0.051–0.083 g	Prolina	0.806 g
Riboflavina	0.161 mg	MUFA 22:1	0–0.027 g	Serina	0.97 g
Niacina	0.07–0.232 mg	MUFA 24:1 c	0.009–0.121 g	Hidroxiprolina	0.13–0.22 g

Nota. Datos tomados de **U.S. Department of Agriculture (2011).**

1.2.1.2. Propiedades funcionales de la semilla de linaza

El movimiento global hacia el veganismo y las muchas cuestiones sociales, éticas, religiosas, morales, ambientales y de sostenibilidad relacionadas con el uso de productos animales también han contribuido a la creciente importancia de la linaza en los últimos tiempos. La linaza es cada vez más reconocida como un superalimento debido a su papel ventajoso en el control de la flora intestinal y el alivio de las múltiples señales de afección

humanas, diabetes, menopausia, las enfermedades cardiovasculares, los trastornos neurológicos, los problemas de la piel, los problemas gastrointestinales e incluso el cáncer. Además, en las proteínas y péptidos de la linaza se han encontrado propiedades beneficiosas que incluyen acciones antioxidantes, antihipertensivas, antiinflamatorias, inmunosupresoras y antidiabéticas **(Mueed et al., 2022).**

La linaza es una semilla completa que contiene varios componentes químicos nutritivos y no nutritivos, como el ácido α-linolénico, la fibra y los lignanos, que pueden mejorar nuestro bienestar. Más recientemente, estudios han demostrado que uno de los componentes de la linaza como los polifenoles de la linaza conocidos como lignanos que son fitoestrógenos que son compuestos no esteroideos y actualmente han captado la atención de investigadores debido principalmente a la capacidad de influir en los niveles de las hormonas sexuales **(De Silva & Alcorn, 2019)**.

Con motivo de que la semilla de linaza contiene fitoestrógenos como los lignanos, podría tener un impacto en las niveles de hormonas sexuales. Puesto que secoisolariciresinol diglicósido, se transforma en lignanos de mamíferos enterolactona y enterodiol por las bacterias intestinales. Debido a que los lignanos tienen la estructura similar de las hormonas sexuales y podrían inhibir la actividad de la aromatasa y elevar la sinopsis de globulina fijadora de hormonas sexuales en el hígado y el tejido adiposo **(Musazadeh et al., 2023).**

Por añadidura, el estrógeno, la progesterona y la testosterona son las tres hormonas sexuales esenciales que no sólo son necesarias para mantener la salud sino también para regular el sistema reproductivo y la maduración sexual. El estrógeno, regula el sistema inmunológico, el sistema cardiovascular, y protege la masa ósea. La testosterona es uno de los andrógenos que fortalece la masa muscular. Sin embargo, los desequilibrios de estas

hormonas están relacionados con una serie de enfermedades. Por lo tanto, es fundamental prevenir y gestionar estos desequilibrios a través de factores como la genética, el estilo de vida, la nutrición **(Musazadeh et al., 2023)**.

1.2.2 Lignanos

En todo el género Plantae y en casi todas las plantas se encuentran lignanos. Los lignanos dietéticos son los ligados a la fibra; como resultado, se encuentran en alimentos ricos en fibra, como cereales integrales como cebada (*Hordeum vulgare*), entre ellas el centeno (*Secale cereale*), también la avena (*Avena sativa*) y semillas oleaginosas como girasol (*Helianthus annuus*), y principalmente en el lino (Linum usitatissimum) (Plaha et al., 2022). La linaza semilla tiene una elevada cantidad de lignanos vegetales. El lignano más utilizado en la linaza es el SDG (MW = 686,7 Da) que es un fitoestrógeno o compuestos no esteroides. Este compuesto comparte similitudes estructurales con los estrógenos, como el 17 β-estradiol, lo que les permite unirse a los receptores de estrógeno y proporcionar efectos biológicamente discernibles **(Plaha et al., 2022; Yousif, 2019)**.

Aunque los fitoestrógenos pueden imitar los efectos del etradiol (E2), sus efectos no siempre son los mismos, ya que también pueden tener efectos anti o estrogénicos. Estos compuestos compiten con los esteroides endógenos, por lo que la relación fitoestrógeno-estrógeno determina el equilibrio entre la actividad estrogénica y antiestrogénica. Las semillas de lino son la principal fuente de fitoestrógenos puesto que es el lignano más alto reportado hasta ahora de 702.050 μg/100 g de linaza. Durante los últimos años, se ha visto más interés en los efectos de los fitoestrógenos sobre la fertilidad masculina, dado que los estrógenos tienen una función importante en el sistema reproductivo masculino **(Plaha et al., 2022; Yousif, 2019)**.

Los fitoestrógenos tienen el potencial de impactar negativamente los parámetros reproductivos en modelos animales masculinos. La evidencia experimental sugiere que la administración prolongada de daidzeína en ratas macho provoca una disminución en los niveles plasmáticos de testosterona, así como una función eréctil. También se han observado reducciones comparables en los niveles de testosterona en ratas macho adultas expuestas a altas dosis de fitoestrogenos. Esta reducción de la testosterona sérica se debe a la disminución de la esteroidogénesis en las células testiculares de Leydig provocada por las isoflavonas **(Pathak et al., 2018; Srilatha & Adaikan, 2004; Yousif, 2019)**.

La fisiología reproductiva puede verse afectada por los fitoestrógenos y sus mecanismos. En primer lugar, se pueden implicar efectos genómicos en relación ERα, ERβ. En segundo lugar, se pueden implicar efectos en protección de enzimas involucradas en la esteroidogénesis, tales como 3 β- y 17 β-hidroxiesteroide deshidrogenasa, aromatasa, así en la estimulación de la globulina, también en la inhibición de la proteína tirosina quinasa, relevante para la transducción de señales y la inhibición de las ADN topoisomerasas I y II, enzimas fundamentales para la replicación del ADN **(Yousif, 2019)**.

1.2.2.1 Contenido de lignanos en la semilla de linaza

Tabla 2

El contenido de lignanos que hay en la semilla de linaza

Tamaño de la Proción	**Liganos**					
	SDG	MAT	LAR	PINO	SECO	Lignanos totales
100 g	82-2600 mg	0.15 mg	2.8 mg	0.7 mg	375 mg	379 mg
Semilla entera (11g)	11-286 mg	0.02 mg	0.3 mg	0.1mg	41 mg	42 mg

Nota. Datos tomados en **N.A. Michael Eskin; & Fereidoon Shahidi (2012).**

1.2.2.2 Actividad estrogénica de la linaza

Los lignanos en los vegetales es una de las fuentes más ricas encontradas dentro de linaza, que es especialmente rica en el lignano secoisolariciresinol diglicósido (SDG). En comparación con otras verduras, frutas, legumbres, cereales o semillas, la linaza tiene hasta 800 veces más lignanos activos que otras plantas. Los fitoestrógenos químicamente son similares a los estrógenos naturales y sintéticos. La forma en que pueden funcionar de manera similar a la de los estrógenos en humanos y animales, en nivel de dependencia de su concentración y otros factores **(Adolphe & Fitzpatrick, 2015; N.A. Michael Eskin; & Fereidoon Shahidi, 2012)**.

Bacterias del tracto intestinal biotransforman los lignanos ingeridos bajo alimentos ricos en lignanos, como lo es la semilla de linaza. Esta biotransformación da como resultado a los enterolignanos o lignanos de mamíferos que son idénticos a los fitoestrógenos. En cuanto a los fitoestrógenos, que son hormonas esteroideas estas compiten con los receptores de estrógenos debido a su gran familia que les permite expresarse a los receptores. Debido a que los fitoestrógenos son similares al estradiol, un estrógeno importante, un grupo de fentanilo con capacidad de imitar los productos de los estrógenos endógenos **(Carlos J. Boluda et al., 2006; Ramírez et al., 2022)**.

En términos generales, los fitoestrógenos pueden actuar como antagonistas o agonistas. Cada uno desempeñando funciones múltiples. Los efectos antagónicos pueden ayudar a prevenir tipos de cáncer dependientes de hormonas. Por el contrario, los efectos agonistas son beneficiosos para la prevención de la osteoporosis **(Carlos J. Boluda et al., 2006).** Una revisión reciente encontró que la administración de isoflavonas que es un

fitoestrógeno, a animales machos puede cambiar su producción de testosterona. Los niveles séricos de testosterona han experimentado una disminución en algunos casos, eso que podría ser debido a la inhibición de enzimas clave implicadas en la biosíntesis de esteroides. Como lo demuestra **Musameh et al. (2014)** en su estudio de ratas, la exposición a isoflavonas puede disminuir la actividad de la 17β-hidroxiesteroide deshidrogenasa, una enzima necesaria para la conversión de andrógenos en estrógenos.

Sin embargo, algunos estudios han mostrado resultados contradictorios, lo que demuestra que complementar la dieta con fitoestrógenos puede tener efectos neutrales o incluso estimulantes sobre los niveles de testosterona. Por ejemplo, la suplementación con isoflavonas mejoró la calidad del semen en un estudio con conejos, lo que sugiere un posible efecto beneficioso sobre la función testicular y la producción de testosterona **(Moya et al., 2020).** En resumen, a pesar de que los fitoestrógenos pueden influir sobre el animal en los niveles de testosterona, el rango y la intensidad de este impacto pueden variar debido a diversos elementos. Se requiere más investigación para comprender completamente los mecanismos subyacentes y los efectos a largo plazo de los fitoestrógenos.

1.2.3 Generalidades del conejo

El *Oryctolagus cuniculus* actualmente representan una innegable especie animal de potencial, puesto que se encuentra profundamente ligada a los hábitos alimentarios humanos en varias partes del mundo, pero aún no son explotadas plenamente. A pesar de la creciente demanda de alimentos entre los consumidores por productos cárnicos ha empujado a la industria cárnica a desarrollar nuevas estrategias para optimizar la composición nutricional para mejorar la percepción de los consumidores sobre la **(Cullere & Dalle Zotte, 2018; Miteva et al., 2021; Petracci et al., 2018)**. Históricamente se

conoce que los únicos ancestros del conejo domestico son el conejo europeo y el conejo ibérico que son originarios del sur de la península ibérica. Consecuentemente a través del tiempo el conejo se ha extendido por el mundo **(Certucha et al., 2015)**.

De este modo, se hace posible la actual domesticación y comercialización de carne, cuero y pieles del conejo, así como su uso como animal de compañía. El uso principal de los conejos es la producción, ya que la carne tiene muchas cualidades nutricionales. Además, debido a su alto potencial reproductivo, los conejos alcanzan rápidamente la madurez sexual. En cambio, las hembras tienen un periodo de gestación corto y crecen rápidamente. Lo que a los cunicultores les resulta por su fácil manejo, alimentación y rusticidad, les ofrecen rentabilidad **(Certucha et al., 2015; Petracci et al., 2018)**.

1.2.3.1 Anatofisiología digestiva del conejo

El conejo es un ser vivo herbívoros responsable de la fermentación en el intestino posterior, y son selectores de concentrados. Principalmente podemos destacar que el sistema digestivo del conejo es muy adaptativo desde su nacimiento. Sin embargo, a pesar de su adaptación es necesario tener cuidado al momento del destete puesto que es crucial para los conejos por su salud y su desarrollo futuro. Un destete adecuadamente va entre los 18 y 25 días puesto que así ofrecemos un equilibrio entre un inicio seguro de la alimentación sólida y el desarrollo saludable de los conejos. Que será fundamental para el crecimiento y desarrollo en la fase de engorde **(Bivolarski & Vachkova, 2014; Zotte & Cullere, 2024)**.

El proceso fisiológico digestivo del conejo comienza desde que ingiere el alimento es decir la ingesta del forraje o alimento que pasa por la cavidad oral es importante destacar que los conejos por medio de sus sentidos como el olfato escogen su alimento.

