UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

Efectos de la inclusión de Sacha Inchi *(Plukenetia volubilis)* en la alimentación de conejos sobre parámetros de desempeño productivo, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante sérica

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

AUTORA:

Karen Alejandra Espin Reyes

TUTOR:

Dr. Mg. Pedro Díaz Sjostrom

Cevallos – Ecuador

Enero – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: **"Efectos de la inclusión de Sacha Inchi *(Plukenetia volubilis)* en la alimentación de conejos sobre parámetros de desempeño productivo, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante sérica"**, de la alumna Karen Alejandra Espin Reyes, estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria considero que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo, ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Cevallos, enero 2026

.....

Dr. Mg. Pedro Díaz Sjostrom

C.C: 1756672539

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La suscrita, **Karen Alejandra Espin Reyes**, portadora de cédula de ciudadanía número: 1725498800, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **"Efectos de la inclusión de Sacha Inchi *(Plukenetia volubilis)* en la alimentación de conejos sobre parámetros de desempeño productivo, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante sérica"**, 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.

Cevallos, enero 2026



Espin Reyes Karen Alejandra

C.C: 1725498800

AUTORA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Efectos de la inclusión de Sacha Inchi *(Plukenetia volubilis)* en la alimentación de conejos sobre parámetros de desempeño productivo, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante sérica"**, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario, 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 potencia.

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

Cevallos, enero 2026

.....

Espin Reyes Karen Alejandra

C.C: 1725498800

AUTORA

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, **"Efectos de la inclusión de Sacha Inchi *(Plukenetia volubilis)* en la alimentación de conejos sobre parámetros de desempeño productivo, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante sérica"** de Espin Reyes Karen Alejandra, estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado.

Cevallos, enero 2026

REVISADO POR

Dr. Mg. Pedro Díaz Sjostrom

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

Para constancia firman:

Ing. Pomboza Tamaquiza Pedro Pablo, PhD.

PRESIDENTE

Ing. Aragadvay Yungán

Ramón Gonzalo, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Núñez Torres

Oscar Patricio, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

Para mi familia.

Para mi madre, quien es mi guía y me apoyó en cada etapa de mi vida, siendo ella quien me cuidó cuando enfermé, quien celebró mis logros preparando mi comida favorita, quien supo abrazarme y ayudarme cuando mi mundo estaba al revés, quien me motivó, comprendió y acompañó haciendo todo lo que estaba en sus manos para que pueda llegar hasta aquí.

Para mi padre, que tuvo la fuerza y la resiliencia para sacarnos adelante, ya que gracias a su esfuerzo diario nunca nos faltó nada y siempre estuvo presente en los momentos más importantes para brindarme un consejo y lograr convertir lágrimas en sonrisas. Gracias por fomentar valores en mí, que ahora los llevo siempre presentes y me acompañaron en esta etapa.

Para mi hermana, Paulina, que me enseñó a mantener una sonrisa y ser positiva incluso en los peores momentos, gracias por preocuparte por mi y enseñarme a ser una buena persona, pues lo que soy ahora es una mínima parte del gran ser humano que eres. A pesar de los problemas, sigues manteniéndote firme pero siempre cariñosa con los que amas. Y por si te queda aún la duda, te quiero mucho hermana.

Para mi hermano, David, tu eres mi ejemplo a seguir y mi persona favorita en el mundo, te dedico esto porque tu sembraste en mi la curiosidad, las ganas de salir adelante y me enseñaste a buscar siempre lo mejor, gracias a tus pasos he aprendido a pensar diferente y entender que eso no es malo. Gracias por escucharme y estar para mí, aunque no físicamente pero como siempre decimos; a un mensaje de distancia.

Para ti… A pesar de que estuviste en mi vida poco tiempo, siempre te llevo en mis pensamientos y en mi corazón, pues fuiste tu quien marcó mi vida para siempre, enseñándome a valorar lo importante. Mi pedacito de alma, esto es una forma de honrar tu ausencia, a pesar de que no estás conmigo, te veo en cada atardecer, en cada arcoíris y en cada sueño. Ten por seguro que jamás me olvidaré de ti.

Con todo mi amor, Karen Espin.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas que me acompañaron en este proceso, ya que sin su ayuda nada de esto habría sido posible.

A todas las experiencias, buenas o malas, que tuve que pasar para llegar hasta aquí, pues me formaron y me dirigieron por el camino correcto.

A mi familia, por apoyarme y quererme incondicionalmente, brindándome siempre palabras de aliento que me ayudaron a sobrellevar todos los problemas y las dificultades en este proceso.

A Lupita, quien fue mi principal apoyo y me enseñó que juntas podemos cumplir con las tareas más difíciles y cansadas, gracias por tu amistad, tus consejos, tantas conversaciones interminables, audios, risas y lágrimas, nunca pensé encontrar una amiga como tú y aquí estás.

A David, gracias por siempre creer en mí y apoyarme siempre, por dejar todo de lado y ayudarme. Tu siempre dijiste que lo iba a lograr.

A mis conejitos, quienes me acompañaron en este trabajo y dieron su vida para que yo pueda culminar esta investigación.

A mis amigos, especialmente Andrea, quien me brindó su amistad incondicional, su confianza y cariño. Gracias por su apoyo, los momentos compartidos, las risas y por caminar juntos durante todos estos años, a pesar de que tomamos caminos diferentes siempre formarán parte de mi vida.

A mi tutor, el Dr. Pedro Díaz, gracias por su guía y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, gracias a mi yo del pasado, quien empezó todo esto con miedo e incertidumbre. Quiero que sepas que pudimos hacerlo, fue difícil y tuviste que atravesar por muchos problemas, que esto te enseñe a creer más en ti. ¡Lo lograste!

"Cada persona que pasa por nuestra vida es única. Siempre deja un poco de sí y se lleva un poco de nosotros. Habrá los que se llevarán mucho, pero no habrá de los que nos dejarán nada…"

Con toda la gratitud del mundo, Karen Espin.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ..... **iii**

DERECHO DE AUTOR ..... **iv**

TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

RESUMEN ..... **xiii**

ABSTRACT ..... **xiv**

CAPÍTULO I **15**

INTRODUCCIÓN **15**

MARCO TEÓRICO **17**

Antecedentes Investigativos **17**

Marco teórico **21**

1.1 Cunicultura a nivel mundial 21

1.2 Conejos de engorde 22

1.3 Características productivas de los conejos de engorde 23

1.4 Anatomía y fisiología del sistema digestivo 24

1.5 Factores que modifican la histología y morfometría intestinal 28

1.6 Edad óptima para la absorción de nutrientes intestinales 29

1.7 Requerimientos nutricionales en conejos 30

1.8 Sacha inchi (Plukenetia volubilis) 32

1.9 Relación de la dieta con la morfología intestinal y el estrés oxidativo 35

Objetivos **35**

Objetivo general 35

Objetivos específicos 36

CAPÍTULO II **37**

METODOLOGÍA **37**

2.1 Ubicación del estudio 37

2.2 Características del lugar 37
2.3 Equipos y materiales..... 38
2.4 Tipo de investigación 40
2.5 Hipótesis..... 41
2.6 Población o muestra 41
2.7 Variables de respuesta..... 42
2.7.1 Parámetros de desempeño productivo 42
2.7.2 Digestibilidad Aparente de Nutriente (MS, MO y FDN) 44
2.7.3 Histomorfometría de las vellosidades intestinales..... 46
2.7.4 Pruebas de capacidad antioxidante sérica..... 47
2.8 Diseño experimental..... 49
2.9 Manejo del experimento..... 49
2.10 Procesamiento de la información y análisis estadístico 60
CAPÍTULO III 61
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 61
3.1 Resultado del primer objetivo específico 61
3.2 Resultado del segundo objetivo específico..... 63
3.3 Resultado del tercer objetivo específico..... 68
3.4 Resultado del cuarto objetivo específico..... 69
3.5 Comprobación de la hipótesis 71
CAPÍTULO IV 72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 72
4.1 Conclusiones..... 72
4.2 Recomendaciones..... 73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 74
ANEXOS..... 89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales en conejos de acuerdo a su etapa de desarrollo 31
Tabla 2. Composición proximal (% en base seca) de semillas descascaradas, torta y cáscara de sacha inchi (Plukenetia volubilis) 33
Tabla 3. Cantidad de factores antinutricionales contenidos en la sacha inchi, tanto en semilla cruda como en la torta. 34
Tabla 4. Características específicas del lugar del experimento 37
Tabla 5. Número de tratamientos, repeticiones y número de animales distribuidos. 50
Tabla 6. Cantidad de los diferentes ingredientes incorporados en cada tratamiento (100g para analizar su composición) 52
Tabla 7. Primer resultado de la composición química de las dietas experimentales 52
Tabla 8. Composición experimental ajustada en base a los valores de la composición química inicial 53
Tabla 9. Composición química de cada ingrediente de las dietas experimentales 54
Tabla 10. Composición química de las cuatro dietas experimentales ajustadas 55
Tabla 11. Comportamiento de los distintos parámetros de desempeño productivo en conejos suplementados con diferentes tratamientos que contienen sacha inchi. 61
Tabla 12. Medidas obtenidas en la histomorfometría del yeyuno 63
Tabla 13. Digestibilidad Aparente de nutrientes 68
Tabla 14. Resultados de las diferentes pruebas de capacidad antioxidante sérica 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación anatómica del intestino delgado del conejo 26
Figura 2. Corte histológico del yeyuno de conejo. Puntos de referencia para la medición del largo (L), ancho (A) y profundidad de las criptas de Lierbetkun (C). Imágenes de referencia de izquierda a derecha: Grupo control. Grupo I. Grupo II. Grupo III. HE, 4x 67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Limpieza y adecuación del galpón para el experimento 89
Anexo 2. Construcción de jaulas 89
Anexo 3. Instalación del sistema de agua y desinfección de comederos..... 90
Anexo 4. Pesaje de ingredientes para realizar una muestra de cada tratamiento y analizarlo..... 90
Anexo 5. Realización del balanceado con distinto porcentaje de sacha inchi..... 90
Anexo 6. Pesaje de balanceado diario previo a administrar 90
Anexo 7. Toma de pesos iniciales..... 90
Anexo 8. Montaje del experimento..... 90
Anexo 9. Toma de pesos semanales y procesamiento de datos en Excel 90
Anexo 10. Adecuación de jaulas para recoger heces..... 90
Anexo 11. Pesaje de heces, colocación en la incubadora e identificación de muestras 90
Anexo 12. Molida de heces y preparación de muestras para colocarlas en el digestor de fibra 90
Anexo 13. Protocolo de sedación y toma de muestras..... 90
Anexo 14. Faenamiento 90

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de la inclusión de harina de *Plukenetia volubilis*, sacha inchi (SI) en dietas para conejos en crecimiento, considerando la creciente necesidad de incorporar ingredientes alternativos que mejoren la sostenibilidad, eficiencia y calidad nutricional en la producción cunícola. La importancia de este estudio radica en que la sacha inchi es una oleaginosa amazónica rica en compuestos bioactivos y ácidos grasos poliinsaturados, sin embargo, la información es limitada en conejos, particularmente asociada al desempeño productivo, la histomorfometría intestinal y la capacidad antioxidante sérica. El experimento fue realizado bajo un diseño completamente aleatorizado, utilizando 44 conejos distribuidos en cuatro tratamientos; T0 (0% de SI), T1 (6% de SI), T2 (8% de SI) y T3 (10% de SI), evaluándose parámetros productivos, digestibilidad aparente, histomorfometría del yeyuno y antioxidantes plasmáticos mediante DPPH, FRAP, y actividad de la catalasa. Esta investigación se enmarca en la salud intestinal, con énfasis en el uso de ingredientes funcionales. Los resultados demostraron que la suplementación con sacha inchi no afectó significativamente el desempeño productivo ni la digestibilidad aparente de nutrientes ($p > 0,05$). Sin embargo, sí generó modificaciones en la histomorfometría intestinal, evidenciando la disminución de la altura de las vellosidades y aumento en la profundidad de las criptas, lo que redujo la relación V/C ($p < 0,05$). Por otro lado, la capacidad antioxidante sérica no presentó variaciones significativas. Se concluye que la sacha inchi puede incorporarse hasta un 10% sin afectar el desempeño productivo, aunque su impacto sobre la estructura intestinal sugiere la necesidad de evaluar procesos de detoxificación o formas alternativas de presentación. Los resultados obtenidos amplían el conocimiento disponible sobre la utilización de sacha inchi en conejo, generando nuevas perspectivas y aproximaciones para el desarrollo de nuevas dietas en el área cunícola.