Principalmente, los conejos son roedores monogástricos que se diferencia de otros por la mandíbula y claramente esto es debido a una modificación por adaptarse al alimento que se basa en forrajes bruscos. El conejo posee 28 dientes donde 6 dientes molares y 5 dientes premolares. Se destaca que un par de los incisivos es rudimentario, conocido como "dientes de clavija". La lengua es muy larga, tiene aspecto rugoso, una porción rostral móvil y caudal que se llama rodete lingual. Sus cuatro tipos de papilas son foliáceas, fungiformes, filiformes y circunvaladas. Por el contrario, el paladar es duro, formado por 22 a 23 crestas prominentes y desiguales **(Jáuregui, 2020; Zotte & Cullere, 2024).**

En la boca la masticación es producida por un conjunto de músculos como el temporomandibular, que ayuda al movimiento de la masticación y la saliva es importante ya que contiene amilasa, y esta destruye los carbohidratos. En cuanto al aparato digestivo del *Oryctolagus cuniculus* propiamente está conformado por órganos tubulares que forman el tracto digestivo con funciones como la digestión y absorción de los nutrientes alimenticios **(Bivolarski & Vachkova, 2014; Jáuregui, 2020; Meredith & Prebble, 2017).**

Al conejo se lo considera un animal completo fisiológica y anatómicamente digestivo a las nueve semanas de edad donde el tubo digestivo ya alcanza una longitud máxima de 4,5 a 5 metros. Se considera que el tubo digestivo alcanza su tamaño máximo en el conejo joven cuando este tiene el 70% de su peso que llegará alcanzar del total y el tránsito gastrointestinal puede durar hasta 6 horas. La anatomía del conejo continua con un esófago corto, un estómago unilocular que puede contener entre 90-100 g de alimento. El bolo en el estómago llega a un pH de 1- 2 y en forma de "J" localizándose en el lado del abdomen izquierdo. El fundos de este tiene características que permiten el buen funcionamiento como una glándula que sus células secretan el ácido provocando la solubilización de numerosas sustancias, como la pepsina que hidroliza proteína**s (Jáuregui, 2020).**

Consecuente al estómago sigue al intestino delgado que mide alrededor de 3 metros de largo y un aproximado de 1cm de ancho, este tiene partes como el duodeno, yeyuno e ilión y este desemboca a la base del ciego que mide aproximadamente de 50 a 45 cm de largo y de ancho 3 a 4 cm. En la parte del intestino grueso, del *Oryctolagus cuniculus* está formado por el ciego, que tiene forma sacular y paredes delgadas con pliegues y finalmente él se encuentra el colon con una longitud de 1,5 metro también plisado y liso en su parte terminal. En esta zona por los movimientos antiperistálticos y peristálticos se fracciona el contenido lo cual genera heces duras y blandas que se conoce como cecotrofos **(Jáuregui, 2020; Meredith & Prebble, 2017).**

1.2.4 Sistemas de producción

La producción en conejos cada año tiene tendencia a seguir creciendo debido al rápido crecimiento demográfico y mucho más aún por los consumidores que tienen interés por alimentos de alta calidad. Como resultado, los proveedores de alimentos están comenzando a diversificar su oferta para satisfacer las necesidades y expectativas de diversos grupos de consumidores. Estas estrategias implican mayor sistemas de producción. La producción de conejos se basa comúnmente en un ciclo continuo y cerrado, en donde todas las etapas del conejo pasan en la granja y puede operarse bajo diferentes sistemas que son una combinación de varios factores. Estos incluyen diferentes tipos de construcciones con diferentes equipos como: sistema de ventilación, iluminación, distribución de alimentación y tuberías de bebida, en los cuales se pueden aplicar diversas medidas de bioseguridad según la genética animal **(Daszkiewicz et al., 2021; Saxmose Nielsen et al., 2020).**

Es decir, los conejos se crían principalmente en pequeñas granjas y sistemas tradicionales de producción de carne en todo el mundo. En 2016, la producción mundial alcanzó 1.428.085 toneladas, con contribuciones significativas de Asia, Europa, África y

América. Mientras que para el 2017 la producción mundial estimada fue casi 1,482,000 toneladas los cual demuestra que para los siguientes años los conejos seguirán ganando popularidad como una fuente de carne saludable y nutritiva. La elección de razas de conejos puede variar según la idoneidad para cultivos extensivos o intensivos en grandes granjas **(Daszkiewicz et al., 2021; Saxmose Nielsen et al., 2020).**

Las razas en la mayoría de la producción industrial de conejos provienen de híbridos comerciales, obtenidos mediante el cruce de líneas de razas puras. Sin embargo, las razas más ampliamente criadas para carne son locales como las razas coloreadas que se ocupan para producciones extensivas, las razas para producción intensivas son las razas neozelandesa y californiana que son razas sintéticas. Consecuentemente las líneas de razas medianas como el New Zealand White y el Californiano, suelen desempeñar el papel de madres. Mientras que las líneas paternas suelen ser de razas pesadas como el Gigante Flamenco, que tiene el mayor peso corporal adulto **(Krupová et al., 2020; Saxmose Nielsen et al., 2020).**

Se selecciona las razas en conejos debe ser seleccionada genéticamente a razón de que, en las últimas décadas, al igual que en otras especies de carne, se ha centrado principalmente en mejorar rasgos relacionados con el aumento de crecimiento y la cantidad de masa muscular, así como el número de crías y la capacidad para mantener buenos niveles de rendimiento a diversas condiciones ambientales y sistemas de producción. Para abordar este problema, se destaca la eficiencia en la cunicultura mediante el uso de tecnología, gestión intensiva y genética para los conejos y su rendimiento **(Daszkiewicz et al., 2021; Krupová et al., 2020).**

Por añadidura, los machos que se ocupan para reproducción solo están listos para la cuando alcanzan una producción constante diaria de espermatozoides y es a los 7 meses

de edad. Evidentemente en la mayoría de las granjas convencionales, la vida reproductiva promedio de un macho es de aproximadamente 2 años. Mientras que las hembras suelen inseminarse a sus 18 semanas, cuando alcanzan un peso final de 3.4-3.6 kg. Por lo regular la edad promedio de sacrificio de las hembras reproductoras es de 15 meses ya con 6 partos. A pesar de ello la edad de eliminación de los conejos en crecimiento varía ampliamente dependiendo de los consumidores. En España, Portugal y el sur de Italia, normalmente los consumidores prefieren conejos más ligeros y jóvenes con un peso vivo de 2.2 kg, mientras que en Europa central y el norte de Italia se demandan conejos más pesados y de mayor edad **(Saxmose Nielsen et al., 2020)**.

1.2.4.1 Etapa de engorde en conejos

Desde el momento del destete hasta el sacrificio se considera la etapa de cebo en conejos. La duración de lactancia es una etapa fundamental para su desarrollo y la salud del conejo. Los conejos destetados prematuramente antes de los 32 días tienden a pesar menos inicialmente, y son más susceptibles a enfermedades, muestran un menor consumo de alimento, un crecimiento retrasado y con mayores tasas de mortalidad. Después del destete, típicamente entre las 4 y 5 semanas de edad, la ingesta diaria de alimento aumenta con adición de alimentos sólidos en relación con el peso metabólico vivo y se estabiliza alrededor de los 5 meses de edad. Sin embargo, la etapa de engorde transcurre desde la semana 9 hasta la semana 13 donde el conejo finaliza esta etapa tras alcanzar los 2.0 a los 2.5 kg de peso vivo. Tras practicarse el destete semiprecoz en la mayoría de las granjas industriales dedicadas a la cunicultura el periodo de cebo se comprende entre 25 y 32 días. **(Bivolarski & Vachkova, 2014; C. de (Carlos) Blas & Wiseman, 1998; González & Caravaca, 2007; Shimada Miyasaka Armando, 2003).**

La mortalidad durante el periodo de engorde el 3% no debe ser superado, aunque en granjas puede elevar este porcentaje. Los animales luego de ser destetados son puestos inmediatamente en jaulas especializadas para cebo, donde su alimentación será especial hasta que lleguen a un peso estimado de 2.0 kg, este peso se estima que lo alcanzan a los 40 días, este peso en rendimiento a la canal es de 1.1 kg. Las exigencias del consumidor sobre las condiciones del canal y la máxima rentabilidad de la producción determinan qué sistema de engorde a utilizar **(González & Caravaca, 2007; Murillo, 2016)**.

1.2.4.2 Ganancia de peso y conversión alimenticia

Los conejos tienen la capacidad de incrementar peso diariamente, con una velocidad de crecimiento superior a 35 gr/día. En muchas ocasiones las ganancias de peso son de 39.7 g/día con dietas de tipo maíz según reportes, donde se incluye un 40% de maní rizomatoso en lugar de alfalfa (Urizar, 2006). Entre el 3 a 3,5 si se considera un índice de conversión donde se administra solo el pienso consumido. El índice de conversión en pocas palabras dependerá del tipo de pienso administrado con la finalidad de producir carne de conejo **(González & Caravaca, 2007)**.

1.2.4.3 Requerimientos nutricionales de conejos en la etapa de engorde

Para los agricultores, los obstáculos y los problemas siempre han estado con alimentación animal. El uso de alimentos con un bajo costo de producción o baratos en el mercado local, pero con características de alta calidad nutritiva, es un problema actual debido a la constante relación entre el concepto de alto costo y el valor nutricional que cuenta el ingrediente en cuestión. Por lo tanto, es esencial actualizar las opciones nutritivas que cuentan los productores para así aumentar o mantener sus producciones **(Barrios et al., 2007).**

Los conejos a razón de su alimentación son herbívoros por naturaleza y pertenecen al orden Lagomorpha. Lo que significa que su dieta principal es en función de una dieta rica de alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras incluyendo a esta dieta los pastos, malezas y ocasionalmente ramitas y cortezas de arbustos. Esta dieta rica en fibra es esencial para estimular la motilidad gastrointestinal ya que gracias a esta nutrición rica en fibra le permite a la microbiota del ciego obtener energía y a su vez es esencial para estimular la motilidad gastrointestinal así alcanzando su máximo potencial en productividad **(E. Blas, 2001; Kerrigan, 2015)**.

Entre las necesidades o requerimientos de consumo de un conejo debe consumir diariamente el 15% de su peso vivo. La alimentación de los conejos se realiza de dos formas a elección del sistema. Primero la alimentación libre en esta los gastos de la mano de obra no son necesarios puesto que los conejos consumen el alimento dependiendo a sus demandas porque tiene suficiente alimento y tiempo para comer sin generar el amontonamiento alrededor del comedero. Este es el enfoque que más emplean los criadores comerciales. Sin embargo, la segunda forma de proveer la alimentación se basa en una ingesta restringida o limitada que tiene la ventaja de permitir al criador controlar el alimento de cada jaula **(Bonilla, 2015; Food and Agriculture Organization, 2000).**

Para la alimentación de los animales, puede ser un alimento fabricado comercialmente, es más costoso, sin embargo, es conveniente por su manejo fácil y mejor aprovechamiento. También, hay alimento alternativo como los no elaborados, como desperdicios alimenticios de fábricas de alimentos, restaurantes, mercados, cocinas caseras. Con cualquier alimentación es importante brindar forraje porque es un elemento esencial en la dieta de los conejos, dado su sistema digestivo específico **(Bonilla, 2015; González & Caravaca, 2007)**.

Tabla 3

Requerimiento nutricional en el conejo en la etapa de engorda.

Nutrimiento	Engorda %
Proteína bruta	16
Proteína Digestible	11.5
Fibra Cruda (Celulosa)	12 – 14
FDA	18
Calcio	0.4
Fósforo	0.3
Potasio	0.6
Sodio	0.3
Cloro	0.3
Magnesio	0.25
Energía Digestible (kcal/kg)	2.5
Energía Metabolizable (kcal/kg)	2.4

Nota. Datos tomados de **SENASICA (2019).**

Por otra parte, se destaca que la linaza, actualmente está recibiendo una atención cada vez mayor por parte de los piensos. Puesto que al agregarse o incluirse a la dieta las industrias verifican que el contenido de aceite que aporta las semillas de lino es de un alrededor del 40% en base de materia seca. Por lo cual contiene una alta proporción de ácido linolénico (C18: 3n-3) **(N. A. Khan et al., 2014)**. Lo comprueban recientes estudios proporcionados por **Kouba et al. (2008) y K. Khan et al. (2018)** concluyen que los conejos que recibieron una dieta enriquecida de linaza producen carne con una alta proporción de mega-3 AG sin efectos malos sobre su crecimiento y la calidad de la carne.