Palabras clave: Maní del inca, alimentación, histomorfometría intestinal, desempeño productivo, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of including Plukenetia volubilis flour, sacha inchi (SI), in diets for growing rabbits, considering the growing need to incorporate alternative ingredients that improve sustainability, efficiency, and nutritional quality in rabbit production. The importance of this study lies in the fact that sacha inchi is an Amazonian oilseed rich in bioactive compounds and polyunsaturated fatty acids, however, the information is limited on rabbits, particularly in relation to productive performance, intestinal histomorphometry, and serum antioxidant capacity. The experiment was conducted under a completely randomized design, using 44 rabbits distributed into four treatments: T0 (0% SI), T1 (6% SI), T2 (8% SI), and T3 (10% SI), evaluating production parameters, apparent digestibility, jejunal histomorphometry, and plasma antioxidants using DPPH, FRAP, and catalase activity. This research focuses on intestinal health, with an emphasis on the use of functional ingredients. The results showed that sacha inchi supplementation did not significantly affect productive performance or apparent nutrient digestibility ($p > 0.05$). However, it did cause changes in intestinal histomorphometry, showing a decrease in villus height and an increase in crypt depth, which reduced the V/C ratio ($p < 0.05$). On the other hand, serum antioxidant capacity did not show significant variations. It is concluded that sacha inchi can be incorporated up to 10% without affecting productive performance, although its impact on intestinal structure suggests the need to evaluate detoxification processes or alternative forms of presentation. The results obtained expand the available knowledge on the use of sacha inchi in rabbits, generating new perspectives and approaches for the development of new diets in the rabbitry area.

Keywords: Inca peanut, feeding, intestinal histomorphometry, productive performance, antioxidant capacity.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cunicultura representa una actividad pecuaria en constante crecimiento en varios países debido a su eficiencia productiva y reproductiva, altos índices de conversión alimenticia, crecimiento rápido y un alto valor nutricional cárnico **(Sánchez, 2020)**. En el contexto ecuatoriano, la producción de conejos ha tomado importancia en los últimos años, convirtiéndose en una alternativa económica eficiente para pequeños y medianos productores sobre todo en zonas rurales de la región Interandina, mismos que resaltan la necesidad de mejorar la productividad mediante nuevas dietas o suplementos, siempre optimizando la salud de los animales. Razón por la cual, ha existido cierto interés en la incorporación de nuevos ingredientes de origen vegetal, especialmente los que contienen nutrientes bioactivos capaces de modificar el desempeño productivo **(Fiallos, 2009)**.

En este listado de ingredientes, sobresale la oleaginosa amazónica; sacha inchi *(Plukenetia volubilis)*, misma que contiene una gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados como omega-3 y omega-6, proteínas y compuestos antioxidantes **(Alcívar et al., 2020)**. A pesar de que su uso ha sido estudiado en peces, aves y cerdos, en conejos existe información limitada sobre su impacto, sobre todo en lo que respecta a parámetros productivos, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante, representando un vacío de conocimientos en esta especie, considerando que el conejo posee una fisiología digestiva altamente sensible a cambios en su alimentación **(Rogel-Rueda, 2023)**.

La correcta funcionalidad del sistema digestivo del conejo es fundamental para garantizar el aprovechamiento máximo de los nutrientes para así, obtener un rendimiento productivo óptimo. La integridad de las vellosidades intestinales, la profundidad de la cripta y su área de absorción determina de manera directa la capacidad del conejo para digerir y absorber nutrientes esenciales, especialmente del yeyuno, ya que representa la zona máxima de absorción de nutrientes **(Arce-Cabrera et al., 2024)**. Es por esto que, dietas mal equilibradas o nutrientes inadecuados podrían alterar la morfología intestinal, comprometiendo la digestibilidad y, por ende, causar enfermedades. Por ello, es sumamente importante evaluar cómo la inclusión de sacha inchi puede modificar la histomorfometría intestinal.

Asimismo, la capacidad antioxidante de esta especie es particularmente susceptible al daño celular provocado por radicales libres debido a su alto metabolismo y rápida tasa de crecimiento. En este contexto, el desequilibrio entre la compensación antioxidante y la producción de especies reactivas de oxígeno pueden afectar la salud intestinal y, en consecuencia, su desempeño productivo y estado inmunológico, es por ello, que la sacha inchi podría potenciar la capacidad antioxidante debido a su alto contenido de tocoferoles, compuestos fenólicos y demás compuestos antioxidantes, fortaleciendo el sistema antioxidante del organismo, capaz de aminorar el estrés oxidativo y por ende, convertirlo en un ingrediente ideal para ser utilizado en esta especie **(Serra et al., 2023)**.

Con el fin de comprender cómo la suplementación con sacha inchi influye tanto en el desempeño productivo, la histomorfometría intestinal y la capacidad antioxidante en conejos, resulta fundamental conocer su viabilidad como ingrediente dentro de programas de alimentación. Razón por la cual, la presente investigación busca contribuir con evidencia científica, razones para establecer si su inclusión resulta beneficiosa a nivel fisiológico y/o productivo, aportando al desarrollo de nuevas tácticas nutricionales y sustentables en el marco de la cunicultura.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

Samrit et al. (2025) desarrollaron un estudio en la Universidad Politécnica de Wuhan – China, sobre los efectos microbianos de la suplementación con aceite de sacha inchi prensado en frío en 21 ratas macho de 7 semanas de edad, las cuales fueron divididas en 3 grupos; dieta normal, dieta con aceite de sacha inchi y dieta con aceite de manteca de cerdo, el experimento duró 12 semanas. Dentro de los resultados se observó que las ratas que recibieron el suplemento de la manteca de cerdo tuvieron una mayor disbiosis e influyó en la abundancia de diversas bacterias, mientras que, al examinar el efecto de dichos suplementos en las vías metabólicas, se determinó que la sacha inchi promovió el metabolismo de los carbohidratos. Por ende, dichos resultados sugieren que la suplementación de aceite de sacha inchi modula la microbiota intestinal, lo que mejora la salud intestinal y la función metabólica.

Por otro lado, **Rojanaverawong et al. (2023)** en su estudio realizado en la Universidad de Naresuan – Tailandia, sobre el mejoramiento de la sensibilidad hepática a la insulina y el metabolismo de la glucosa implementando el aceite de sacha inchi en 3 dosis diferentes (0,5, 1 y 2 ml/kg) en ratas con diabetes tipo 2, esto se realizó mediante la inhibición del estrés oxidativo y de la inflamación. El tratamiento con sacha inchi mitigó los índices de hiperglucemia y la resistencia a la insulina, además mejoró las alteraciones histopatológicas en el hígado, también disminuyó de manera significativa el estado oxidativo hepático de las ratas diabéticas, ya que inhibe el malondialdehído, fortalece las actividades antioxidantes de la superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa debido a sus componentes activos como los ácidos grasos omega-3 y 6, los tocoferoles, fitoesteroles y compuestos fenólicos, y redujo los niveles de citocinas proinflamatorias en el hígado. Debido a todos estos hallazgos insinúan que la sacha inchi mejora el metabolismo de la glucosa, tiene un efecto sensibilizante hepático a la insulina, tiene una defensa antioxidante e inhibe la inflamación.

De la misma forma, **Cong et al. (2022)** realizaron un estudio en Vietnam con el objetivo de investigar los efectos de reemplazar el aceite de soya por el aceite de sacha inchi, implementando polvo de planta medicinal en algunos grupos de un total de 288 pollos de engorde, se utilizaron 3 grupos que utilizaron, T1: 2% de aceite de sacha inchi sin inclusión de aceite de soya, T2: 2% de aceite de soya sin inclusión de aceite de sacha inchi, T3: 2% de aceite de sacha inchi y 1% de aceite de soya. Después de 70 días, se constató que las aves mantuvieron un rendimiento productivo alto estudiando los distintos parámetros productivos, además, la adición de aceite de sacha inchi y polvo de planta medicinal redujo las concentraciones de colesterol en la carne y mejoró la calidad de la misma.

Así mismo, **Ambulay et al. (2020)** desarrollaron una investigación en la Universidad Peruana Cayetano Heredia en Lima – Perú, donde se evaluó el efecto de la emulsión de aceite de sacha inchi sobre el estrés oxidativo y la inflamación en ratas con obesidad inducida, para lo cual se analizaron 5 grupos con obesidad inducida mediante una dieta rica en grasas; un grupo no tenía ningún tratamiento y los 2 grupos con una emulsión de aceite de sacha inchi con una dosis de 0,25 ω-3/día y 0,5 ω-3/día. En los resultados, se evidenció que los grupos tratados con sacha inchi redujeron los valores de colesterol total, triglicérido y LDL, pero el HDL aumentó, por otro lado, los marcadores de oxidación lipídica y proteica disminuyeron en el suero, pero la capacidad antioxidante y la actividad de la catalasa aumentaron en el grupo 2. Por eso, se llegó a la conclusión de que la emulsión de aceite de sacha inchi si es capaz de normalizar el perfil lipídico, disminuye el estrés oxidativo y la inflamación.

Además, **Paredes et al. (2018)** pusieron en práctica una investigación en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Huánuco – Perú, donde valoraron los efectos de la torta de sacha inchi (6%) precocida sobre la estructura histológica del hígado, íleon y el nivel de proteína total en sangre de pollos broiler. Para realizar esto, la torta de sacha inchi se cocinó a 95°C por 5 minutos y luego del secado, se preparó las respectivas dietas. Se utilizaron 100 pollos de 1 día de nacidos hasta los 45 días de edad. Histológicamente, no se reporta ningún efecto de la adición de la torta de sacha

inchi sobre la mucosa del intestino delgado, esto se debe a que los niveles de taninos residuales en la torta de sacha inchi no es suficiente para que pueda provocar un efecto biológico sobre la estructura de la mucosa intestinal, es decir, puede implementarse un porcentaje más elevado de torta de sacha inchi o un método distinto de cocción y/o secado.