1.2.4.3 Alojamiento y parámetros ambientales durante el engorde

Las naves o jaulas donde se alojan los gazapos en la etapa de cebo son diferentes de las destinadas a la reproducción o incluso a lactancia debido a las diversas necesidades ambientales que se presentan. Las jaulas de los conejos en cebo deben ser naves separadas

que permitan mejorar el estado de salud al evitar la interacción de animales en diversos estados productivos, es decir en diferentes edades y susceptibilidades a procesos patológicos. Las jaulas en granjas industriales normalmente son de metal galvanizado y las dimensiones suelen ser de 40cm a 50 cm de ancho, 70cm a 90 cm de largo con una altura de 35cm. También que se pueden disponer en sistemas como flat-deck donde las jaulas van en un solo piso, que es el más conocido. Segundo el sistema California que se dispone de jaulas superpuestas que beneficia a sistemas de producción intensiva por lograr mayor densidad de animales **(González & Caravaca, 2007).**

En cuanto a los parámetros ambientales lo ideal es tener temperatura, humedad y ventilación durante la fase de engorde que deben ser controlados. La temperatura oscila ocasionalmente de 6 y 30 ºC. La temperatura óptima es de 19 a 22 °C. Tomando en cuenta que una temperatura superior a 28 ºC provocan un menor consumo del alimento, mientras que temperaturas inferiores a 3 ºC aumentan el consumo y favorecen la aparición de procesos respiratorios patológicos. Las humedades críticas relativas son inferiores de 55 y un máximo de 75, la humedad óptima es de 60 a 70%. Se puede inferir que temperaturas altas la granja tenga la suficiente ventilación **(González & Caravaca, 2007)**.

1.2.5 Anatofisiología del sistema reproductor

El sistema reproductor del *Oryctolagus cuniculus* macho consta anatómicamente de los testículos que pesan alrededor de 6 gramos dependiendo la raza, un epídimo, las ampollas, los conductos de los genitales para expulsar deshechos del organismo, extratesticulares, intratesticulares, y el pene el cual radica su importancia porque sirve para empadrar con la hembra al momento de la cópula **(Chikaodiri H. Onuoha, 2009)**. Así como en las hembras, el macho experimenta diferenciación sexual a los 14 a 15 días de gestación, cuando aparece una formación tubular rudimentaria. Los testículos de los gazapos se

encuentran dentro de la cavidad abdominal al nacer, y su tamaño es pequeño **(R. Romero V, 2014)**.

El inicio de la actividad testicular comienza entre los días 40 y 50, con la aparición de células que darán lugar a los espermatozoides hacia el día 60. Sin embargo, esta actividad no se completa hasta el día 84, cuando casi todos los tubos seminales ya están activos. La producción de testosterona por el testículo inicia a las 6 semanas, produce un rápido aumento en las hormonas luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH) al nivel sanguíneo que precede al inicio de la secreción de testosterona. La que regula es la LH y esta estimula la síntesis de testosterona que se lleva en las células de Leydig, las cuales se encuentran en el intersticio testicular **(Arrondo, 2004)**. Algo que coincide con el desarrollo de las glándulas anexas; a los 50 días. Las primeras manifestaciones de actividad sexual, como intentos de monta o tendencia a pelear con otros machos, surgen entre los 65 y 70 días. Sin embargo, Los testículos no están en el escroto, hasta los seis meses de edad **(Chikaodiri H. Onuoha, 2009; R. Romero V, 2014)**.

Es por ello por lo que muchas investigaciones recalcan el hecho de incluir alimentos o emplear dietas que ayuden con la disminución de la testosterona sin la necesidad de recurrir a procesos dolorosos que estresen a los conejos puesto que estos se encuentran en fase de cebo y podría afectar significativamente la producción.

1.2.5.1 Testículos

Los testículos de los conejos tienen una forma ovalada. Es la principal fuente de testosterona en los conejos, ya que es el principal andrógeno producido durante la maduración sexual. Los testículos, se coloca cranealmente al pene, cada uno en un lado del otro separados por línea inguinal y colocados de manera horizontal. Es decir, se encuentran ubicados dentro de las bolsas escrotales que tienen una íntima relación y

comunicación con la cavidad abdominal Los testículos se desarrollan menos rápidamente que el resto del cuerpo después de la nacimiento. Sin embargo, cuando el conejo tiene dos meses una edad estos descienden. Hasta los seis meses de edad en los conejos, los testículos continuaron creciendo y produciendo más espermatozoides. Recalcando que no es hasta los 84 días aproximadamente cuando los túbulos seminíferos inician la actividad de la espermatogénesis dado como resultado a los 120 y 150 días los primeros espermatozoides fértiles **(Chikaodiri H. Onuoha, 2009; Sánchez et al., n.d.).**

1.2.5.2 Epidídimo y Conducto deferente

Los espermatozoides producidos se almacenan en el epidídimo previamente a ser evacuados durante la eyaculación. Son eyaculados o expulsados mediante el conducto deferente del conejo (Oryctolagus cuniculus) que tiene una función importante en el movimiento de los espermatozoides hacia la uretra. La parte funcional del epidídimo funcional consta de un solo conducto. Anatómicamente el epidídimo proviene de los conductos eferentes; están basados en la cabeza, cuerpo, cola y se conecta con dichos conductos. Se afirma que la cola del epidídimo tiene una estructura en forma de U **(Chikaodiri H. Onuoha, 2020)**.

Mientras que el conducto deferente en el conejo inicia desde el epidídimo y llega hasta la uretra, pasando por el canal inguinal y formando una estructura en forma de huso en la región ampular. La porción ampular del conejo consiste en cámaras que pueden plegarse o desplegarse según la actividad del reproductor. El conducto particularmente en su región ampular sirve no sólo para almacenar espermatozoides, sino que también tiene funciones importantes relacionadas con la eliminación del exceso de espermatozoides y tal vez la activación de esos mismos espermatozoides **(Schencke & del Sol, 2003)**.

1.2.5.3 Biosíntesis de la testosterona y sistema endócrino

A lo largo de su vida los machos y las hembras presentan diferencias basadas en la producción, secreción y concentraciones circulantes de estas hormonas. La base de estas diferencias se encuentra principalmente en la función y desarrollo del eje hipotálamo-pituitaria-gónadas (HPG) **(Hernández-Cervantes et al., 2010).** Entre una de las funciones exocrinas principales del testículo es que mediante la FSH hipofisiaria, localizadas en los túbulos seminíferos es controlar los receptores que se encuentran en las células de Sertoli. Las células de Sertoli sintetizan la (androgen bingind protein) proteína que es necesaria puesto que ayuda con el mantenimiento de la concentración adecuada de testosterona. Mientras que la LH hipofisiaria estimula a la producción de la testosterona por medio de las células de Leyding que se encuentran situadas en el intersticio tisular **(Arrondo, 2004)**.

Bajo la influencia de la LH, se produce la biosíntesis de la testosterona que se lleva a cabo a partir del colesterol de las células de Leyding. Esto se produce en la mitocondria de las células que activan la cadena lateral del colesterol para formar pregnenolona. Bajo la influenza de otras enzimas la pregnenolona se transforma en progesterona, seguido de dihidroepiandostediona, posterior a androstediol y final la testosterona. Fisiológicamente la testosterona son los principales mediadores de la acción de la testosterona a nivel de los tejidos efectores y la dihidrotestosterona. La función fisiológica de la testosterona se ajusta bajo el ritmo circadiano **(Arrondo, 2004)**.

1.2.5.4 Metabolismo de la testosterona

En la sangre circula la testosterona que es una hormona lipofílica. Los niveles de testosterona normales en conejos son de 2,1 ± 0,3 ng/mL. Su acción circulatoria es iniciar y mantener la conducta innata del conejo macho y proporcionar un crecimiento apropiado

con una función estable de los órganos reproductivos masculinos. Es decir, dotar de características sexuales masculinas y funcionamiento a las glándulas sexuales del aparato genital. En las células diana la testosterona libre se difunde y se metaboliza a 5ª-dihidrotestosterona que es un andrógeno con mayor actividad mediante la 5ª-reductasa que la tipo 1 se encuentra en piel y en hígado y la tipo 2 que se encuentra en glándula suprarrenal, vesícula seminal, próstata entre otros y a 17B-estradiol por acción de la aromatasa **(Arrondo, 2004)**.

1.2.5.5 Papel de la testosterona en el conejo

El papel principal es de naturaleza sexual para el funcionamiento y desarrollo de los órganos reproductivos del conejo macho. Segundo al lívido del conejo, porque actúan sobre el sistema nervioso, se concentra como hormona del deseo. Como resultado, también afecta el mecanismo de eyaculación y el mantenimiento de la erección. Acotando a lo antes mencionado, la testosterona influye en el óxido nítrico sintetasa, una enzima que mantiene eréctil o activo al músculo liso en el cuerpo cavernoso del pene. Finalmente, la testosterona también interviene en la salud del conejo pues aumenta la masa corporal, ayuda a mantener la eritropoyesis, mejora las concentraciones de lipoproteínas. Además, favorece la salud cardiovascular entre otras funciones puesto que la testosterona tiene efectos sobre los tejidos diana **(Arrondo, 2004)**.

1.2.5.6 Niveles de testosterona en conejos

Se destaca que estos valores de testosterona pueden variar dependiendo de varios factores, incluyendo la edad, la salud general del conejo y entre otras. No obstante, en un estudio realizado por **Echeverri et al (2007)** plantea que los niveles de testosterona en conejos que no son castrados se encuentran niveles en promedio de 2,1 ± 0,3 ng/mL.

1.2 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la linaza (*Linum usitatissimum*) sobre los niveles de testosterona y los parámetros productivos en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) durante la fase de engorde.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de linaza incluida al (3%), (6%) y (9%) en dietas para *Oryctolagus cuniculus* en fase de engorde.
- Medir los niveles de testosterona en sangre en conejos alimentados con diferentes niveles de linaza durante fase de engorde.
- Determinar parámetros productivos en conejos alimentados con diferentes niveles de linaza durante fase de engorde.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la granja Bionutripharma, ubicada en la Florida, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, Ecuador. Geográficamente las coordenadas son 1°21'0" latitud Sur y 78°37'0" latitud Oeste en formato DMS (grados, minutes, segundos) o -1.35 y -78.6167 (en grados decimales) y la ubicación se encuentra a una altitud de 2.885msnm **(GetaMap., 2024)**.

2.2 Caracterización del lugar

El cantón Cevallos está situado en la región centro sur de la provincia y en la zona sur oriente de la ciudad Ambato. Cuenta con tan solo una parroquia considerada como la Matriz. Su temperatura oscila entre los 13 y 16 grados centígrados y su precipitación media anual es de 200 a 500 mm. Sus límites son Norte con Ambato, Este con Tisaleo y Mocha, al Sur con Mocha y Quero y al Oeste con Pelileo **(Vive TUNGURAHUA, 2022).**

2.3 Materiales

2.3.1 Material biológico experimental

- 36 (*Oryctolagus cuniculus*)

2.3.2 Materiales de campo

- Linaza (*Linum usitatissimum*)
- 36 jaulas galvanizadas

- 36 comederos
- Jeringas de 1ml
- Tubos aspirador tapa roja
- Botas
- Overol
- Guantes

2.3.3 Equipos

- Laptop
- Balanza digital
- Molino
- Mezcladora
- Cámara de video
- Rasuradora

2.3.4 Material de oficinas

- Cuaderno
- Esferos
- Computadora
- Memoria Flash
- Carpeta
- Excel
- Software Infostat
- Internet

2.4 Factores de Estudio

Testigos y tratamiento

T0: 0% de inclusión de linaza (*Linum usitatissimum*) durante la fase de engorde.

(Testigo)

T1: 3% de inclusión de linaza (*Linum usitatissimum*) durante la fase de engorde.

T2: 6% de inclusión de linaza (*Linum usitatissimum*) durante la fase de engorde.

T3: 9% de inclusión de linaza (*Linum usitatissimum*) durante la fase de engorde.

2.5 Manejo del experimento

- **Adquisición de los animales**

En el presente estudio, se adquirieron 36 conejos machos de 45 días. Todos los conejos provenían de Riobamba, de una granja dedicada a la cunicultura. Los conejos traídos eran de cruza de diferentes razas entre las que se destacan; Belier, Californiano y New Zelanda. Todos fueron distribuidos de a tres por cada jaula durante las primeras tres semanas. Esto se realizó con el fin controlar y mantener el tiempo de espera para evitar cualquier enfermedad. Una vez finalizado el tiempo de espera se procedió a colocar a cada conejo en su jaula.

- **Instalaciones**

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en la granja Biopharma ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Donde se adaptó un techado con ambiente controlado, también se utilizaron 36 jaulas galvanizadas, cada una con una dimensión de 50 cm de largo, 55 cm de ancho por una altura de 60 cm, estas medidas se aplicaron en todas las jaulas y el sistema de estas jaulas fue el sistema California puesto que se predisponen en escalera. Cada jaula contó con comederos y bebederos.

- **Adaptación**

El tiempo de adaptación comenzó desde el primer día que llegaron a la granja. Primero se integró un plan de ambiente controlado por el viaje. Donde se aprovechó para desparasitarlos con ivermectina a una dosis de 0,5 mg/Kg. Además, que todos los días contaban con ruido o música para adaptarlos y tener como medida de prevención al estrés y evitar enfermedades y muertes. Los conejos al pasar los 15 días de adaptación se los distribuyó a cada conejo en las diferentes jaulas.

Por otro lado, la adaptación al alimento de los conejos durante todo el estudio pasó por etapas. Teniendo en cuenta que los conejos estaban adaptándose al alimento sólido. Por ellos en la primera semana la alimentación se basó en alimento a base de hierva como la alfalfa (*Medicago sativa*). Para la segunda semana se integró de poco a poco el tratamiento con la inclusión de linaza. Cabe destacar que para este punto cada conejo fue pesado y colocado en su respectiva jaula dependiendo al bloque y tratamiento que le tocase. Sin embargo, el alimento solo fue pesado con el fin de que se adapten a un nuevo alimento mas no cumplir con el requerimiento del animal. De manera que brindábamos la alfalfa y el tratamiento.

Tabla 4

Ingredientes de las dietas propuestas con los requerimientos nutricionales con inclusión de linaza para conejos en fase de engorde en base a materia seca

Composición nutricional de las dietas				
Ingredientes	**T0 kg**	**T1 kg**	**T2 kg**	**T3 kg**
Alfalfa	400	400	400	400
Linaza	0	30	60	90
Maiz	266	236	206	221
Afrecho de trigo	190	200	200	190
Torta de soya	102,5	92,5	92,5	62,5
Aceite de palma	20	20	20	15
Fosfato monocalcico	6	6	6	6
Carbonato	3	3	3	3

Sesquicarbonato de sodio	2	2	2	2
Fusion	2	2	2	2
Metionina	2	2	2	2
Sal yodada	2	2	2	2
Premezcla	2,5	2,5	2,5	2,5
Optimax	1	1	1	1
Optimise	0,5	0,5	0,5	0,5
Hcl lisina	0,5	0,5	0,5	0,5
	1000	1000	1000	1000

Fuente: **El Autor**

Tabla 5

Aporte nutricional de las dietas propuestas con los nutrientes para conejos en fase de engorde

	Tratamientos			
Nutrientes	**T0**	**T1**	**T2**	**T3**
Ed conejos%	2578,28	2609,48	2644,58	2652
Proteína, %	16,84	16,94	17,35	16,6
Fdn, %	27,44	27,85	28	27,86
Fda, %	15,88	16,23	16,34	16,25
Fibra bruta %	11,93	12,16	12,33	12,37
Grasa, %	4,78	4,7	4,59	4,06
Sodio, %	0,19	0,19	0,19	0,19
Cloro, %	0,39	0,39	0,39	0,4
Calcio, %	0,84	0,86	0,86	0,86
Fosforo, %	0,64	0,65	0,66	0,66
Balnce elect. %	315,17	310,24	307,53	291,32
Metionina, %	0,47	0,46	0,46	0,44
Lisina, %	0,88	0,85	0,84	0,75

Fuente: **El Autor**

- **Aplicación de los tratamientos**

Una vez culminada la etapa de adaptación al alimento se inició con el tratamiento. Los tratamientos se llevaron a cabo a través del consumo voluntario o *ad libitum* tomando como base que cada conejo diariamente debe comer el 15% de su peso vivo. Todas las porciones de tratamientos se administraron a las 9 am y el retiro del alimento no consumido fue a la misma hora del día siguiente. Durante el periodo de estudio todos los

días se pesaba a los conejos y se les administraba los tratamientos según sus requerimientos. Este plan nutricional nos permitirá evaluar ganancia de peso mediante el pesaje de estos en ayunas pasada las 12 horas. Con esto conocemos el consumo voluntario diario y la preferencia de algunos conejos por el balanceado o por la alfalfa según el consumo.

El consumo voluntario se midió por medio del pesaje del alimento proporcionado restando el alimento rechazado esto se controló a través de un horario de cada 24 horas. A cada grupo de conejos se le suministró una dieta con un determinado porcentaje de inclusión de linaza en la dieta. Al T0 se le suministró la alfalfa más concentrado sin inclusión de linaza porque este es el grupo testigo. Al siguiente T1 se le suministró alfalfa más la inclusión de linaza a la dieta en un 3%, al T2 se dio también alfalfa más la inclusión de linaza 6% y finalmente el T3 alfalfa más la inclusión del 9% de linaza en la dieta o concentrado.

- **Tiempo de investigación**

La presente investigación duró 30 días, o 4 semanas donde los días fueron distribuidos en dos segmentos, Los primeros 15 días para la toma de muestras de sangre y poder evaluar los niveles de testosterona. Los segundos 15 días restantes fue para finalizar el estudio con la otra toma de muestra.

- **Identificación**

Los conejos tras ser evaluados por peso para poder organizarlos en un diseño experimental por bloques. Se los colocó en su jaula dependiendo los bloques y los

tratamientos. La identificación se llevó a cabo mediante la colocación de nombres en cada jaula.

- **Pesaje**

En este estudio se utilizó un total de 36 conejos machos mestizos de 10 semanas. Los índices productivos evaluados fueron registrados, mediante el uso de una balanza digital que nos indicaba datos exactos. De manera que todos los días en ayunas se pesaron a todos los conejos y los pesos se agregaban a una tabla de Excel para llevar el control de los pesos en los conejos.

- **Rendimiento a la canal**

Al final del estudio se seleccionó 12 conejos al azar con el propósito de verificar rendimiento a la canal de los conejos. Primero se realizó el sacrificio de los conejos. Donde se inició por el desnucamiento de cada conejo posterior a ello fue sacrificado por desangrado que se realizó por medio del corte de la vena yugular con un instrumento corto punzante filudo. Posteriormente se llevó a cabo el desollado donde se retiró piel, donde se incluyó las patas a nivel del metatarso y metacarpo, la cabeza a nivel de la articulación atlanto-occipital y la cola para obtener las canales de los conejos.

Para determinar el peso del cuerpo vacío, el cadáver fue abierto para el retiramiento de los órganos torácicos, abdominales, también vísceras como el estómago, intestino delgado e intestino grueso. Estas vísceras como estómago, intestino delgado e intestino grueso se pesaron sin contenido obteniendo así el peso del contenido gastrointestinal. El peso del canal caliente fue registrado y se calculó el peso del cuerpo vacío y el peso de este en vivo. Es decir, el rendimiento a la canal se lo evaluó teniendo en cuenta todos los datos de los

pesos de los conejos por los bloques y tratamientos correspondientes antes y después del sacrificio

- **Toma de muestras**

Las muestras sanguíneas se realizaron mediante extracción de sangre de la vena safena. La toma fue en dos periodos, la primera toma se realizó a los 15 días y la segunda toma se la realizó al finalizar el estudio de campo. Para esto los conejos fueron seleccionados al azar. Para la toma de muestras de sangre se necesitó de una rasuradora y equipo médico para la sujeción de los conejos. El fin de obtener sangre fue de analizar de los niveles de testosterona ng/mL de los conejos y de esta manera evaluar la influencia de la inclusión en la dieta de semillas de linaza.

- **Procesamiento de la información**

Todos los datos que se registraron tanto de los índices productivos como del rendimiento a la canal fueron tomados por una balanza digital. Todos los días se tomaron los pesos de los conejos dependiendo los bloques y los tratamiento de cada uno. De la misma modo, se pesó el alimento administrado para cada tratamiento y bloque y los residuos que dejaron también se pesaron, permitiéndonos evaluar el consumo del alimento. Toda la información fue registrada diariamente en un computador que automáticamente nos permitía conocer según el peso del conejo cuanto es el consumo de balanceado y alfalfa. Por otro lado, al final de la investigación el rendimiento a la canal también fue registrado a través de una balanza digital. Para esta variable se pesó al animal vivo y luego, sin piel, patas delanteras y traseras, cola y cabeza. Posterior a ello también eviscerado se pesó la canal en caliente.

2.6 Variables respuestas

2.6.1 Índices productivos

- **Ganancia de peso, g**

Para determinar el incremento de peso de los conejos evaluamos tanto a cada conejo como individuo y colectivamente. De manera, que tomamos el peso inicial del conejo con el que inició el tratamiento y el peso final que en este caso lo realizamos semanalmente, dándonos como resultado la siguiente fórmula:

PF = Peso final

GP = Ganancia de peso

PI = Peso inicial

ND= Número de días

$$\mathbf{GP} = \frac{\mathbf{PF} - \mathbf{PI}}{\mathbf{ND}}$$

Modificado de **(Rica & Mora-Valverde, 2012).**

- **Cantidad de alimento consumido (CAC), g**

La determinación del consumo de alimento de los conejos en el tiempo de estudio se lo ponderó semanalmente empleamos la siguiente fórmula:

CAC= Cantidad de alimento consumido

AA= Alimento administrado

ASC= Alimento sin consumir

NC= Número de conejos

$$\mathbf{CAC} = \frac{\mathbf{AA} - \mathbf{ASC}}{\mathbf{NC}}$$

Modificado de **(Cedillo & Quizhpi José, 2017).**

- **Conversión alimenticia**

Se determinó la conversión alimenticia de los conejos por medio la relación que hay entre el alimento consumido durante el período del experimento que es el tiempo dividido para ganancia de peso final que es el total.

CA= Conversión alimenticia

CAC= Cantidad de alimento consumido

GP= Ganancia de peso total

$$\mathbf{CA} = \frac{\mathbf{CAC}}{\mathbf{GP}}$$

Modificado de **(Neira, 2015).**

- **Mortalidad**

Calculamos esto durante todo el tiempo de la investigación que fueron los 30 días, a partir de los registros se contabilizó el número de conejos con mortalidad dándonos como resultado la siguiente fórmula:

NAM = Número de animales muertos

TA= Total de animales

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{Número de animales muertos}}{\text{Total de animales en ese periodo}} * 100$$

Modificado de **(Moreno et al., 2000).**

2.7. Diseño Experimental

El presente estudio fue realizado por medio de un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde el factor de bloqueo fue el peso de los conejos. Para este estudio los tratamientos fueron cuatro tomando en cuenta al tratamiento testigo. Para los tres tratamientos en donde se incluía semillas de linaza a la dieta fueron los siguientes. Para el T1, semillas de linaza al 3% incluido en la dieta más alfalfa (*Medicago sativa*), para el T2, semillas de linaza al 6% incluido en la dieta más alfalfa (*Medicago sativa*), finalmente para el T3, semillas de linaza al 9% incluido en la dieta más alfalfa (*Medicago sativa*). se emplearon 3 repeticiones por cada tratamiento, en los respectivos bloques constituyendo así una unidad experimental.

Este estudio tuvo un enfoque cuantitativo, en primer lugar, se desarrolló un análisis de varianza (ANOVA) y para determinar los grados de significancia entre tratamientos, se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0,05.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Índices productivos

Tabla *6*

Índices productivos con la adición de linaza, en conejos de 67 a 97 días.