Algo semejante ocurrió con **Alcívar-Cobeña et al. (2020)** en su investigación ubicada en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí – Ecuador, sobre el uso de la torta de sacha inchi (TSI) como un sustituto parcial de soya para alimentar 240 pollos broiler, todos machos, de unas horas de estudio fueron divididos en cuatro tratamientos; un testigo (sin suplementación parcial de TSI) y tres niveles (10-20-30%) de inclusión de TSI. Dentro de los resultados se encontró que el 10% de inclusión de TSI, fue el tratamiento que mostró más ganancia de peso, por otro lado, el 30% de inclusión, logró el mayor índice de conversión, es decir, se puede concluir que la TSI puede ser un alimento sustituto parcial de la soya en pollos broiler para incrementar su ganancia de peso y por ende tener un mejor precio en el mercado.

JAlcívar-Cobeña et al. (2024) realizaron un estudio experimental en la Universidad Estatal del sur de Manabí – Ecuador, con el fin de evaluar el comportamiento etológico y digestibilidad ileal aparente de la materia seca y la proteína bruta de pollos Cobb 500 alimentados parcialmente con torta de sacha inchi (SI), dichos sujetos se dividieron en 4 tratamientos con distintos niveles de inclusión de sacha inchi (sin sacha inchi llamado tratamiento testigo, 10%, 20% y 30%). Dentro de los resultados se obtuvo que dentro de su comportamiento no tuvieron ningún problema para adaptarse a sus jaulas o para aceptar el alimento, mientras que en la digestibilidad ileal aparente el nitrógeno mostró un valor superior en el T4 (30% de SI), esto permitió concluir que la calidad de la proteína proporcionada por la torta de SI es bastante alta y bien utilizada por parte del animal, es decir, se excreta en menor cantidad y por lo tanto aumenta la digestibilidad, además, se obtuvieron buenos índices de la misma en lo que respecta a la MS y el N con la inclusión de sacha inchi en la dieta.

Además, **Viamonte et al. (2020b)** en su estudio realizado en la Universidad Estatal Amazónica ubicada en la provincia de Pastaza y Napo – Ecuador, a cerca de la digestibilidad fecal aparente en una dieta con inclusión de harina de semillas de sacha inchi en 2 cerdos criollos de crecimiento castrados, los cuales fueron alimentados con dietas con 0% (control) y 15% de inclusión de harina de sacha inchi, respectivamente. Dentro de las dietas y las heces se determinó; materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa, extractos libres de nitrógeno (ELN), energía bruta (EB), Ca, P. En conclusión, el grupo de control obtuvo los mayores coeficientes de digestibilidad aparente de MS y P, por tanto, se determinó que, la inclusión del 15% de harina de semillas de sacha inchi no afecta la digestibilidad aparente de PB, FB, grasa, ELN y Ca, garantizando un alimento con un alto valor nutricional, por tanto, se obtuvo un alto valor nutricional.

Macas (2016) en su investigación realizada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador, en la que se utilizó diferentes niveles de semilla de sacha inchi (2, 4 y 6%) en conejos neozelandeses en la etapa de gestación – lactancia, en comparación con un tratamiento testigo. Los resultados indican que en las madres que fueron alimentadas con el 6% obtuvieron el mejor peso postparto, el número de crías al parto obtuvo mejores valores con el 0% y el 2%, por otro lado, el peso al destete de las crías tuvo un mejor resultado con el 6%, ya que a medida que se incrementa el contenido de sacha inchi también incrementa los pesos de las crías al destete.

Finalmente, **Tipán (2019)** llevaron a cabo un estudio en la Universidad Técnica de Cotopaxi – Ecuador, donde el objetivo general fue utilizar la pasta de sacha inchi para observar su efecto en el rendimiento productivo como incremento de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de mortalidad en 40 cuyes de engorde machos durante la etapa de crecimiento – engorde, los cuatro tratamientos tuvieron una dieta base de alfalfa; en el T1 se utilizó el 100% de alfalfa, T2 solamente el 5%, T3 el 10% de pasta de sacha inchi y en el T4 se implementó 15%. Al finalizar este estudio, se evidenció que los cuyes en el T4 alcanzaron los mejores pesos comparados

con el resto de tratamientos, es decir, el porcentaje de inclusión más alto es el que obtuvo los mejores resultados en cuanto al rendimiento productivo.

Marco teórico

1.1 Cunicultura a nivel mundial

La crianza de conejos a nivel mundial ha ganado reconocimiento como una actividad pecuaria estratégica, sobre todo en varias regiones con una alta densidad poblacional, pero con recursos agrícolas limitados **(Trigo, 2020)**. Aproximadamente existen más de 200 millones de conejos en el mundo que están destinados a la producción cárnica, siendo China el principal productor cunícola y además el mayor consumidor global con un 32,5%, seguido por Italia con 21,4%, España con un 21,1% y finalmente Francia con 9,5%; países europeos donde la carne de conejo es apreciada debido a su bajo contenido en grasas, pero alta digestibilidad, pese a esto el consumo de esta carne representa únicamente el 0,5% a nivel mundial, mientras que otros tipo de carne como cerdo, res y aves se encuentran en el 90% **(FAO, 2024)**. Asimismo, la cunicultura se ha convertido en una alternativa viable frente a las especies mayores debido a su alta tasa de conversión alimenticia, velocidad reproductiva, bajo requerimiento de espacio y costo económico, y variada alimentación en forrajes **(Martínez-Melo et al., 2022)**.

En Latinoamérica, la producción cunícola se concentra en varios países como México, Colombia, Perú, Brasil y Cuba, mismos que han integrado políticas para impulsar su crianza y que pueda formar parte de programas de seguridad alimentaria y desarrollo rural **(López Valoy et al., 2024)**. Por ejemplo, en Perú, dentro de las zonas altoandinas se ha impulsado la crianza de conejos para combatir la desnutrición infantil y que las familias puedan tener acceso a carne de calidad, al mismo tiempo que puedan generar ingresos extra en comunidades campesinas **(López, 2020)**.

Siguiendo la misma línea, en Ecuador, su potencial productor se concentra en zonas de la Sierra y la Amazonía, donde su producción forma parte de la economía circular, soberanía alimentaria y, además, es complementario a la agricultura, ya que se aprovecha los residuos orgánicos en la fertilización de la tierra **(Villamarin, 2020)**. Según **(FAO, 2025b)**, ha existido un incremento significativo en la producción de carne de conejo; en 2020 se comercializaron 1,090 toneladas de carne de conejo, mientras que en el 2023 su producción alcanzó las 1,101 toneladas. Pese a esto, la cunicultura aún es considerada como una actividad rural complementaria que está más orientada a la alimentación de las familias, mientras que su comercialización se la realiza en menor cantidad, debido a la persistencia de varios desafíos como la falta de capacitación técnica, escasas cadenas de comercialización y bajo acceso a genética mejorada **(Bernabé, 2021)**.

1.2 Conejos de engorde

El conejo común *(Orytolagus cuniculus)* pertenece a la familia Leporidae y al orden Lagomorpha, son animales herbívoros, especialmente folívoros, lo que significa que la base de su alimentación son verduras de hoja verde **(Anchundia, 2025)**. También, tiene ciertas particulares que lo diferencian de los roedores; la presencia de un par extra de incisivos superiores y el crecimiento continuo de su dentición, asimismo son animales de rápido crecimiento y tienen una alta conversión alimenticia, por lo que su carne es cotizada al contener un valor nutritivo alto **(Ruiz, 2020)**.

Por su parte, la raza Nueva Zelanda es ampliamente utilizada a nivel mundial por su rendimiento zootécnico con el propósito de producir carne a nivel intensivo, esta raza se caracteriza por su acelerado crecimiento, temperamento dócil y alta prolificidad, además alcanzan un peso promedio de 2.8-3.0 kg a los 70 días aproximadamente **(Tosado-Martínez et al., 2021b)**. Asimismo, la Nueva Zelanda tiene una buena fertilidad, ya que produce de 8 a 10 gazapos por camada y el porcentaje de viabilidad de sus crías es elevado, son diferentes a las demás razas, ya que tienen rasgos típicos de los conejos tipo albino, como pelaje blanco, ojos rojos, orejas erguidas con puntas

redondeadas **(Alanguia, 2022)**. Por otra parte, el Gigante de Flandes es considerada una raza de gran tamaño que se identifica fácilmente por su largo cuerpo y una estructura corporal ancha, la cual puede alcanzar un peso de 6.5 a 8 kg cuando son adultos, a pesar de que no es óptimo en el tema de conversión alimenticia o proliferación elevada, es apreciado por su alto rendimiento en canal y es más usado como padrote en cruzamientos con razas mucho más productivas como la Nueva Zelanda, se identifica por su cabeza redondeada, orejas largas, erectas y anchas, además tiene un cuello corto y papada en hembras **(INEC, 2025)**.

Es así que, el cruzamiento entre la raza Nueva Zelanda y Gigante de Flandes se realiza con el propósito de aprovechar el vigor híbrido, puesto que combina la eficiencia productiva y el gran tamaño, respectivamente, sobre todo los gazapos F1 que se obtienen de este cruce presentan varias características mejoradas como; mejor peso al momento del destete, peso final aumentado y alto rendimiento a la canal, son reconocidos por su cuerpo mucho más alargado y mayor masa muscular **(Tosado-Martínez et al., 2021a)**.

1.3 Características productivas de los conejos de engorde

- **Carne con un alto valor nutritivo:** Se encuentra dentro del grupo de carnes blancas y magras, debido a su bajo porcentaje de grasa en la canal, asimismo tiene un alto valor proteico, aportando aminoácidos esenciales, minerales (Ca, P, Fe, Mg y Zn) y vitaminas del complejo B (B1, B2, B3, B5, B12), A, E y K, además tiene un bajo contenido de sodio y no contiene ácido úrico **(Dávila, 2025)**.

- **Instalaciones de bajo costo y menor requerimiento de espacio:** No requiere de instalaciones costosas, ya que las jaulas pueden construirse con materiales de bajo precio y de fácil acceso, siempre y cuando sean funcionales y no representen un riesgo a la integridad de los conejos **(J. Martínez et al., 2022)**. Asimismo, los conejos no necesitan un espacio amplio comparado con otras especies y según el tipo de producción, puede realizarse un conejar tecnificado o tradicional **(Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022)**.

- **Ciclo reproductivo corto:** Para la primera gestación, las conejas deben tener 5 y 6 meses de edad, cuando alcancen su pleno desarrollo físico y que tengan un peso entre 3.5 y 4.5 kg dependiente de la raza **(FAO, 2025a)**. A pesar de ser poliestrales, tienen un ciclo reproductivo muy corto y son ovuladoras inducidas, es decir, la cópula desencadena la ovulación, su gestación dura aproximadamente 31 días y el destete 32-35 días, pueden parir de 6 a 10 crías por camada y de 5 a 8 camadas al año dependiendo de su raza, además pueden quedar gestantes nuevamente poco después del parto, lo que convierte a la cunicultura en una alternativa prometedora para la producción constante de carne y derivados **(Ángel Cordiviola & Trigo, 2022)**.

1.4 Anatomía y fisiología del sistema digestivo

El conejo doméstico pertenece a la categoría de herbívoro monogástrico de fermentación postgástrica, se diferencia de los rumiantes ya que los conejos tienen una sola cavidad en su estómago y su intestino delgado es bastante extenso (aproximadamente 3 metros), sin embargo, la digestión de la fibra ocurre en el ciego (representa el 70% del tracto digestivo) y el colon proximal, los cuales en el conejo están altamente desarrollados **(Dávila, 2025)**.