	Niveles de linaza (%)							PESOS DE LOS CONEJOS				
Tratamientos	**T0 0%**	**T1 3%**	**T2 6%**	**T3 9%**	**CV**	**P**	**Significancia**	1000 a 1250 g	1250 a 1320 g	1320 a 1600 g	**P**	**Significancia**
Peso inicial, g	1235,00	1267,00	1304,00	1348,56	1,45			1162,25	1272,25	1431,42		
Peso final, g	1822,11[b]	2030,56[ab]	2235,11[a]	2239,89[a]	24,96	0,0081	*	1523,42	1814,83	1631,83	0,6258	NS
Consumo de alimento, g	1752,79[b]	2018,02[ab]	2187,88[a]	2282,68[a]	6,39	0,0112	*	1682,28[b]	2110,13[a]	2388,62[a]	0,0008	*
Ganancia de peso, g/día	20,98[b]	27,27[ab]	33,42[a]	31,66[a]	10,35	0,0080	*	22,73[b]	30,47[a]	31,81[a]	0,0095	*
Conversión alimenticia	3,86	2,71	2,37	2,58	30,36	0,2583	NS	3,38	2,73	2,54	0,4164	NS
Mortalidad, %	1,23	0	0	0				0,93	0	0		

Nota. a, b, c, d: Medias con letras diferentes en las filas que difieren significativamente (P<0.05). P: significancia. T0: testigo. T1: 3% de adición de linaza. T2: 6% de adición de linaza. T3: 9% de adición de linaza.

Fuente: **El Autor**

Peso final, g

El peso final de los conejos mostró diferencias entre tratamientos, siendo más alto en T2 y T3, donde se añadió un mayor porcentaje de linaza (6% y 9%, respectivamente). Esto sugiere que si se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos. Donde se registraron pesos similares más altos para T3 (2239,89 g) y T2 (2235,11 g) sin diferencias significativas entre ellos, mientras que para T0 y T1 tuvieron pesos finales más bajos (1822,11 g y 2030,56 g respectivamente). Esto señalaría que la linaza podría estar relacionada con un mayor peso al final entre tratamientos. Datos que concuerdan con **Tariq et al. (2016)** quién encontró que los conejos alimentados con semillas de linaza en mayor proporción del 7% tienen un aumento significativo en el peso corporal. También **Alegría (2023)** quién evaluó en gazapos de 7 días de edad, los distintos niveles de linaza en polvo en dietas iniciadoras con el objetivo de influir en el destete precoz, al finalizar la investigación los resultados indican que existió diferencias significativas, eligiendo a T4 (3%) como el mejor tratamiento, alcanzando pesos de 875 g en un período de 14 días.

Sin embargo, los bloques de peso final no mostraron diferencias significativas (P = 0,6258), indicando que los tratamientos tuvieron un efecto general similar independientemente del peso inicial**. Lekuona et al. (2018)**, en su estudio que evalúa el perfil de ácidos grasos en la carne de conejos de la línea Hyplus, obtuvo datos que mencionan que no existen diferencias significativas para ningún parámetro productivo, al ser sometidos a consumir distintos niveles de linaza (T1: 5% y T2: 10%), simplemente lo que hace la linaza es modificar la grasa en el músculo, debido a que los AGM (Ácidos grasos Monoinsaturados) así disminuyendo el nivel de triglicéridos en sangre y también de colesterol LDL sin afectar al HDL.

Lo expuesto con anterioridad es respaldado por **Ibrahim et al. (2021)**, quien aclara que al alimentar conejos después del destete, incluyendo el 6 y 8% de linaza en la dieta

disminuye el aumento de peso diario, atribuyendo al efecto del ácido fítico que une proteínas y minerales disminuyendo la biodisponibilidad, por otra parte, el contenido de la lignina en la semilla puede tener una relación directa con la mejora la salud a través de la supresión del hambre y es por eso por lo que su rendimiento productivo se ve afectado. Esto indica que los pesos finales obtenidos en esta investigación se atribuyen a la distribución de las unidades experimentales por el peso con los que se inició el ensayo, más no por el efecto de la linaza.

Así también, si se analiza en la tabla (6), realizada bajo un DBCA, no se observa diferencias estadísticas para peso finales.

Consumo de alimento, g

En lo referente al consumo de alimento si existió diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos, siendo T2 (2187,88 g) y T3 (2282,68 g) los grupos que hubo mayor consumo, estos datos del aumento del consumo pueden estar relacionados con la mayor adición de linaza dependiendo el tratamiento. Este aumento en el consumo de alimento puede estar relacionado con la palatabilidad y la composición nutricional de la dieta. Según **Gidenne & Lebas (2002)** los conejos tienden a consumir más alimento cuando se añaden ingredientes ricos en fibra como en este caso la linaza a la dieta. También, **Alegría (2023)**, comenta que para los gazapos el consumo de alimento y la utilización de nutrientes se ve afectado desde el destete, puesto que cambia del consumo de leche que es muy digestible a alimentos secos, lo que ocasiona un cambio brusco de microbiología digestiva en el tracto gastrointestinal, lo que hace necesario usar alimentos de alta digestibilidad como es la linaza que contribuye a mejorar salud intestinal, aumentando la función digestiva e inmunológica.

También hubo diferencias significativas entre los bloques de consumo de alimento (P = 0,0008), lo que sugiere que los conejos en diferentes rangos de peso inicial consumieron cantidades diferentes de alimento. Es apropiado en este punto recalcar que los conejos consumieron más alimento cuando se les proporcionó una dieta con mayores niveles de linaza. Sin embargo, pocos estudios mencionan ganancias de pesos y consumo de alimento en conejos, sin embargo se ha observado mejores resultados en destete, probablemente el incremento del consumo de alimento en estas etapas se deba al contenido de fibra en la dieta, ya que en crecimiento y cebo el requerimiento es de 12 al 15%, manteniendo una buena velocidad en su crecimiento a costa de un mayor consumo de alimento, por tanto, su presencia influirá en el tiempo de tránsito, sobre todo en el ciego, mejorando la motilidad intestinal e impidiendo la crecimiento de bacterias patógenas y la acumulación de productos de fermentación.

Ganancia de peso, g/día

Con respecto a la ganancia de peso diaria también aumentó con la adición de linaza, existió diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, mostrando para T3 la mayor ganancia diaria (33,42 g/día), seguido por T2 (9 % y 6%) de linaza, respectivamente. Estos resultados son corroborados con **Acevedo (2023)**, quien evaluó el 1, 2 y 3 % de linaza en 80 cuyes de 30 días de edad (recría 1), los animales fueron sometidos a experimentación por 60 días, según los resultados obtenidos se demuestra que durante las dos primeras semanas no existieron diferencias estadísticas, lo que refleja uniformidad de lotes, sin embargo, durante la semana 6 se evidencia diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento T3 quien obtuvo mayor ganancia de peso (62,85g/cuy), esto quizá se deba a la adaptación del sistema digestivo a la linaza, puesto a que intenta causar un menor impacto a la microbiota intestinal y posterior a ello aumentar la absorción de nutrientes de la dieta. Esto es verificable con el grupo control T0 que sin la adición de linaza tuvo la menor ganancia diaria (20,98 g/día).

Los bloques de ganancia de peso diaria también mostraron diferencias significativas (P = 0,0095), indicando que los conejos en diferentes rangos de peso inicial ganaron peso a tasas diferentes.

Conversión alimenticia

En lo que respecta a la conversión alimenticia no mostró diferencias significativas entre los grupos (P = 0,2583), lo que sugiere que la adición de linaza no afectó significativamente la eficiencia en la conversión del alimento entre las medias de los tratamientos, resultados que difieren con **Alegría (2023)**, donde el tratamiento más eficiente fue al agregar el 3% de linaza en la dieta de cuyes destetados, cuya eficiencia fue de 3.63, indicando que cuando se adiciona un insumo sustituto se consigue mejorar en este parámetro y por consiguiente esto conduce a una mejor eficiencia en la transformación del alimento en carne.

Sin embargo, tampoco se observaron diferencias significativas entre los bloques de conversión alimenticia (P = 0,4164). Es por ello por lo que otros estudios realizados en cerdos de engorde evaluaron hasta el 10% de linaza en la dieta, no se detectaron diferencias en lo que respecta a parámetros productivos. Pero en lo que se refiere a la calidad de la carne existió un aumento de omega 3, lo que podría aumentar el contenido de grasa intramuscular e incrementar la oxidación de los AG poliinsaturados **(Soni et al., 2017)**.

En este sentido, **Newkirk (2015)**, observó la reducción en el comportamiento del crecimiento de los animales, con el 8% de *Linum usitatissimum*, donde probablemente se debe al porcentaje de mucílago que modifica la actividad de la microflora entérica, causando cambios negativos en el tracto gastrointestinal ralentizando el vaciado del

estómago, afecta ligeramente el apetito, la palatabilidad y la ingesta de alimento, causando deficiencia de vitamina B6 en pollos de engorde. La reducción del rendimiento productivo se ve afectado también en cerdos de 75-100 kg, puesto que al incluir el 4% de semilla de *Linum usitatissimum,* disminuyó la ganancia de peso, pero modificó el porcentaje de carne magra, es decir, la linaza incrementa el contenido de ácidos grasos omega-3, principalmente Ácido alfa-linolénico en carne.

Mortalidad, %

Durante los 30 días de experimento se evidenció en 1.23% de mortalidad para T0 y T1, T2, y T3 sin mortalidad registrada. Para T0 con 1.23% de mortalidad es aceptable, ya que **Piqué (2019)**, indica que, la mortalidad media durante el engorde puede llegar hasta 10,45%, considerándose aceptable. Además, debido a que la linaza causa un menor impacto en el tracto gastrointestinal en etapa de destete, mantiene elevado su respuesta inmunológica actuando como barrera de patógenos.

3.2 Niveles de testosterona

Tabla 7

Niveles de testosterona en conejos mestizos de 67 a 97 días, en dos diferentes momentos.

	Niveles de testosterona (ng/ml)						
Tratamientos	T0	T1	T2	T3			Significancia
Testosterona	0%	3%	6%	9%	CV	p-valor	
Niveles de testosterona a los 80 días, ng/ml	1,46	0,82	2,26	2,12	87,76	0,5854	NS

Niveles de testosterona a los 96 días, ng/ml	0,98	1,88	2,64	2,89	93,16	0,6507	NS

Nota. a, b, c, d: Medias con letras diferentes en las filas que difieren significativamente (P<0.05). P: significancia. T0: testigo. T1: 3 % de adición de linaza. T2: 6% de adición de linaza. T3 9% de adición de linaza.

Fuente: **El Autor**

Se observa la variación de los niveles de testosterona a los 80 días de edad, donde el lote es aparentemente homogéneo y no presenta diferencias estadísticas (p>0,05) entre ellos. A los 96 días tampoco existen diferencias, sin embargo, las diferencias numéricas son evidentes.

A lo largo de la investigación la inclusión de semillas de linaza en la dieta ha permitido registrar cambios positivos en el perfil metabólico. Por ejemplo, el tratamiento Testigo (T0) al día 80, correspondiente a la primera toma de muestra sanguínea para analizar, dio como resultado 1,46 ng/ml. Al día 96, cuando se tomaron las últimas muestras de sangre, se registró una leve disminución en los niveles de testosterona en T0, que fueron de 0,98 ng/ml. Por otro lado, el tratamiento T1 en la primera se registra un valor de 0,82 ng/ml, mientras que la extracción de muestra final indica un valor de testosterona de 1,88 ng/ml: Sin embargo, el tratamiento T2 registra un valor de 2,26 ng/ml en la primera toma de muestra, y luego se registra un valor de 2,64 ng/ml en sangre. En el tratamiento T3, las muestras de primera toma mostraron 2,12 ng/ml de testosterona en sangre, mientras que las muestras de última toma mostraron 2,89 ng/ml de testosterona total en sangre.

En este estudio, se observa un aumento en los niveles de testosterona con la adición de linaza en los tratamientos T1, T2 y T3 en comparación con el testigo T0. Esto sugiere que la linaza podría estar ejerciendo un efecto estimulante sobre la producción de testosterona. Esto podría atribuirse a los componentes bioactivos de la linaza, como los lignanos, que podrían influir positivamente en la producción de testosterona. Como lo declara **Tou et**

al. (1998) quien describe que la linaza es conocida por ser rica en ácidos grasos omega-3 y lignanos. Quien sugiere que los lignanos, como el secoisolariciresinol diglucósido (SDG) presente en la linaza, podrían tener efectos estrogénicos débiles, así como propiedades antioxidantes que pueden influir positivamente en los niveles de testosterona.