Los conejos han adoptado una estrategia de alta ingesta de alimento que consiste en realizar un tránsito por el intestino de manera rápida para extraer nutrientes de dietas ricas en fibra, pero no poseen tanta energía **(Cornejo & Bravo, 2023)**. La lignocelulosa, considerada una partícula grande e indigestible, se separa y se expulsa de manera rápida en forma de heces duras, sin embargo, las partículas finas solubles y final se dirigen al ciego para allí poder ser fermentadas gracias a movimientos peristálticos **(Z. Wang et al., 2023)**.

Mientras que, el intestino delgado es el principal sitio de digestión enzimática y absorción de nutrientes, está compuesto por adaptaciones morfofuncionales como mucosa con pliegues, vellosidades y microvellosidades que se encargan de maximizar la superficie de absorción para captar aminoácidos, azúcares simples, ácidos grasos y otros nutrientes **(Ordoñez-Olivera et al., 2025)**. El intestino delgado está formado por:

- **Duodeno:** Lugar donde existen varias secreciones biliares y pancreáticas que pueden provocar la emulsificación de grasas y la digestión de proteínas y almidones **(Meier Bürgisser et al., 2024)**.

- **Yeyuno:** Tiene las vellosidades más largas, por ende, es la porción con mayor capacidad de absorción **(Halabí, 2009a)**.

- **Íleon:** En los conejos, existe una estructura linfoide terminal denominada sacculus rotundus donde termina la absorción de sales biliares y otros nutrientes **(Longo et al., 2018)**.

Figura 1. *Representación anatómica del intestino delgado del conejo*



Nota: 1. Duodeno, 2. Yeyuno, 3. Íleon, 4. Raíz mesentérica.

Fuente: **(Halabí, 2009b)**

1.4.1 Vellosidades intestinales

Las vellosidades son proyecciones microscópicas generalmente en forma de dedos que cubren la pared interna del intestino delgado, su principal objetivo es la absorción de nutrientes contenidos en la dieta como vitaminas, minerales, proteínas, grasas y carbohidratos para que pasen hacia el torrente sanguíneo y puedan ser utilizadas por el conejo **(Arce-Cabrera et al., 2024)**. Dentro de su estructura cada vellosidad está compuesta por células epiteliales especializadas, enterocitos (células absorbentes predominantes y tienen la presencia de microvellosidades en su superficie apical), células caliciformes (intercaladas entre los enterocitos), una red de vasos sanguíneos, un vaso linfático central que transporta los nutrientes **(Diaz et al., 2022)**. La altura y el ancho de las vellosidades significa salud intestinal, mientras que si éstas se acortan la absorción de los nutrientes disminuye, esto puede deberse a enfermedades, una mala nutrición, entre otros, mientras que las criptas de Lieberkühn se encuentran en la base de las vellosidades intestinales, en el espacio entre ellas, las criptas se centran en la secreción de líquido intestinal, misma que se encarga de mantener un ambiente acuoso para la digestión, además contiene células que regeneran el epitelio intestinal **(Y. Martínez et al., 2021)**. No obstante, el tamaño y morfología de estas estructuras son

diferentes según el tracto digestivo, en la sección media del intestino delgado, el yeyuno, las vellosidades alcanzan su máxima longitud, además son mucho más afinadas y digitiformes lo que incrementa su área de absorción **(Vargas et al., 2022)**.

1.4.2 El ciego

Por otro lado, el ciego del conejo contiene Bacteroides y otras bacterias celulolíticas, mismas que son responsables de la fermentación de la fibra contenida en la dieta **(Leite et al., 2024a)**. Los productos finales de dicha fermentación son los ácidos grasos volátiles (AGV) (acético, butírico y propiónico), los cuales son absorbidos mediante la pared cecal y cubren hasta un 40% de los requerimientos energéticos basales del conejo **(Leite et al., 2024a)**. Pero, específicamente el ácido butírico, es usado como una fuente de energía para las células que se encuentran en el colon, esto favorece la integridad de la mucosa intestinal y mantiene un pH de 6-7, el cual es considerado adecuado y lo protege del sobrecrecimiento de patógenos como Clostridium, además mantener este ambiente fermentativo en equilibrio es crucial para conservar la salud intestinal del conejo ya que ayuda a prevenir trastornos digestivos como diarreas y disbiosis **(Meier Bürgisser et al., 2024)**.

1.4.3 Cecotrofia

El contenido fermentado que se encuentra en el ciego se rodea de mucus y son excretadas de manera periódica como heces blandas nocturnas denominadas cecótrofos, mismos que el conejo ingiere directamente del ano **(Dávila, 2025)**. Un segmento especializado del colon llamado fusus coli es capaz de alternar la producción tanto de heces duras como blandas, gracias a cambios en las contracciones y secreción de mucus mediante las células calciformes **(Maris, 2020)**.

El conejo, al ingerir los cecótrofos (recubiertos de mucus) pasan por el estómago, sin embargo, no se digieren por completo, esto permite que las bacterias cecales vivas lleguen hacia el intestino delgado donde continúan su proceso de digestión de nutrientes dentro del mismo cecótrofo hasta que el mucus se disuelve **(Villamar, 2023)**. Es por esta razón, que el conejo realiza una digestión doble, es decir, primero una digestión fermentativa en el ciego y después una enzimática al reingerir o reciclar los productos de dicha fermentación primaria **(Ruiz, 2020)**.

Razón por la cual, la cecotrofia es de gran importancia nutricional, ya que mediante este proceso el conejo rescata valiosos nutrientes que no se absorbieron en la primera digestión, por ejemplo; la proteína microbiana de los cecótrofos puede cubrir aproximadamente el 15% de los requerimientos de un gazapo en crecimiento, además de incluir aminoácidos esenciales de alta biodisponibilidad, vitaminas sintetizadas por la microbiota (especialmente vitaminas del complejo B y la vitamina K), en el caso de los minerales se encuentra el fósforo, sodio y potasio, no obstante, cabe mencionar que en los conejos jóvenes en crecimiento estos nutrientes reingeridos solo cubren un porcentaje de sus necesidades totales **(Ministerio de Agroindustria, 2013)**.

1.5 Factores que modifican la histología y morfometría intestinal

- **Fibra dietaria:** La fibra insoluble como el heno, puede mantener la motilidad intestinal y también favorece a mantener saludable a las vellosidades, al contrario, las dietas pobres en fibra ayudan al sobrecrecimiento bacteriano y a la atrofia de las vellosidades **(Catalá & Barragán, 2023)**.

- **Fibra soluble:** Aquí se incluye a las pectinas y los fructooligosacáridos que pueden ser fermentados y tener efectos prebióticos que mejoran la morfología intestinal, además puede estimular el crecimiento de poblaciones de bacterias benéficas, lo que a su vez incrementa la altura de las vellosidades **(FAO, 2023)**.

- **Aditivos:** La adición de butirato de sodio (AGV benéfico) es una alternativa para la prevención del daño oxidativo ligado al destete, lo que ayuda a mantener vellosidades más altas y menor profundidad de criptas, mejorando la absorción de nutrientes **(Li et al., 2020).**

- **Estrés:** Al momento del destete (alrededor de los 30-35 días en conejos), ocurren varios cambios bruscos en la alimentación y en la microbiota, causando un aumento del estrés que al mismo tiempo provoca una disminución de la altura de las vellosidades y en la profundidad de la cripta **(Cisneros, 2013)**. De igual manera, el estrés calórico puede causar atrofia de las vellosidades e hiperplasia de las criptas lo que reduce la superficie de absorción y modifica su estructura fisiológica normal **(J. Wang et al., 2025)**.

1.6 Edad óptima para la absorción de nutrientes intestinales

La eficacia en la absorción de nutrientes depende de la edad y del desarrollo fisiológico, cuando nacen, los gazapos poseen un sistema digestivo inmaduro que depende completamente de la leche materna, en estos días son capaces de absorber inmunoglobulinas de calostro, pero la digestión de sólidos no existe **(Leite et al., 2024a)**. Con el tiempo, en la 3ra y 4ta semana de vida, los gazapos empiezan con el consumo de sólidos y agua e inicia la cecotrofia **(FAO, 2023)**. Es así que, el período del destete marca un punto crítico, donde el intestino delgado y el ciego aumentan su capacidad para absorber nutrientes de una dieta sólida **(Mancini & Paci, 2021)**.

La mejor etapa para la absorción de nutrientes se encuentra en la fase de crecimiento juvenil cuando se supera la etapa de estrés por destete, por ejemplo; se ha observado que la producción e ingestión de cecótrofos aumenta de manera lineal posterior al destete y alcanza su pico entre las 9 a 11 semanas, lo que coincide con el periodo máximo de crecimiento del conejo **(Leite et al., 2024b)**. Adicionalmente, en esta edad

los conejos presentan la mayor demanda nutricional y el intestino delgado tiene una superficie absortiva completamente desarrollada y con las vellosidades más largas en comparación a la etapa neonatal o la vejez **(Emery, 2021)**. Esto quiere decir que, entre los 2-3 meses de edad, los conejos logran la máxima capacidad de absorción de los nutrientes de la dieta especialmente la proteína **(Cubas, 2025)**.

Después de la madurez (posterior a 4-6 meses), la capacidad de absorción se estabiliza o incluso disminuye, además pueden ocurrir ciertos cambios asociados a la edad como el engrosamiento de la mucosa, menor renovación celular intestinal, sin embargo, en condiciones normales y con una dieta adecuada, un conejo adulto mantiene la capacidad absortiva equilibrada pero menor a la edad post destete**(Perez-Molina et al., 2021)**.

1.7 Requerimientos nutricionales en conejos

Los requerimientos nutricionales son las cantidades mínimas de nutrientes que debe contener el alimento ofrecido, para que el animal pueda desarrollarse con normalidad **(Garzón & Castro, 2014)**. Esto dependerá del estado fisiológico en el que se encuentre el conejo, los sistemas de producción a los que pertenecen y su destino zootécnico, con el objetivo de determinar un nivel óptimo para garantizar el máximo aprovechamiento de los alimentos y sus nutrientes **(Villamar, 2023).**

Tabla 1. *Requerimientos nutricionales en conejos de acuerdo a su etapa de desarrollo*

Nutriente	Gazapos en engorde	Conejas lactantes con gazapos	Conejas gestantes	Machos reproductores
Energía digestible (kcal)	2600	2700	2500	2200
Proteína cruda (%)	15-16	17-18	15-16	12-14
Fibra cruda (%)	10-14	10-13	12-15	14-18
Grasa bruta (%)	2	2	2	2
Ca (%)	0.80	1.10	0.80	0.60
P (%)	0.50	0.80	0.50	0.40
Lisina (%)	0.75	0.80	0.75	0.60
Met + Cis (%)	0.60	0.65	0.60	0.50
Arginina (%)	0.80	0.85	0.80	0.65
Triptofano (%)	0.18	0.20	0.15	0.12
Treonina (%)	0.55	0.70	-	-
Valina (%)	0.70	0.85	-	-
Isoleucina (%)	0.65	0.70	-	-
Histidina (%)	0.35	0.43	-	-
Fen + Tir (%)	1.20	1.40	-	-
Leucina	1.05	1.25	-	-

Fuente: **(Garzón & Castro, 2014)**

Entre los componentes más importantes que debe tener la dieta se encuentra la fibra, puesto que **(Mayer, 2021b)** menciona que los conejos necesitan de 14 a 20% de fibra bruta para disminuir las enfermedades entéricas, además la importancia de la fibra radica en evitar la obesidad, la atrofia del intestino y el adecuado desgaste de los dientes. Por otro lado, el porcentaje de proteína cambia según su etapa productiva, pero de manera diaria necesitan del 12 al 17%, esto se obtiene mediante heno y verduras frescas especialmente, mismas que serán utilizadas para el crecimiento, la función inmunológica y la reparación celular, no obstante, su porción no debe ser tan elevada puesto que podría causar problemas renales **(Mayer, 2021b)**.

En el caso de los carbohidratos digestivos con extracto libre de nitrógeno (ELN), representan del 40-50% y proporcionan energía, pero no debe aumentarse su proporción ya que podría provocar obesidad, mientras que las grasas solamente deben variar entre el 2-5%, esto se encuentra en pellets principalmente, pero si este alimento es de baja calidad, su contenido graso sería mucho mayor y es aconsejable no ofrecerlo **(Mayer, 2021a)**. Finalmente, el agua debe estar limpia y fresca, además de ofrecerse ad libitum, para apoyar en la salud digestiva de los conejos **(Dávila, 2025)**.

1.8 Sacha inchi (Plukenetia volubilis)

Sacha inchi *(Plukenetia volubilis)* mejor conocido como "maní del Inca", es una planta oleaginosa nativa de la Amazonía, ha sido cultivada y consumida desde tiempos preincaicos por sus semillas altamente nutritivas **(Kodahl, 2020)**. La planta contiene desarrolladas cápsulas estrelladas que contienen semillas de color marrón, las cuales son ricas en aceite y proteínas, aproximadamente contiene un 54.3% de aceites, que a su vez tienen un perfil lipídico excepcional, ya que el 50-51% de sus ácidos grasos son omega-3 y 34-36% son omega-6 **(Taipe Cuadra et al., 2022)**. Además de aportar ácidos grasos poliinsaturados, también es rico en proteína de buena calidad, puesto que representa un 30-59% de fracción de proteína **(Henao et al., 2020)**. Adicionalmente, cuando se extrae el aceite se obtiene torta de sacha inchi, en donde se concentra el 53 a 59% de proteína en su materia seca, dicha proteína es de alto valor biológico donde contiene todos los aminoácidos esenciales (especialmente metionina y cisteína) para la nutrición tanto humana como animal, superando a la soya y a otras oleaginosas **(Adrianzén et al., 2011)**. A pesar de tener todos estos beneficios nutricionales, también tiene algunos anti nutrientes como taninos, saponinas y fitatos, cuyos niveles varían según el método de procesamiento **(Viamonte et al., 2020a)**.

Esta oleaginosa destaca por su alto contenido de antioxidantes naturales, como el tocoferol (vitamina E) que contribuye a su capacidad antioxidante y valor nutritivo, estos compuestos pueden tener un efecto positivo en la salud, por ejemplo; combatir el estrés oxidativo el cual es un desequilibrio entre la producción de las moléculas

dañinas o radicales libres y la capacidad que tiene el cuerpo para neutralizar estos radicales con antioxidantes, este desequilibrio es capaz de dañar células y tejidos, lo que aumenta el aparecimiento de enfermedades crónicas y envejecimiento prematuro **(Ayala & Medina, 2021)**.

Tabla 2. *Composición proximal (% en base seca) de semillas descascaradas, torta y cáscara de sacha inchi (Plukenetia volubilis)*

	Semilla	**Torta**	**Cáscara**
Proteína cruda	31,7 ± 1,8	56,1 ± 5,3	7,3 ± 1,7
Extracto etéreo	50,7 ± 5,2	16,2 ± 8,2	5,7 ± 3,8
Fibra cruda	5,4 ± 2,7	3,9 ± 0,6	62,5 ± 6,7
Ceniza	2,7 ± 0,1	5,3 ± 0,4	1,5 ± 0,2
ELN	9,5 ± 2,0	18,5 ± 3,0	23,0 ± 5,3
FDN	34,1 ± 13,9	20,8 ± 4,4	87,3 ± 4,2
FDA	17,6 ± 9,1	9,4 ± 1,6	83,2 ± 4,0

Fuente: **(Taipe Cuadra et al., 2022)**.

Tabla 3. *Cantidad de factores antinutricionales contenidos en la sacha inchi, tanto en semilla cruda como en la torta.*

Antinutrientes*	Semilla cruda	Torta
Taninos	0,19 mg/g, en otras medidas 3,28 mg de ácido gálico equivalente/g **(Bueno-Borges et al., 2018)**.	94,4 mg/g en la torta cruda, después de ser sometidas al calor se reducen a 7 mg/g **(García & Gallego, 2022)**.
Fitatos	Aproximadamente 59,4 mg/g.	8,3 mg/g equivalente a 0,83%, luego de tratamientos térmicos se disminuyen a 0,49%.
Saponinas	7,02 mg/g equivalente a 27 mg/kg. Sin embargo, la cuantificación varía según el método (saponina libre específica vs. Total de saponinas).	No reportados.
Alcaloides	11 – 17 mg/kg, que son considerados niveles bajos, sin embargo, otros estudios cuantifican 485 mg/kg de alcaloides totales **(Njoroge et al., 2025)**.	No reportados.
Inhibidores de tripsina	No suelen dar un valor en mg, solamente en unidades de inhibición.	8,52 mg/g en la torta cruda, luego del tratamiento térmico se reduce a 1,76 mg/g.

*Los valores pueden variar según la procedencia de la semilla y método de extracción de aceite. En general, el procesamiento (tostado, extrusión, cocción, autoclave) reduce significativamente la carga de antinutrientes.

Fuente: **(Bueno-Borges et al., 2018);(García & Gallego, 2022); (Njoroge et al., 2025).**

1.9 Relación de la dieta con la morfología intestinal y el estrés oxidativo

La nutrición juega un papel importante dentro de la integridad estructural y funcional del tracto gastrointestinal, en especial en la etapa de crecimiento y engorde, ya que el epitelio intestinal es un tejido que responde rápidamente a estímulos dietarios, lo que podría modificar la altura de las vellosidades, profundidad de las criptas, su estructura y composición fisiológica **(Makovicky et al., 2014)**. En el conejo, la fibra es el principal modulador de la motilidad y el tránsito intestinal, evita la producción de bacterias y mantiene una producción adecuada de AGV en el ciego, mientras que una fuente inadecuada de fibra produce un estrés fisiológico a nivel intestinal **(Pino Arteaga, 2023)**. Por otra parte, el aporte de nutrientes esenciales como ácidos grasos, antioxidantes, aminoácidos y péptidos bioactivos son capaces de estimular el crecimiento de enterocitos, lo que aumentaría la resistencia y la respuesta de la mucosa para combatir el daño oxidativo **(Rosas Abregú, 2022)**.

La relación entre nutrición, estructura intestinal y equilibrio oxidativo es un proceso interdependiente; si la mucosa intestinal está bien desarrollada y tiene una absorción nutricional adecuada con sus vellosidades aptas para captar los nutrientes, al mismo tiempo que el conejo recibe una dieta adecuada y equilibrada que cubra las necesidades energéticas y nutricionales, las partículas antioxidantes captadas son capaces de proteger a la mucosa del estrés metabólico y fisiológico **(Delgado, 2021)**.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de sacha inchi *(Plukenetia volubilis)* en la alimentación de conejos sobre parámetros de desempeño productivo, histomorfometría intestinal y capacidad antioxidante sérica.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la adición de sacha inchi en la dieta sobre parámetros de desempeño productivo en conejos.

- Comparar las características histomorfométricas de las vellosidades intestinales entre los conejos alimentados con dietas suplementadas con sacha inchi y el grupo control sin adición.

- Determinar la digestibilidad aparente de nutrientes en conejos que reciban una dieta suplementada con sacha inchi.

- Cuantificar la capacidad antioxidante del plasma en conejos alimentados con diferentes porcentajes de sacha inchi.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

La investigación fue llevada a cabo en las instalaciones de la Granja Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua – Ecuador **(Universidad Técnica de Ambato, 2025)**.

2.2 Características del lugar

Las condiciones meteorológicas pertenecientes al lugar de la investigación son las siguientes:

Tabla 4. *Características específicas del lugar del experimento*

Datos	**Información**
Coordenadas geográficas	1°22’9.904’’ S; 78°36’23.892” O
Altitud	2850 msnm
Precipitación anual	07,10 mm/hora
Temperatura	13,70°C
Humedad relativa	87%
Viento	12 km/h

Fuente: **(Red Hidrometeorológica de Tungurahua, 2025)**.

2.3 Equipos y materiales

2.2.1 Material experimental

- 44 conejos raza Nueva Zelanda x Gigante de Flandes
- Harina de sacha inchi
- Balanceado comercial para conejos
- Harina de soya
- Melaza
- Aceite de palma
- Alfalfa

2.2.2 Instalación

- 44 jaulas individuales para experimentación
- 44 comederos
- 44 bebederos de nipples
- Balanza para pesaje
- Overol
- Botas
- Detergente
- Cloro
- Escobas
- Manguera
- Baldes
- Pintura
- Brochas
- Guantes de protección
- Fundas de basura
- Malla recolectora de heces

2.2.3 Materiales y equipos de laboratorio

- Centrifugadora
- Incubadora Memmert
- Balanza de precisión
- Equipo de disección
- Microscopio óptico + MicroCapture
- Guantes de látex
- Batas quirúrgicas
- Mascarillas
- Cofias
- Agujas de insulina
- Tubos de tapa roja
- Fundas ziploc
- Fundas de papel
- Cooler
- Fundas de gel refrigerante
- Formol 10%
- Frascos estériles de recolección de orina
- Frasco lavador de 450ml
- Digestor de fibra $ANKOM^{2000}$
- Reactivos (Neutral Detergent Solution)
- Tamizador
- Selladora térmica
- Acetona pura
- Fundas especializadas $ANKOM^{2000}$
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
- Tampón fosfato pH 7
- Soluciones de NaH_2PO_4 (50 mM) Y Na_2HPO_4 (57 mM)
- Espectrofotómetro Hanon UV-VIS I3
- Solución DPPH preparada en metanol
- Lector de placas RAYTO RT-6900

- Soluciones estándar de Trolox
- Reactivo FRAP

2.2.4 Insumos de oficina

- Computadora
- Cuadernos de registro
- Bolígrafos
- Microsoft Excel
- Programa estadístico SPSS

2.2.5 Fármacos

- Sulfametazina
- Complejo B
- Ket-A-Xyl

2.4 Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, puesto que se recogen y analizan datos numéricos de los sujetos de prueba que se encuentran relacionados con parámetros a estudiar, mismos que son analizados en programas estadísticos comparativos con el objetivo de establecer relaciones entre los diferentes grupos estudiados.

En lo que respecta al alcance, este estudio es comparativo ya que contrasta respuestas obtenidas entre los cuatro tratamientos experimentales. Además, es explicativo porque indaga si la inclusión de sacha inchi tiene efectos directos sobre la estructura intestinal y el equilibrio antioxidante.

En cuanto a su temporalidad, es longitudinal debido a que el registro de las variables se realizó con continuidad durante un periodo experimental de 33 días, controlando su crecimiento a lo largo del ensayo. Asimismo, se considera una investigación aplicada, puesto que los resultados buscan contribuir al desarrollo de estrategias nutricionales que mejoren la eficiencia productiva de los conejos al incluir sacha inchi en su dieta.

2.5 Hipótesis

$\boldsymbol{H_a}$: La adición de sacha inchi en la dieta en conejos aumenta el desempeño productivo, los parámetros de la histomorfometría intestinal y la capacidad antioxidante sérica.