Muy por el contrario, **Vega et al. (2012)** observó que añadir linaza en el alimento de los cobayos machos reduce mínimamente los niveles de testosterona como también la agresividad de estos lo cual se ve reflejado en la calidad de carcasa, y la ganancia de peso de los animales. Una investigación realizada por **Reyna (2014)**, agrega que la castración mejora los parámetros productivos y disminuye la agresividad, mejorando los índices productivos obteniendo así una mejor presentación de la carcasa. Lo cual es discutible con la presente investigación puesto que los niveles de testosterona se observan aumentados con la adición de linaza en los tratamientos.

3.3 Rendimiento a la canal

Tabla 8

Variables	RENDIMIENTO A LA CANAL							PESOS DE LOS CONEJOS				
	T0	T1	T2	T3	CV	P - valor	Significancia					
	0%	3%	6%	9%								
Pelaje, g	175,67	169,00	183,00	181,00	6,05	0,4315	NS	169,00	178,75	183,75	0,1326	NS
Cabeza, g	154,00	177,00	188,33	179,33	13,39	0,3792	NS	151,5^{b}	186,75^{a}	185,75^{a}	0,0184	*
Miembros Delanteros, g	13,00	16,00	19,00	16,33	28,38	0,4964	NS	11,75^{b}	16,75^{ab}	19,75^{a}	0,0101	*
Miembros Traseros, g	28,00	36,33	47,33	39,67	27,72	0,2341	NS	29,50^{b}	37,50^{ab}	46,50^{a}	0,0402	*
Cuerpo caliente, g	1454,00	1573,00	1861,00	1832,33	13,83	0,1663	NS	1447,50^{b}	1741,5^{a}	1851,25^{a}	0,0071	*
O. Abdominales /contenido, g	351,00	383,00	515,67	448,67	21,99	0,2186	NS	343,25	463,75	466,75	0,0799	NS
Sin contenido, g	170,33	177,00	205,67	199,33	14,46	0,3763	NS	160,25^{b}	199,75^{a}	204,25^{a}	0,0090	*
O. Torácicos, g	21,33	23,00	28,33	27,00	22,32	0,4212	NS	19,50^{b}	26,25^{a}	29,00^{a}	0,0117	*
Hígado, g	72,00	69,00	74,00	76,33	11,84	0,7635	NS	67,75	72,00	78,75	0,2013	NS
Cuerpo Vacío, g	990,00	1115,67	1227,00	1228,76	12,95	0,1677	NS	1021,00^{b}	1159,50^{ab}	1276,25^{a}	0,0189	*
Rendimiento a la Canal, %	54%	54%	54%	54%								

Nota. a, b, c, d: Medias con letras diferentes en las filas que difieren significativamente (P<0.05). P: significancia. T0: testigo. T1: 3 % de adición de linaza. T2: 6% de adición de linaza. T3 9% de adición de linaza.

Resultados del rendimiento a la canal de los conejos

Fuente: **El Autor**

En el cuadro se observa el rendimiento a la canal respecto al consumo de alimento, los resultados encontrados mostraron que dicho consumo fue diferente numéricamente para cada concentración de linaza añadida a la dieta, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre cada tratamiento. El peso del pelaje en el tratamiento (T2) con la adición del 6% obtuvo un resultado de 183 g, al igual que el peso vivo de los conejos con un promedio de 2353 g. En cuanto al peso del cuerpo caliente en cada tratamiento no existió diferencia significativa (P=0,1663) existe una tendencia de variación numérica, en el tratamiento (T2) el que presentó mayor peso en canal caliente 1861 g y el peso de la cabeza con 188,33 g, seguido del tratamiento (T3) 1832,33 g de peso de cuerpo caliente. El promedio del peso vivo fue de 2353 g en comparación con el peso promedio del conejo sin contenido fue de 205,67 g esto indica que hubo una pérdida de 2147,33 g lo cual se justifica ya que hay perdidas en piel, patas, cabeza y vísceras al igual que en sangre.

Los miembros delanteros y traseros se acopló mejor con el tratamiento (T2) con pesos de 14 g y 43,33 g, además en el peso de vísceras en cada tratamiento, no hubo diferencias significativas (P=0,2186), sin embargo, el tratamiento (T2) obtuvo mayor peso de vísceras siendo el tratamiento que consumía en menor cantidad (515,67g) el bloque con el 6% de linaza, en comparación con tratamiento (T3) que consumieron mayor cantidad de bloque (448,67 g) con 9% de linaza y el promedio de peso de vísceras fue menor. En el peso del hígado tuvo mayor incremento el tratamiento (T3) con el 9% de adición obtuvo 76,33 g, el peso de órganos torácicos alcanzaron los 28,33g con el 6% por lo que se obtuvo un mayor tamaño de órganos vitales esto puede ser un indicador de mayor metabolismo basal, con poca posibilidad de afectación en el crecimiento y eficiencia de utilización de alimento. Esto puede justificar que la linaza es efectiva ya que contiene ácidos grasos omega-3, así como en fitoquímicos llamados lignanos, en comparación con el alimento comercial consumieron menor cantidad sin la adición de linaza a la dieta estos resultaron con menor peso de órganos.

Un estudio realizado por **Benatmane et al. (2011)**, examina el efecto de la calidad de la carne del conejo bajo suplementación de linaza en el pienso, demostrando en su estudio un incremento del 11.6% de ácidos grasos polinsaturados en grasa perirrenal e interescapular, además del músculo *Longissimus dorsi*, confirmando que la linaza realiza cambios en el perfil lipídico de la carne, supliendo los ácidos grasos mono y poliinsaturados necesarios para salud humana.

Así también, **Petracci et al. (2009)**, demostraron que la inclusión del 3% y 9% de linaza en la dieta de conejos incrementa el ácido linoleico, aumentando ácidos grasos poli y monoinsaturados en carne hasta un 8,48%. De acuerdo con el perfil lipídico en conejos de 10 semanas, estudiado por **Króliczewska et al. (2018)**, la linaza W86 disminuyó significativamente los niveles séricos de colesterol total, LDL-C, VLDL-C y TG, también para los índices aterogénicos, aumentando la actividad de superóxido dismutasa y el estado antioxidante. Por otra parte, se resalta que para mantener en salud favorable el rendimiento a la canal en porcentaje debe tener como promedio 54.7±2.4, de esta manera se comprueba si la alimentación no afecta a la canal **(Montes-Vergara et al., 2020)**.

Finalmente, se puede concluir que, la inclusión de linaza en dietas de conejos puede afectar negativamente a los parámetros productivos si se sobrepasa del 4%, debido al contenido de lignina en la semilla, pero es eficaz para reducir los índices de saturación, aterogénicos y trombogénicos de la carne de conejo, volviéndose beneficioso para la salud humana.

3.4 Comprobación de la hipótesis

Ha. La inclusión de linaza (3%, 6% y 9%) en la dieta influye sobre los niveles de testosterona y los parámetros productivos en la fase de engorde.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La adición de semilla de linaza al 6% y 9% en la dieta de conejos durante la fase de engorde resultó en un aumento significativo del peso final y una mayor ganancia de peso diaria en comparación con los grupos de control. Esto sugiere que la linaza puede mejorar el rendimiento productivo de los conejos

- Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas, se observó una tendencia al aumento de los niveles de testosterona con la adición de linaza, especialmente en los tratamientos con mayores concentraciones.

- Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el consumo de alimento y rendimiento a la canal entre los tratamientos, la inclusión de linaza mostró variaciones numéricas en el peso del cuerpo caliente y en algunos órganos vitales. Esto sugiere posibles mejoras en el metabolismo basal y la eficiencia alimenticia.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda considerar el 6% de linaza como una opción inicial óptima, dado su efecto positivo en el peso final y la ganancia diaria de peso, antes de considerar niveles más altos.

- Dado el impacto significativo en los niveles hormonales, se recomienda ampliar el estudio para evaluar los efectos a largo plazo en la reproducción y la eficiencia productiva de los conejos.

- Para optimizar los resultados productivos, se recomienda refinar las formulaciones dietéticas para mejorar el rendimiento a la canal.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo Oscar. (2023). Variación de los niveles de testosterona en cuyes suplementados con linaza desde la fase recría - comercial.

Adolphe, j., & fitzpatrick, k. (2015). *Linaza: un estudio nutricional*. Http://webprod3.hc-sc.gc.ca/cnf-fce/index-eng.jsp

Alegría, m. (2023). *Evaluación de la linaza en dietas iniciadoras de gazapos en (cavia porcellus) sobre los índices productivos*. Http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Alhayaly, h. N., saadi, a. M., & younis, d. T. (2024). Effect of adding flaxseed oil and tallow and their combination on the productive performance of broilers. *Egyptian journal of veterinary science(egypt)*, *55*(1), 233–241. Https://doi.org/10.21608/ejvs.2023.234244.1600

Arrondo, j. L. (2004). Fisiología hormonal masculina. Https://www.aeu.es/userfiles/muestramaterialdocentecfsh.pdf

Barrios, v., castillo, r., gonzález sánchez, i., & savón valdés, lourdes. (2007). Caracterización toxicológica de las macroalgas marinas hypnea spp y sargasun spp para la futura utilización en la alimentación y la salud animal como humana. *Redvet*, 1–9. Http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612662007

Benatmane, f., kouba, m., youyou, a., & mourot, j. (2011). Effect of a linseed diet on lipogenesis, fatty acid composition and stearoyl-coa-desaturase in rabbits. *Animal*, *5*(12), 1993–2000. Https://doi.org/10.1017/s1751731111001145

Bivolarski, b. L., & vachkova, e. G. (2014). Morphological and functional events associated to weaning in rabbits. In *journal of animal physiology and animal nutrition* (vol. 98, issue 1, pp. 9–18). Https://doi.org/10.1111/jpn.12058

Blas, c. De (carlos), & wiseman, j. (julian). (1998). *The nutrition of the rabbit*. Cab international.

Blas, e. (2001). *Alimentación práctica de conejos*.

Bonilla, l. (2015). *Evaluación del crecimiento - engorde de conejos neozelandez alimentados con diferentes pocentajes 4%, 6%, 8% y 10% de harina de cabeza de camarón en la parroquia san pablo, provincia de bolivar.*

Carlos j. Boluda, beatriz duque, gergely gulyas, zulma aragón, amelia duque, & félix díez. (2006). Lignanos (3): enterolignanos y actividad estrogénica. *Revista de fitoterapia*, *6*(1), 45–57. Www.fitoterapia.net

Cedillo, j., & quizhpi josé. (2017). Caracterización zoométrica, parametría productiva y reproductiva de dos ecotipos de cuy criollo provenientes de la provincia de azuay y cañar a través de la conformación de núcleos exsitu y su comparación con una línea mejorada.

Certucha, m., cantera, c., ibáñez, f., luque, m., olmo, y., paños, j., roca, t., rodero, e., zaragoza, p., cañón, j., cortés, o., & dunner, s. (2015). *Historia, caracterización y situación del conejo antiguo pardo español*.

Chikaodiri h. Onuoha. (2009). Fisiología reproductiva de conejos machos: un factor clave en la selección de machos para la cría. *Scientific research*.

Chikaodiri h. Onuoha. (2020). Reproductive physiology of male rabbits: a key factor in buck selection for breeding (paper review). *Advances in reproductive sciences*, *08*(02), 97–112. Https://doi.org/10.4236/arsci.2020.82009

Cuevas, z., & sangronis, e. (2012). Caracterización de semillas de linaza (linum usitatissimum l.) Cultivadas en venezuela. *Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición*, *62*, 2–10.

Cullere, m., & dalle zotte, a. (2018). Rabbit meat production and consumption: state of knowledge and future perspectives. In *meat science* (vol. 143, pp. 137–146). Elsevier ltd. Https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029

Daszkiewicz, t., gugołek, a., kubiak, d., kerbaum, k., & burczyk, e. (2021). The fatty acid profile of meat from new zealand white rabbits raised under intensive and extensive production systems. *Animals*, *11*(11). Https://doi.org/10.3390/ani11113126

De silva, s. F., & alcorn, j. (2019). Flaxseed lignans as important dietary polyphenols for cancer prevention and treatment: chemistry, pharmacokinetics, and molecular targets. *Pharmaceuticals*, *12*(2). Https://doi.org/10.3390/ph12020068

Dutra, p. A., pinto, l. F. B., cardoso-neto, b. M., mendes, c. S., pinheiro, a. M., barbosa, l. P., de jesus pereira, t. C., & de carvalho, g. G. P. (2022). Flaxseed added to the diet of alpine goats affects the nutrients intake and blood parameters. *Tropical animal health and production*, *54*(2). Https://doi.org/10.1007/s11250-022-03100-2

Echeverri, d., delgadillo, a., & montes, f. (2007). *Efecto morfológico y funcional vascular de los andrógenos endógenos en un modelo experimental en conejos ateroscleróticos*. *14*(5), 57–58.