2.6 Población o muestra

Para la investigación se seleccionó 44 conejos de raza Nueva Zelanda x Gigante de Flandes de 35 días de destete, mismos que fueron adquiridos de una granja cunícola ubicada en Pujilí, provincia de Cotopaxi cuya producción de basa en el mejoramiento genético de la raza Nueva Zelanda.

- **Identificación de animales**

Los conejos fueron identificados con números del 1 al 44 en la oreja izquierda para evitar confusiones, y, además, cada jaula fue identificada por cada repetición y tratamiento, al mismo tiempo, cada conejo fue pesado antes de comenzar el experimento y su peso inicial fue plasmado en una plantilla de Excel para su posterior análisis.

2.7 Variables de respuesta

2.7.1 Parámetros de desempeño productivo

- **Peso inicial**

En cada unidad experimental, se determinó el peso corporal utilizando una balanza digital, mediante mediciones individuales al momento de iniciar el estudio. Dichos datos fueron registrados y tabulados en tablas directamente en Excel, las cuales fueron diseñadas específicamente para esta investigación.

- **Incremento de peso**

Se calcula restando el peso final menos el peso inicial, con el fin de evaluar el crecimiento durante todo el periodo experimental.

$$IP = PF - PI$$

Dónde:

IP = Incremento de peso

PF = Peso final

PI = Peso inicial

- **Ganancia Media Diaria de Peso (GMD)**

Se calcula pesando a los animales en una balanza al inicio de la investigación, el cual es denominado peso inicial, y al finalizar la experimentación cada conejo es pesado en la balanza digital, esto es el peso final y se aplicará la siguiente fórmula:

$$GMD = \frac{peso\ final - peso\ inicial}{días\ del\ experimento}$$

- **Conversión alimenticia (CA)**

Una vez calculado la ganancia de peso y el consumo del alimento, la CA se calcula al dividir el alimento consumido entre la ganancia de peso.

$$CA = \frac{AC}{GP}$$

Dónde:

CA = Conversión alimenticia

AC = Alimento consumido

GP = Ganancia total de peso

- **Peso vivo final**

Al final del experimento, los conejos son pesados en kg antes del sacrificio, después de un ayuno corto en sólidos. Esta medida conjuntamente con el peso inicial, ayuda a calcular la GMD, y garantizar la uniformidad de los lotes.

2.7.2 Digestibilidad Aparente de Nutriente (MS, MO y FDN)

El coeficiente de digestibilidad aparente se estimó mediante la recolección de heces cuantificando el nutriente ingerido y el excretado mediante la siguiente fórmula:

$$CDA = \frac{FI - FE}{FI} \times 100$$

Dónde:

CDA: Coeficiente de digestibilidad aparente

FI: Fracción ingerida

FE: Fracción excretada

- **Materia seca**

  Porción de forraje que quedó después de secar la muestra y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$MS\ (\%) = \frac{PS}{PF} \times 100$$

  Dónde:

  MS: Materia seca

  PS: Peso seco

  PF: Peso fresco

- **Humedad**

Se calcula restando el contenido de materia seca menos el 100% con la siguiente fórmula:

$$Humedad\ (\%) = 100 - \%MS$$

- **Materia orgánica**

Se obtiene restando el porcentaje de cenizas menos el porcentaje de materia seca:

$$MO(\%) = \%MS - \%Cenizas$$

- **Cenizas**

Es el resultado de la calcinación de la muestra, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Cenizas\ (\%) = \frac{PC}{PM} \times 100$$

Dónde:

PC: Peso de las cenizas

PM: Peso de la muestra

- **FDN**

Para determinar la fibra detergente neutra, se pesó 0,500±0,030g de cada muestra ya molida y tamizada, esto se colocó en bolsas filtro, las cuales fueron selladas térmicamente y manipuladas con mucho cuidado sin tocarlas directamente con las manos debido a que la humedad puede alterar los resultados, después las bolsas se colocaron en el digestor de fibras $ANKOM^{2000}$ durante aproximadamente 2 horas, al terminar el tiempo, las bolsas fueron retiradas y colocadas durante aproximadamente 5 minutos en acetona pura para eliminar los restos de humedad. Posteriormente, las muestras fueron secadas por 10 minutos y trasladadas a la incubadora durante 2 horas más a 120°C. Como último paso, fueron retiradas y su peso se volvió a registrar, convirtiéndose en el "peso final" de cada muestra **(Duque-Saldarriaga, 2016)**.

2.7.3 Histomorfometría de las vellosidades intestinales

Se obtuvo un segmento de intestino delgado (yeyuno) de aproximadamente 3cm con la ayuda de un kit de disección, además se vació el contenido con ayuda de un frasco lavador que contenía 450ml de formol al 10%, luego, cada segmento fue colocado en 30ml de formol al 10% para su fijación en un frasco estéril de recolección de orina previamente etiquetado con su respectivo tratamiento y repetición.

Para la deshidratación, se utilizó grados aumentados de alcohol, es decir, colocar los tejidos en alcohol al 50% por 24 horas, luego al 70% por 24 horas, después al 90% por 8 horas y finalmente se utilizó alcohol puro por 6-8 horas. Posterior a esto, las muestras fueron sumergidas en xilol para alcanzar la transparencia, además para impregnarlos son inmersos en tanques de parafina fundida por 2 horas más. Finalmente, los portaobjetos de tejidos se tiñeron con hematoxilina y eosina (H&E), mientras que para su visualización se utilizó un microscopio óptico y un software "MicroCapture" para medir la histomorfometría del yeyuno **(Alyileili et al., 2020).**

2.7.4 Pruebas de capacidad antioxidante sérica

- **Actividad de la catalasa plasmática**

Se determinó mediante un método espectrofotométrico que se basa en la degradación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y la disminución de absorbancia a 240 nm. Se preparó un tampón fosfato pH 7 combinando soluciones de NaH_2PO_4 (50 mM) Y Na_2HPO_4 (57 mM), y se elaboró una solución de trabajo de H_2O_2 diluyendo la solución comercial al 30% en el tampón preparado. Todas estas soluciones se mantuvieron a 4°C. Para cada determinación, la mezcla contenía 990 µL de tampón, 500 µL de H_2O_2 y 10 µL de muestra de plasma; mientras que el blanco contenía únicamente tampón.

En cuanto a las mediciones, estas se realizaron en cubetas de cuarzo en el espectrofómetro Hanon UV-VISI3, se registró la absorbancia inicial a los 10 segundos y luego a los 70 segundos. La actividad enzimática se expresó como unidades de catalasa siguiendo la siguiente ecuación **(Hadwan et al., 2024)**:

$$Actividad = \frac{Abs_{10s} - Abs_{70s}}{0{,}01}$$

Dónde:

Abs_{10s} = Absorbancia a los 10s

Abs_{70s} = Absorbancia a los 70s

0,01 = Son unidades de absorbancia que corresponde a una unidad de actividad catalasa.

- **DPPH**

DPPH o 2,2-difenil-1-picrilhidrazil, se basa en la reducción del radical libre DPPH por los compuestos antioxidantes presentes en la muestra, generando una disminución de absorbancia medible espectrofotométricamente **(Brand-Williams et al., 1995)**.

Previamente, las muestras fueron diluidas y se mezclaron con solución DPPH preparada en metanol. Después de una incubación en la oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente, se registró la absorbancia a 517 nm en un lector de placas RAYTO RT-6900. Mientras que la cuantificación se realizó mediante una curva de calibración realizada con soluciones estándar de Trolox en el rango 0,1-2 mM, ajustada al modelo lineal $y = -3{,}4389x + 2{,}3508$ ($R^2 = 0{,}9922$). Los resultados fueron expresados como micromoles equivalentes de Trolox por mililitro de plasma (µmol TE/mL), mismo que fueron corregidos por factores de dilución **(Kedare & Singh, 2011)**.

- **FRAP**

Ferric Reducing Antioxidant Power o FRAP, cuantifica la capacidad reductora de la muestra basada en la conversión del ion férrico (Fe^{3+}) a su forma ferrosa (Fe^{2+}) en un medio ácido, lo que genera un complejo coloreado que se mide espectrofotométricamente **(Benzie & Strain, 1996)**.

Para su análisis, las muestras fueron diluidas y se mezclaron con el reactivo FRAP, después de una incubación de 30 minutos a 37°C en oscuridad, la absorbancia se midió a 593 nm, por otro lado, la cuantificación se realizó mediante una curva de calibración construida con soluciones estándar de Trolox en el rango 12,5-300 µM, misma que fue ajustada al modelo $y = 0{,}0028x + 0{,}0232$ ($R^2 = 0{,}9938$).

Finalmente, Los resultados fueron expresados como micromoles equivalentes de Trolox por mililitro de plasma (µmol TE/mL), mismo que fueron corregidos por factores de dilución **(Benítez-Estrada et al., 2020)**.

2.8 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño completamente al azar (DCA), además de un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y la prueba de Tukey 5% para comparar los tratamientos y determinar el nivel de significancia $p \leq 0.05$.

2.9 Manejo del experimento

La presente investigación se llevó a cabo utilizando 44 conejos de engorde de raza híbrida (NZ x GF) de 35 días de edad al destete, los cuales fueron previamente pesados y colocados en los distintos grupos experimentales al azar (n=11), asegurando que sus pesos sean homogéneos con el objetivo de garantizar la uniformidad del experimento y eliminando la variable "sexo". Previamente, todos los animales fueron sometidos a un tratamiento antiparasitario con la administración Sulfametazina, considerando las dosis sugeridas del comerciante para conejos (1g/L agua). Una vez que los sujetos fueron distribuidos y colocados en su respectivo grupo experimental, a cada conjunto se le asignó un porcentaje diferente de inclusión de harina de sacha inchi a su dieta.

- **T0:** Dieta o grupo testigo sin inclusión de harina de sacha inchi.
- **T1:** Dieta con inclusión de harina de sacha inchi al 6%.
- **T2:** Dieta con inclusión de harina de sacha inchi al 8%.
- **T3:** Dieta con inclusión de harina de sacha inchi al 10%.

Tabla 5. *Número de tratamientos, repeticiones y número de animales distribuidos*

	N° Tratamientos	N° Repeticiones	N° de animales
T0	Dieta o grupo testigo sin inclusión de harina de sacha inchi (0%)	R1	1
		R2	1
		R3	1
		R4	1
		R5	1
		R6	1
		R7	1
		R8	1
		R9	1
		R10	1
		R11	1
T1	Dieta con inclusión de harina de sacha inchi al 6%	R1	1
		R2	1
		R3	1
		R4	1
		R5	1
		R6	1
		R7	1
		R8	1
		R9	1
		R10	1
		R11	1
T2	Dieta con inclusión de harina de sacha inchi al 8%	R1	1
		R2	1
		R3	1
		R4	1
		R5	1
		R6	1
		R7	1
		R8	1

		R9	1
		R10	1
		R11	1
T3	Dieta con inclusión de harina de sacha inchi al 10%	R1	1
		R2	1
		R3	1
		R4	1
		R5	1
		R6	1
		R7	1
		R8	1
		R9	1
		R10	1
		R11	1
TOTAL			44

- **Fabricación de la dieta**

Con respecto a la implementación de la dieta, es decir, el balanceado con la inclusión de sacha inchi, primero se optó por utilizar el balanceado comercial ITALCOL® para conejos, esto con el objetivo de satisfacer sus necesidades nutricionales.

Primeramente, se elaboró una pequeña cantidad de balanceado (100g) para cada tratamiento y se sometió a análisis para evaluar la composición y la calidad del balanceado como lo muestra la tabla 6.

Tabla 6. *Cantidad de los diferentes ingredientes incorporados en cada tratamiento (100g para analizar su composición)*

Componentes	T0 (g)	T1 (g)	T2 (g)	T3 (g)
Sacha inchi	0	6	8	10
Harina de soya	0	4	2	0
Balanceado control	100	90	90	90

Tabla 7. *Primer resultado de la composición química de las dietas experimentales*

	T0	T1	T2	T3	HS	SI
	X±DE	X±DE	X±DE	X±DE	X±DE	X±DE
Ceniza (%)	4,7±0,3	5,4±0,2	5,3±0,2	5,3±0,1	5,6±0,3	5,5±0,08
Grasa (EE) (%)	5,4±0,3	5,7±1,1	6,1±0,01	5,7±0,09	18,4±0,03	3,3±0,1
Proteína (%)	21,8±0,4	19,2±0,5	22,4±0,3	23,1±0,2	36.2±0,6	19±0,1
Humedad (%)	9±0,06	8,6±0,09	8,8±0,02	8,9±0,1	7,1±0,1	8,1±0,09
Carbohidratos (%)	58,9	60,8	57,1	56,7	32,42	63,8

HS: Harina de soya; SI: Sacha inchi; DE: Desviación estándar.

Los resultados mostraron que la torta de sacha inchi tenía una menor grasa y mayor fibra que la harina de soya y que el balanceado. Con base en estos datos se realizó una dieta ajustada (Tabla 8) para que todos los tratamientos fueran isoproteicos (contenido de proteína bruta similar) (~21–22 %), variando niveles de sacha inchi, soya y balanceado. En la formulación de la dieta se incrementó la proporción de soya para compensar la menor proteína de la torta de sacha inchi y se vigiló que el aporte de grasa no superara el límite de 5 % en base fresca.

Tabla 8. *Composición experimental ajustada en base a los valores de la composición química inicial*

Componentes	T0 (g)	T1(g)	T2 (g)	T3 (g)
Sacha inchi	0	6	8	10
Harina de soya	0	0,966	1,288	1,61
Balanceado control	100	93,034	90,712	88,89

Los primeros resultados únicamente mostraron ceniza, grasa, proteína, humedad y carbohidratos. Para valorar con mayor detalle los efectos de la dieta en los conejos se calcularon otros indicadores, mismos que fueron basados en la guía de Federación Europea de la Industria para Animales de Compañía **(FEDIAF, 2013)**:

- ✓ **Materia seca**: Se resta el porcentaje de humedad al 100 %. Así se estandarizó la dieta para compararla con tablas de referencia.

- ✓ **Fibra cruda estimada**: Fue estimado como el 30 % de los carbohidratos totales, basándose en que la FEDIAF recomienda un mínimo de 140 g de fibra cruda y 300 g de FDN por kg. Este supuesto permitió aproximar la fracción fibrosa y justificar la inclusión de alfalfa ad libitum para alcanzar los niveles de fibra requeridos por la fisiología del conejo.

- ✓ **Carbohidratos digestibles (extracto libre de nitrógeno)**: Calculados por diferencia, restando de 100 % la suma de proteína, grasa, fibra, ceniza y humedad. Esta fracción representa los azúcares y almidones disponibles.

- ✓ **Energía digestible (DE)** y **energía metabolizable (ME)**: La FEDIAF propone la ecuación DE (kcal/kg) = -1801 + 7,10×CP + 12,01×EE + 5,59×NFE **(FEDIAF, 2013)**; donde *CP* es proteína cruda, *EE* es extracto etéreo y *NFE* son los carbohidratos digestibles en g/kg (en materia fresca). Con los porcentajes analíticos de cada ingrediente se transformaron a g/kg,

multiplicando por 10 y se aplicó la fórmula. La energía metabolizable se calculó como el 90–95 % de la energía digestible, conforme a la relación ME/DE descrita en la misma guía.

- ✓ **Calcio y fósforo**: Se usaron valores típicos de cada ingrediente (aprox. 0,9 % Ca y 0,5 % P para el balanceado, 0,3 % Ca y 0,6 % P para la soya y 0,25 % Ca y 0,4 % P para la harina de sacha inchi) y ajustando su contribución al total de la dieta.

- ✓ **Proteína digestible estimada**: Se corrigió la proteína bruta por un coeficiente de digestibilidad (80 % para el balanceado, 90 % para la soya y 75 % para la harina de sacha inchi), considerando que las guías resaltan la importancia de que la proteína sea de alta calidad y digestible. No existe una fórmula oficial para la proteína digestible; la estimación se basó en valores reportados para ingredientes similares.

Tabla 9. *Composición química de cada ingrediente de las dietas experimentales*

	Balanceado	**HS**	**HSI**
Ceniza (%)	4,74	5,67	5,57
Grasa (EE) (%)	5,46	18,45	3,37
Proteína bruta (%)	21,86	36,26	19,07
Humedad (%)	9,01	7,19	8,1
Carbohidratos (%)	58,91	32,42	63,87
Materia seca (%)	90,99	92,81	91,9
Fibra cruda (%)	17,673	9,726	19,161
Carbohidratos digestibles	41,26	22,70	44,73
Energía digestible (DE) (kcal/kg)	2713,07	4258,46	2458,06
Energía metabolizable (kcal/kg)	2496,03	3917,78	2261,41
Calcio (Ca) (%)	0,9	0,3	0,25
Fósforo (P) (%)	0,5	0,6	0,4
Relación Ca/P	1,8	0,5	0,625
Proteína digestible (%)	17,49	32,63	14,30

HS: Harina de soya; HSI: Harina de sacha inchi.

Mediante estos resultados estimados para cada componente de las dietas experimentales, se determinó la composición química estimada de cada tratamiento experimental (T0, T1, T2 y T3), la misma se desarrolló en base al porcentaje de inclusión de cada ingrediente en la dieta ajustada, la cual fue formulada previamente para mantener un contenido equilibrado en la proteína entre los tratamientos.

Tabla 10. *Composición química de las cuatro dietas experimentales ajustadas*

	T0	**T1**	**T2**	**T3**
Ceniza (%)	4,74	4,80	4,82	4,84
Grasa (%)	5,46	5,46	5,46	5,46
Proteína (%)	21,86	21,83	21,82	21,81
Humedad (%)	9,01	8,94	8,91	8,89
Carbohidratos (%)	58,91	58,95	58,97	58,98
Energía metabolizable (kcal/kg)	2523,16	2522,81	2522,70	2522,58
Materia seca (%)	90,99	91,06	91,09	91,11
Carbohidratos digestibles (%)	41,26	41,29	41,30	41,31
Fibra cruda (%)	17,67	17,69	17,69	17,69
Calcio (%)	0,90	0,86	0,84	0,83
Fósforo (%)	0,50	0,49	0,49	0,49
Relación Ca/P	1,80	1,72	1,69	1,66
Energía digestible (DE) (kcal/kg)	2713,07	2712,70	2712,58	2712,45
Proteína digestible (%)	1803,45	1795,51	1792,87	1790,22

Una vez obtenido este resultado, se procedió a elaborar el balanceado en grandes cantidades. Primero, todo el contenido de balanceado comercial fue molido, para incluir de mejor manera la harina de soya y los distintos porcentajes de sacha inchi en cada dieta, también se colocó un porcentaje pequeño de melaza (1%), aceite de palma (0,5%) y todo fue integrado hasta obtener una mezcla homogénea, se realizó de esta manera, ya que, para colocar esta composición en la peletizadora, debe tener un cierto porcentaje de humedad para su correcta compactación. Cada dieta fue etiquetada y colocada en costales alejados del suelo para evitar su contaminación.

- **Condiciones del lugar del experimento y periodo de adaptación**

La investigación tuvo lugar en un galpón ubicado en la Granja Experimental de la Universidad Técnica de Ambato – campus Querochaca, el mismo contaba con las condiciones adecuadas para la cría y el manejo de conejos de engorde; poseía acceso a luz natural, buena ventilación, normas higiénicas para administrar los desechos y su acceso era controlado.

Con el fin de garantizar su manejo, los conejos fueron ubicados en jaulas de alambre galvanizado con una medida de $40 \times 40 \times 40$ cm que contaba con un comedero metálico y un bebedero de nipple conectado a una red de agua, mientras que en la parte de abajo tenía una malla para recolectar las heces y un plástico para manejar y desechar la orina, cada animal estaba destinado a una jaula individual, sin embargo, durante los primeros 5 días se colocó 2 conejos en cada jaula, ya que debían cumplir el periodo de adaptación. Posterior a este tiempo, fueron separados y colocados cada uno en una jaula, garantizando un control efectivo y preciso en lo que respecta a la toma de datos.

Tanto la limpieza de las jaulas como del galpón propiamente, se realizó cada 2 días para garantizar el mantenimiento óptimo de las condiciones sanitarias, además del manejo de los desechos orgánicos con protocolos de limpieza adecuados evitando la contaminación del alimento y evitando el aparecimiento de huéspedes indeseados que propaguen enfermedades entre los conejos.

- **Suministración de la dieta**

Los animales tuvieron agua limpia y fresca ad libitum y alfalfa durante todo el experimento. En el caso de la administración de balanceado previamente procesado con la inclusión de sacha inchi, se inició colocando 50g a cada conejo, y conforme el tiempo avanzaba y sus necesidades cambiaban, la dosis de balanceado fue aumentando hasta llegar a 100g. El alimento fue suministrado de manera diaria a las 8am y se registró de forma manual el sobrante de cada jaula al día siguiente, con el objetivo de calcular el consumo diario individual.

- **Ganancia de peso**

La duración del experimento fue de 33 días, en los cuales se evaluó la ganancia de peso semanal mediante la toma de pesos individuales fuera de la jaula en una balanza digital, los datos fueron registrados inmediatamente en tablas en Excel, además se registró el consumo diario individual.

- **Toma de datos**

- Durante la fase experimental, todos los datos fueron registrados en Excel para ser tabulados posteriormente, en este caso fue el peso inicial, peso semanal, consumo diario voluntario y peso final.

- En el caso de la digestibilidad, a partir del día 25 al día 28, a cada conejo se le suministró 2kg de alfalfa y 100g de balanceado cada día a las 9 de la mañana según su respectivo tratamiento. Al día siguiente, las heces de cada conejo fueron recolectadas y colocadas en bolsas de papel previamente identificadas con su respectivo tratamiento y repetición. Para agilitar este proceso, se utilizó la malla previamente colocada debajo de las jaulas, con el objetivo de que las heces queden retenidas allí y recogerlas.

- **Preparación de muestras**

Una vez que la recolección y etiquetado de las heces terminó, las muestras fueron llevadas al laboratorio para ser pesadas y colocadas en la incubadora a 60°C durante 48 horas. Al mismo tiempo, alfalfa previamente picada y 200g de cada dieta fueron colocadas en diferentes bolsas de papel identificadas e ingresadas en la incubadora durante el mismo tiempo que las heces.

Terminadas las 48 horas, todas las muestras fueron pesadas y dejadas por 2 horas más en la incubadora a 60°C, cuando el peso no varió, se retiró de la incubadora y se obtuvo el peso constante mismo que se utilizó posteriormente en el análisis. Después, todas las muestras (incluida la alfalfa y los diferentes tipos de balanceado) fueron llevadas al cuarto de molinos para su trituración, una vez terminado este proceso, las heces molidas se colocaron en fundas plásticas etiquetadas con su respectivo tratamiento y repetición.