Estelles, a., gómez, m. S., parra, f. J., romero, a. J., & lópez, l. B. (2020). *Semillas de girasol, lino, chía y sésamo. Compuestos nutricionales y su efecto sobre la salud*.

Fan, l., xu, j., guan, x., li, r., & wang, s. (2023). Developing radio frequency pretreatment technology for improving yield and quality of flaxseed oil extractions. *Innovative food science & emerging technologies*, *86*, 103363. Https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103363

Food and agriculture organization. (2000). *Alimentación de cuyes y conejos*. Fao. Https://www.fao.org/4/v5290s/v5290s45.htm#:~:text=alimentaci%c3%b3n%20b%c3%a1sica%20(en%20base%20a%20forraje)&text=un%20conejo%20debe%20comer%20diariamente,en%20especial%20de%20vitamina%20c.

Getamap. (2024). *Getamap.* Https://www.getamap.net/maps/ecuador/tungurahua/_cevallos/

Gidenne, t., & lebas, f. (2002). *Role of dietary fibre in rabbit nutrition and in digestive troubles prevention*. Https://www.researchgate.net/publication/267834779

González, r. P., & caravaca, r. F. (2007). *Producción de conejos de aptitud cárnica capítulo 30*. Https://doi.org/10.-patología

Hernández-cervantes, r., gabriela sánchez-acosta, a., ramírez-nieto, r., & morales-montor, j. (2010). *Regulación neuroendocrinológica dela función inmunitaria*.

Hirst, b. C., dibrov, e., hirst, s. D., & pierce, g. N. (2023). Physiological and pathological considerations for the use of flaxseed as a therapeutic dietary strategy. In *reviews in cardiovascular medicine* (vol. 24, issue 5). Imr press limited. Https://doi.org/10.31083/j.rcm2405149

Ibrahim, s. A. M., el-nomeary, y. A. A., fatma, ;, salman, m., & bakry, b. A. (2021). The effects of dietary inclusion of different levels of flaxseed on the digestibility, growth performance, blood parameters and fatty acid profile in growing new-zealand white (nzw) rabbits. In *nutrition and feeds* (vol. 24, issue 1).

Jáuregui, l. (2020). *Buscando la dieta ideal en conejos mascotas*.

Kauser, s., hussain, a., ashraf, s., fatima, g., ambreen, javaria, s., abideen, z. U., kabir, k., yaqub, s., akram, s., shehzad, a., & korma, s. A. (2024). Flaxseed (linum usitatissimum); phytochemistry, pharmacological characteristics and functional food applications. *Food chemistry advances*, *4*. Https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100573

Kerrigan, l. (2015). *Vet times small mammal nutrition: significance of feeding a species-specific diet*. Https://www.vettimes.co.uk

Khan, k., khan, s., khan, n. A., & ahmad, n. (2018). Effect of flaxseed supplementation of feed on growth, carcass yield, meat and fatty acids profile of rabbit carcass. *Pakistan journal of zoology*, *50*(6), 2037–2043. Https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.6.2037.2043

Khan, n. A., booker, h., & yu, p. (2014). Molecular structures and metabolic characteristics of protein in brown and yellow flaxseed with altered nutrient traits. *Journal of agricultural and food chemistry*, *62*(28), 6556–6564. Https://doi.org/10.1021/jf501284a

Kouba, m., benatmane, f., blochet, j. E., & mourot, j. (2008). Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat science*, *80*(3), 829–834. Https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.029

Króliczewska, b., miśta, d., ziarnik, a., zuk, m., szopa, j., pecka-kiełb, e., zawadzki, w., & króliczewski, j. (2018). The effects of seed from linum usitatissimum cultivar with increased phenylpropanoid compounds and hydrolysable tannin in a high cholesterol-fed rabbit. *Lipids in health and disease*, *17*(1). Https://doi.org/10.1186/s12944-018-0726-4

Krupová, z., wolfová, m., krupa, e., & volek, z. (2020). Economic values of rabbit traits in different production systems. *Animal*, *14*(9), 1943–1951. Https://doi.org/10.1017/s1751731120000683

Lekuona, n., astorgano, e. C., & eguinoa, p. (2018). *Efecto de la utilización de lino en la dieta de conejos*.

Meredith, a. L., & prebble, j. L. (2017). Impact of diet on faecal output and caecotroph consumption in rabbits. *Journal of small animal practice*, *58*(3), 139–145. Https://doi.org/10.1111/jsap.12620

Miteva, d., ivanova, s., & dimov, k. (2021). *Production of rabbit meat with functional properties*. Https://www.researchgate.net/publication/348649697

Montes-vergara, d., lenis v, c., & hernández-herrera1, d. (2020). Predicción del peso y del rendimiento en canal en conejos nueva zelanda a partir de medidas corporals. *Revista mvz cordoba*, *25*(3), 1–8. Https://doi.org/10.21897/rmvz.1990

Moreno, a., lópez, s., & corcho, a. (2000). *Principales medidas en epidemiología*.

Moya, d. C., pires, l., morais, w., santana da França, c., albuquerque, r. L., silva, c., almeida, a. L., & silva, r. (2021). Metabolic profile of rabbits supplemented with levels of flaxseeds (linum usitatissimum) in the diet. *Ciencia tecnologia agropecuaria*, *23*(1). Https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2082

Moya, d. C., pires, l., morais, w., santana da França, c., albuquerque, r. L., silva, c., almeida, a. L., & silva souza, r. (2020). Evaluation of the seminal quality of rabbits fed diets containing different inclusion levels of flaxseed (linum usitatissimum). *Ciencia tecnologia agropecuaria*, *21*(3). Https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1528

Mueed, a., shibli, s., korma, s. A., madjirebaye, p., esatbeyoglu, t., & deng, z. (2022). Flaxseed bioactive compounds: chemical composition, functional properties, food applications and health benefits-related gut microbes. In *foods* (vol. 11, issue 20). Mdpi. Https://doi.org/10.3390/foods11203307

Murillo, j. V. (2016). *Determinación de la ganancia de pesos en conejos en la etapa de engorde en hembras y machos en el ceysa*.

Musameh, n. I., rosmani, s., zin, m., & kassim, n. M. (2014). Effects of genistein on male sprague dawley rats reproductive development. In *biomedical research* (vol. 25, issue 3). Http://www.biomedres.info

Musazadeh, v., nazari, a., natami, m., hajhashemy, z., kazemi, k. S., torabi, f., moridpour, a. H., vajdi, m., & askari, g. (2023). The effect of flaxseed supplementation on sex hormone profile in adults: a systematic review and meta-analysis. In *frontiers in nutrition* (vol. 10). Frontiers media sa. Https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1222584

Mustafa al-ahmad, b. E., kashmoola, m. A., jabbar, o. A., mokhtar, k. I., mohamad, n., abdul rahim, r., & shaban, m. N. (2020). Histopathological changes of the flaxseed extract on skin wound healing in diabetic rabbits. *Open access macedonian journal of medical sciences*, *8*(a), 881–892. Https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.5145

N.a. michael eskin;, & fereidoon shahidi. (2012). *Biochemistry of foods* (academic press).

Neira, r. (2015). *Diatomeas en la alimentación del conejo californiano desde el destete el inicio de la vida reproductiva*.

Newkirk, r. (2015). *Flax feed industry guide*.

Ngcobo, j. N., nedambale, t. L., mpofu, t. J., nephawe, k. A., chokoe, t. C., & ramukhithi, f. V. (2023). Seasonal variations in semen quality, testosterone levels, and scrotal size following dietary flaxseed oil and ascorbic acid in south african indigenous rams. *Animals*, *13*(7). Https://doi.org/10.3390/ani13071213

Observatorio de complejidad económica (oec). (n.d.). *Linaza*. Retrieved june 12, 2024, from https://oec.world/es/profile/hs/linseed

Ojeda, l., & noguera, n. (2017). *La linaza (linum usitatissimum l.) Y su papel nutraceútico*. Https://www.researchgate.net/publication/321781773

Panasevich, m. R., daristotle, l., yamka, r. M., & frantz, n. Z. (2022). Dietary ground flaxseed increases serum alpha-linolenic acid concentrations in adult cats. *Animals*, *12*(19). Https://doi.org/10.3390/ani12192543

Paredes, m., cóndor, ó., hobán, c., & ortiz, p. (2022). Effects of flaxseed (linum usitatissimum l) as a partial replacement for soybean seed and oil in turkey diets on growth, carcass yield, hematological parameters and lipid metabolites. *Revista de investigaciones veterinarias del peru*, *33*(2). Https://doi.org/10.15381/rivep.v33i2.22581

Pathak, s., kesavan, p., banerjee, a., banerjee, a., celep, g. S., bissi, l., & marotta, f. (2018). Metabolism of dietary polyphenols by human gut microbiota and their health benefits. *Polyphenols: mechanisms of action in human health and disease*, 347–359. Https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813006-3.00025-8

Perumal, p., sunder, j., de, a. K., alyethodi, r. R., vikram, r., upadhyay, v. R., mayuri, s. C., & bhattacharya, d. (2023). Flaxseed oil modulates testicular biometrics, hormone, libido, antioxidant and semen profiles in endangered teressa goat of andaman and nicobar islands. *Reproductive biology*, *23*(1), 100730. Https://doi.org/10.1016/j.repbio.2023.100730

Petracci, m., bianchi, m., & cavani, c. (2009). Development of rabbit meat products fortified with n-3 polyunsaturated fatty acids. *Nutrients*, *1*(2), 111–118. Https://doi.org/10.3390/nu1020111

Petracci, m., soglia, f., & leroy, f. (2018). Rabbit meat in need of a hat-trick: from tradition to innovation (and back). *Meat science*, *146*, 93–100. Https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.003

Piqué, j. (2019). *Indicadores de la salud entérica del conejo (isec)*.

Plaha, n. S., awasthi, s., sharma, a., & kaushik, n. (2022). Distribution, biosynthesis and therapeutic potential of lignans. In *3 biotech* (vol. 12, issue 10). Springer science and business media deutschland gmbh. Https://doi.org/10.1007/s13205-022-03318-9

Pramanik, j., kumar, a., & prajapati, b. (2023). A review on flaxseeds: nutritional profile, health benefits, value added products, and toxicity. In *efood* (vol. 4, issue 5). John wiley and sons inc. Https://doi.org/10.1002/efd2.114

R. Romero v. (2014). *Manual de manejo reproductivo en una granja de conejos*.

Ramírez, m. M., estrada, d. V., rodríguez, i. J., pérez-rivero, j. J., reséndiz, a. S., gonzález, h. F. F., gutiérrez, j. L. C., & peña-corona, s. I. (2022). Effects of phytoestrogens on the reproductive physiology of productive species. Review. In *revista mexicana de ciencias pecuarias* (vol. 13, issue 3, pp. 803–829). Inifap-cenid parasitologia veterinaria. Https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i3.5878

Reyna, a. (2014). *Efecto de la castración química con alcohol yodado y con ácido láctico sobre la disminución de la agresividad sexual, ganancia de peso y rendimiento de carcasa en (cavia porcellus).*

Rezaei, s., sasani, m. R., akhlaghi, m., & kohanmoo, a. (2020). Flaxseed oil in the context of a weight loss programme ameliorates fatty liver grade in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomised double-blind controlled trial. *British journal of nutrition*, *123*(9), 994–1002. Https://doi.org/10.1017/s0007114520000318

Rica, c., & mora-valverde, d. (2012). Evaluación de cuatro niveles de morera (morus alba) en engorde de conejo bajo normativa orgánica 1. *Agronomía mesoamericana*, *23*(2), 311–319.

Rodríguez simón. (2022). *Desarrollo de un producto funcional a base de linaza y semillas de calabaza*. Http://hdl.handle.net/1992/58089

Sá, a. G. A., moreno, y. M. F., & carciofi, b. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in food science & technology*, *97*, 170–184. Https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.011

Sánchez, r. A., lorenzo, p., & rebollar, p. (n.d.). *Producción y calidad espermática del eyaculado de conejo según el ritmo de recogida*.

Saxmose nielsen, s., alvarez, j., bicout, d. J., calistri, p., depner, k., drewe, j. A., garin-bastuji, b., gonzales rojas, j. L., gortázar schmidt, c., michel, v., miranda chueca, m. Á., roberts, h. C., sihvonen, l. H., spoolder, h., stahl, k., velarde calvo, a., viltrop, a., buijs, s., edwards, s., … winckler, c. (2020). Health and welfare of rabbits farmed in different production systems. *Efsa journal*, *18*(1). Https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5944

Schencke, c., & del sol, m. (2003). Morfología del conducto deferente en el conejo (orytolagus cuniculus). *International journal of morphology*, *21*(1), 15–21. Https://doi.org/10.4067/s0717-95022003000100003

Senasica. (2019). Manual de buenas prácticas de producción de carne de conejo. *Manual de buenas prácticas de producción de carne de conejo*, *2*, 1–62.

Shahada, c., morya, s., & awuchi, c. G. (2024). A narrative review on nutraceutical, food and industrial applications of flaxseed (linum usitatissimum. L). In *cogent food and agriculture* (vol. 10, issue 1). Informa healthcare. Https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2306017

Shimada miyasaka armando. (2003). *Nutrición animal* (editorial trillas).

Shinde, y., shaha, a., & talele, d. (2023). *Flaxseeds as a potential herbal functional food: nutritional benefits and bioactive compounds*. Https://www.researchgate.net/publication/374977975

Sirotkin, a. V., & kolesarova, a. (2022). Food/medicinal herbs and their influence on health and female reproduction. *Environmental contaminants and medicinal plants action on female reproduction*, 81–243. Https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824292-6.00003-9

Srilatha, b., & adaikan, p. G. (2004). Estrogen and phytoestrogen predispose to erectile dysfunction: do er-α and er-β in the cavernosum play a role? *Urology*, *63*(2), 382–386. Https://doi.org/10.1016/j.urology.2003.08.042

Tariq, m. R., khan, m. I., & nisa, m. U. (2016). *Effect of flaxseed enrichment on quality attributes of rabbit meat and meat product*. Https://www.researchgate.net/publication/312095472

Tou, j. C. L., chen, j., & thompson, l. U. (1998). Biochemical and molecular roles of nutrients flaxseed and its lignan precursor, secoisolariciresinol diglycoside, affect pregnancy outcome and reproductive development in rats 1,2,3. In *j. Nutr* (vol. 128). Https://academic.oup.com/jn/article-abstract/128/11/1861/4722437

Urizar, j. I. (2006). Mercado internacional de carne de conejo. *Sagpya*.

U.s. department of agriculture, a. R. S. (2011). *Seeds flaxseed*. Usda.

Vega, j., pujada, h., & astocuri, k. (2012). *Efecto de la castración química en el comportamiento productivo y conductual del cuy effect of chemical castration on the productive and behavioral performance of the guinea pig*.

Vive tungurahua. (2022). *Cevallos turismo*. Vive tungurahua. Https://tungurahuaturismo.com/es-ec/tungurahua/cevallos/ciudades/cevallos-turismo-abaa4dafc

Yadeta, d., chandra sekhar singh, b., & weyessa, b. (2020). Genetic variability and association of characters in linseed (linum usitatissimum l.) Plant grown in central ethiopia region. *Saudi journal of biological sciences*, *27*(8), 2192–2206. Https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.043

Yari, z., & hekmatdoost, a. (2019). Dietary interventions in fatty liver. In *dietary interventions in gastrointestinal diseases: foods, nutrients, and dietary supplements* (pp. 245–255). Elsevier. Https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814468-8.00020-x

Yousif, a. N. (2019). Effect of flaxseed on some hormonal profile and genomic dna concentration in karadi lambs. *Iop conference series: earth and environmental science*, *388*(1). Https://doi.org/10.1088/1755-1315/388/1/012035

Zotte, a. D., & cullere, m. (2024). Rabbit and quail: little known but valuable meat sources. In *czech journal of animal science* (vol. 69, issue 2, pp. 39–47). Czech academy of agricultural sciences. Https://doi.org/10.17221/165/2023-cjas

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de la primera y segunda toma de sangre para exámenes correspondientes a Testosterona (ng/ml)

BLOQUES	TRATAMIENTOS	ng/ml (80 días)	ng/ml (96 días)
I	T0	0.69	0.65
I	T1	0.41	0.53
I	T2	4.46	4.27
I	T3	4.11	3.34
II	T0	2.26	1.69
II	T1	1.68	0.71
II	T2	0.59	2.6
II	T3	1.93	4.7
III	T0	1.43	0.61
III	T1	0.37	4.4
III	T2	2.33	1.05
III	T3	0.33	0.62

Anexo 2

Análisis de los niveles de testosterona

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	MEDIAS	DESVEST	CV	CV
T0	0.69	2.26	1.43	1.46	0.79	0.54	53.80
T1	0.41	1.68	0.37	0.82	0.75	0.91	90.86
T2	4.46	0.59	2.33	2.46	1.94	0.79	78.79
T3	4.11	1.93	0.33	2.12	1.90	0.89	89.36

Anexo 3

Pesos obtenidos para evaluar el rendimiento a la canal

T	B	Pelaje	Cabeza	Miembros D.	Miembros T.	Cuerpo caliente	Con contenido	Sin contenido	O. Torácicos	Hígado	Cuerpo Vacío	PESO VIVO
T0	1	178	141	9	22	1098	273	135	17	73	736	1525.00
T0	2	169	153	11	25	1584	379	184	21	72	1111	1990.00
T0	3	180	168	19	37	1680	401	192	26	71	1123	2160.00

T1	1	160	150	12	27	1440	345	151	20	68	1001	1850.00
T1	2	175	195	18	40	1598	395	180	24	60	1097	2122.00
T1	3	172	186	18	42	1681	409	200	25	79	1249	2265.00
T2	1	168	155	16	39	1669	393	166	22	61	1200	2020.00
T2	2	194	220	21	54	1994	666	236	33	82	1180	2639.00
T2	3	187	190	20	49	1920	488	215	30	79	1302	2400.00
T3	1	170	160	10	30	1583	362	189	19	69	1147	1980.00
T3	2	177	179	17	31	1790	427	199	27	74	1250	2283.00
T3	3	196	199	22	58	2124	557	210	35	86	1431	2700.00

Anexo 4

Pesos en % del rendimiento a la canal

Variables	T0	T1	T2	T3	CV	P - VALOR	Significancia
	0%	3%	6%	9%			
Pelaje, g	175.67	169.00	183.00	181.00	6.05	0.4315	NS
Cabeza, g	154.00	177.00	188.33	179.33	13.39	0.3792	NS
Miembros Delanteros, g	13.00	16.00	19.00	16.33	28.38	0.4964	NS
Miembros Traseros, g	28.00	36.33	47.33	39.67	27.72	0.2341	NS
Cuerpo caliente, g	1454.00	1573.00	1861.00	1832.33	13.83	0.1663	NS
O. Abdominales /contenido, g	351.00	383.00	515.67	448.67	21.99	0.2186	NS
Sin contenido, g	170.33	177.00	205.67	199.33	14.46	0.3763	NS
O. Torácicos, g	21.33	23.00	28.33	27.00	22.32	0.4212	NS
Hígado, g	72.00	69.00	74.00	76.33	11.84	0.7635	NS
Cuerpo Vacío, g	990.00	1115.67	1227.00	12.76	12.95	0.1677	NS
Peso vivo, g	1891.67	2079.00	2353.00	2321.00	14.27	0.2894	NS

REGISTRO FOTOGRÉFICO

Anexo 5

Primer día de los conejos en la granja



Anexo 6

Desparasitación y vitaminas



Anexo 7

Adaptación al alimento balanceado





Anexo 8

Adaptación de los conejos en jaulas individuales.



Anexo 9

Identificación de los tratamientos y repeticiones



Anexo 10

Toma del Peso diariamente



Anexo 11

Pesaje del alimento para su administración



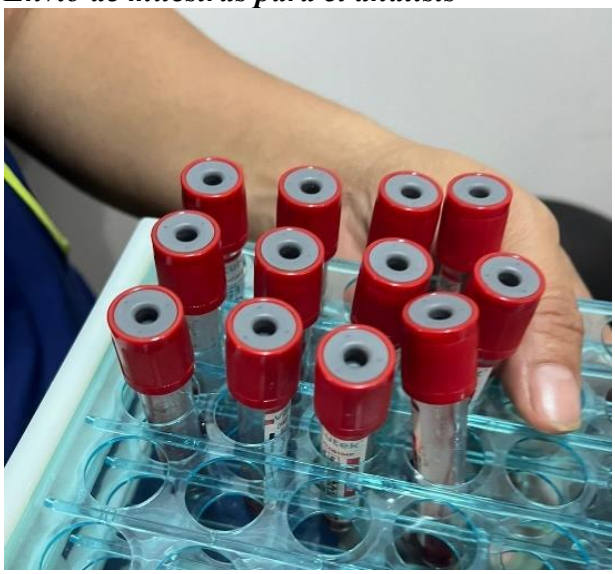
Anexo 12

Extracción de sangre para el análisis de Testosterona



Anexo 13

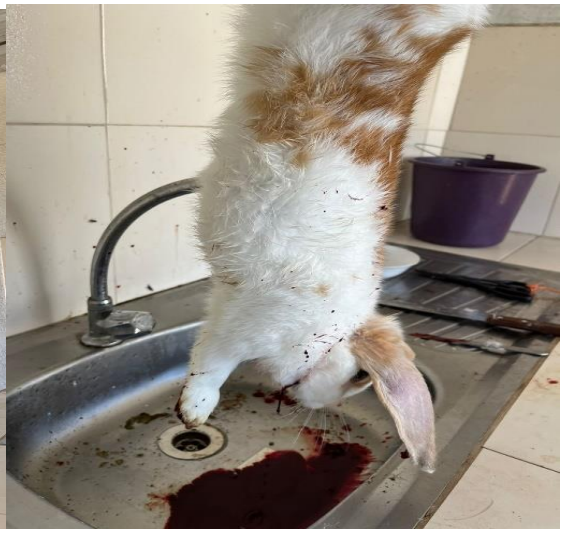
Envió de muestras para el análisis



Anexo 14

Sacrificio de los animales





Anexo 15

Desollado



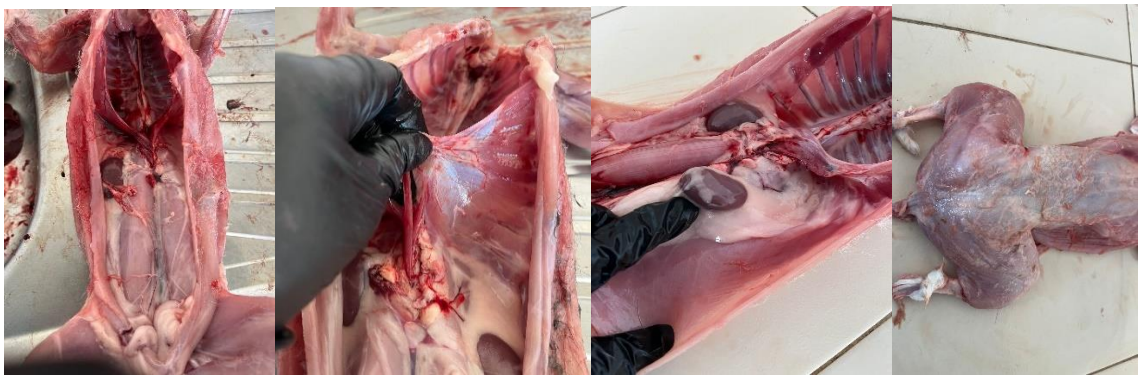






Anexo 16

Eviscerado de la canal



Anexo 17

Pesado de Eviscerado, cabeza, cola y patas