En el caso de la histomorfometría de las vellosidades intestinales y las pruebas de capacidad antioxidante, la preparación de las muestras se detallada en el apartado “variables de respuesta”.

- **Faenamiento**

El lugar de faenamiento residió en el mismo galpón, previamente sanitizado y adaptado como una sala de faenamiento traspatio, con áreas destinadas a la sedación, sacrificio, desangrado, desollado, descuerado, extracción de órganos internos, lavado, secado y oreo. Es así que, al culminar con el periodo de investigación, se procedió con el sacrificio de los 44 conejos utilizando un protocolo de sedación que incluía Ket-A-Xyl con dosis de 0.5-1ml/10kg de p.v. Una vez confirmado el estado anestésico profundo de los animales, se realizó la extracción de sangre de la yugular en un tubo de tapa roja para su posterior análisis y después se procedió el sacrificio humanitario respetando las normas de ética animal **(Bimonte et al., 2007)**.

Además, al momento de la extracción de órganos de cada animal, se obtuvo una porción de intestino delgado (yeyuno) para su posterior análisis.

2.10 Recolección de la información

- **Parámetros de desempeño productivo:** Cada conejo representa una unidad experimental individual, por lo que todas las mediciones y muestreos se realizaron de manera independiente, en este caso, se registró el peso inicial y final con ayuda de una balanza digital, y se realizó una cuantificación diaria en el consumo voluntario de alimento, esto con el objetivo de calcular el incremento de peso, la GMD y la conversión alimenticia.

- **Digestibilidad aparente:** Del día 25 al 28 del experimento, se recogió las heces totales por cada animal, estas muestras fueron etiquetadas, secadas, almacenadas, molidas y colocadas en el digestor de fibra para el análisis de todas las variables especificadas en el apartado “variables de respuesta”.

- **Histomorfometría intestinal:** Al finalizar el ensayo, se extrajo un segmento de 3cm del yeyuno, fijados y conservados en formol al 10%. Las muestras fueron procesadas en un laboratorio histopatológico y se midió el largo, ancho y profundidad de la cripta de Lieberkühn mediante un microscopio óptico.

- **Pruebas de capacidad antioxidante sérica:** Se recolectó muestras de sangre de cada conejo utilizando tubos sin anticoagulante. El suero obtenido fue enviado a un laboratorio para cuantificar marcadores antioxidantes como catalasa, FRAP y DPPH.

2.10 Procesamiento de la información y análisis estadístico

En lo que respecta al procesamiento de la información, este consistió en la organización y sistematización de todos los datos obtenidos a lo largo de la investigación. Peso corporal, consumo de alimento, rechazo, heces, mediciones histomorfométricas y análisis séricos antioxidantes fueron ingresados en hojas de cálculo de Excel, donde se verificó su veracidad y se corrigieron posibles errores de registro. En base a estos datos, se generó la GMD, conversión alimenticia y los coeficientes de digestibilidad, siguiendo fórmulas y parámetros para cada uno.

Por su parte, antes de continuar con todo el análisis estadístico de los resultados, se realizó pruebas de homogeneidad de varianzas verificando la validez del modelo del experimento, posteriormente con los datos ya recogidos, los estudios estadísticos se realizaron bajo un diseño completamente al azar, además se empleó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre los tratamientos, asimismo una prueba de comparación de Tukey para determinar entre que tratamientos había diferencias. Todo eso se desarrolló utilizando el software especializado SPSS®.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado del primer objetivo específico

Tabla 11. *Comportamiento de los distintos parámetros de desempeño productivo en conejos suplementados con diferentes tratamientos que contienen sacha inchi.*

Variables	Grupo control n=11 X± DE*	Grupo I n=11 X± DE	Grupo II n=11 X± DE	Grupo III n=11 X± DE	P valor
Peso inicial (g)	713,6±175,9	713,6±180,5	713,6±171	712,7±174,2	1,000
Peso final (g)	2122,6±190,4	2160,2±159,6	2093,1±194,1	2138,8±236,9	0,878
IP (g)	1389,5±132,7	1431,8±108,7	1364,7±98,1	1408,6±260	0,771
GMD(g)	46,3±4,4	47,7±3,6	45,4±3,2	46,9±8,6	0,799
CA (g)	3±0,2	2,9±0,1	3,1±0,4	3±0,5	0,526

* Valores expresados como media ± desviación estándar.

X: media, DE: desviación estándar, IP: incremento de peso, GMD: Ganancia media diaria, CA: conversión alimenticia.

Todos los parámetros de desempeño productivo evaluados; peso inicial, peso final, IP, GMD y CA no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p>0.05$). Esto indica que la inclusión de sacha inchi al 6%, 8% y 10% no modificó de manera detectable el crecimiento ni la eficiencia productiva de los conejos, ya que se mantiene los valores comparables entre el grupo control y los grupos que recibieron la inclusión.

En lo que respecta al peso inicial, este fue homogéneo entre todos los grupos, lo que confirma que la asignación aleatoria fue correcta y que las diferencias observadas al final de la investigación no se deben a errores iniciales. Mientras tanto, el peso final tampoco presentó variaciones significativas (p = 0,878), sugiriendo que todos los conejos consiguieron un nivel de crecimiento similar independientemente de la cantidad de inclusión de sacha inchi. Por el contrario, **Valencia (2023)** obtuvo un peso final de 2824.17g/ave en el T2 (12% de sacha inchi), lo que indica que los niveles evaluados se encuentran dentro de un rango seguro de suplementación, en el cual los posibles compuestos antinutricionales presentes en la sacha inchi no alcanzan las concentraciones lo suficientemente altas como para afectar el desempeño productivo en conejos.

Dentro de la conversión alimenticia, **Marcillo (2021)** alude que la inclusión del 15% de torta de sacha inchi en el balanceado de pollos de engorde, representa el 2.55 en su índice de conversión, mostrando así su efectividad frente al grupo testigo. De igual manera, **Valencia (2023)** menciona en su investigación que la conversión alimenticia fue de 1.73g de alimento por cada gramo de ganancia de peso, mientras que la ganancia de peso fue de 1570.50 g/ave en T4 (12%), en el caso de la presente investigación los valores más altos en estos parámetros son; la CA con 3,1g en el grupo II (8%), el incremento de peso con 1431,8g en el grupo I (6%) y la GMD registrada fue de 47,7g también en el grupo I (6%), sugiriendo que, a diferencia de las aves, los conejos no representan como tal una respuesta productiva frente a la implementación de sacha inchi en la dieta, seguramente por sus diferencias fisiológicas digestivas y de su capacidad para aprovechar los lípidos y compuestos bioactivos, evidenciando que en conejos los porcentajes evaluados de este no producen mejoras productivas significativas pero tampoco comprometen la eficiencia alimentaria o el crecimiento.

3.2 Resultado del segundo objetivo específico

Tabla 12. *Medidas obtenidas en la histomorfometría del yeyuno*

Medidas (µm)	Grupo control n=11 X± DE*	Grupo I n=11 X± DE	Grupo II n=11 X± DE	Grupo III n=11 X± DE	P valor
Largo	$621,0^{a} \pm 101,8$	$570, 9^{b} \pm 120,0$	$505, 5^{c} \pm 98,1$	$543,8^{abc} \pm 111,7$	0,01
Ancho	99,7 ± 74,9	105,2 ± 21,3	106,2 ± 21,5	106,0 ± 19,7	0,622
Profundidad de la cripta de Lieberkühn	$113,7^{b} \pm 33,4$	$130,2^{a} \pm 30,9$	$126,2^{ab} \pm 42,6$	$119,5^{ab} \pm 38,2$	0,05
Relación V/C**	5,46	4,3	4,0	4,55	

* Valores expresados como media ± desviación estándar

** Relación vellosidad/cripta

^{abc}: Superíndices con letras diferentes que se encuentran dentro de la misma fila, representan diferencias estadísticas significativas según la prueba de comparación múltiple.

Los parámetros histomorfométricos evaluados en la porción del yeyuno, mostraron diferencias estadísticas significativas en el largo (p=0,001) y profundidad de la cripta (p=0,005), indicando que la inclusión de sacha inchi provocó modificaciones medibles en la estructura intestinal de los conejos, lo que insinúa una respuesta morfofuncional asociada al nivel de suplementación.

El largo de las vellosidades presentó su mayor valor en el grupo control (0% SI), seguido del grupo I (6% SI), continuando con el grupo II (8% SI) y finalmente el grupo III (10%), mostrando un descenso progresivo y una correlación inversa; a mayor inclusión de sacha inchi, el largo de la vellosidad disminuyó de manera significativa. En concordancia con lo que menciona **Khieokhajonkhet et al. (2021)**, en su investigación sobre efectos de la sacha inchi en la tilapia híbrida roja, refleja que en la histología del intestino al aumentar el nivel de SI se detectó una reducción lineal significativa en altura y grosor de las vellosidades y resume que una alta inclusión de SI produce anomalías a nivel histológico.

Respecto al ancho de las vellosidades, no existieron diferencias significativas entre tratamientos, demostrando que la estructura lateral de las vellosidades se mantuvo constante independientemente del nivel de inclusión. En contraposición a esto, **Khen et al. (2021)**, realizó un estudio tomando como sujetos a la tilapia del Nilo y formulando dietas con diferentes niveles de inclusión de sacha inchi. En el caso de las muestras histológicas del intestino, la dieta SIS29 (29 g de SI/kg) tuvo valores elevados en lo que respecta al ancho de las vellosidades con respecto a los otros dos grupos.

Por otro lado, la profundidad de las criptas mostró diferencias significativas, siendo el grupo I y el grupo II los que mostraron mayores profundidades con respecto al grupo control, mientras que el grupo III mantiene valores intermedios. Por el contrario, **Samrit et al. (2025)** en su estudio comparativo entre el uso de aceite de manteca de cerdo y aceite de sacha inchi en ratas, expuso que el uso de aceite de sacha inchi no representa diferencias significativas en la profundidad de las criptas del colon o lesiones colónicas, por tanto, afirma que el suplemento de SI tiene menos efectos adversos sobre la salud intestinal que el aceite de manteca de cerdo, puesto que contiene mayor cantidad de ácidos grasos saturados, lo que se asocia con una mayor permeabilidad intestinal y resistencia a la insulina, mientras que la sacha inchi es rica en omega-3 y omega-6, mismos que pueden mejorar y restaurar la salud intestinal activando la respuesta antiinflamatoria **(Samrit et al., 2025)**.

Por tanto, la mayor profundidad de los grupos I y II podría reflejar un incremento en la actividad proliferativa de las células que se ubican en la base de las criptas, como un mecanismo de compensación frente a la altura de la vellosidad, a pesar que **(Samrit et al., 2025)** no reportó estos cambios en ratas, esta diferencia puede deberse a la alta sensibilidad gastrointestinal que posee el conejo frente a variaciones en los niveles de fibra, grasa y compuestos antioxidantes, razón por la cual se observa un esfuerzo fisiológico del tejido yeyunal para mantener activa la tasa de recambio celular y preservar de alguna manera la función digestiva frente a dietas que posean sacha inchi. En este sentido **Tan et al. (2019)**, menciona que una cripta más profunda muestra una rápida renovación de tejido y a su vez, una gran demanda de tejido nuevo, esto puede

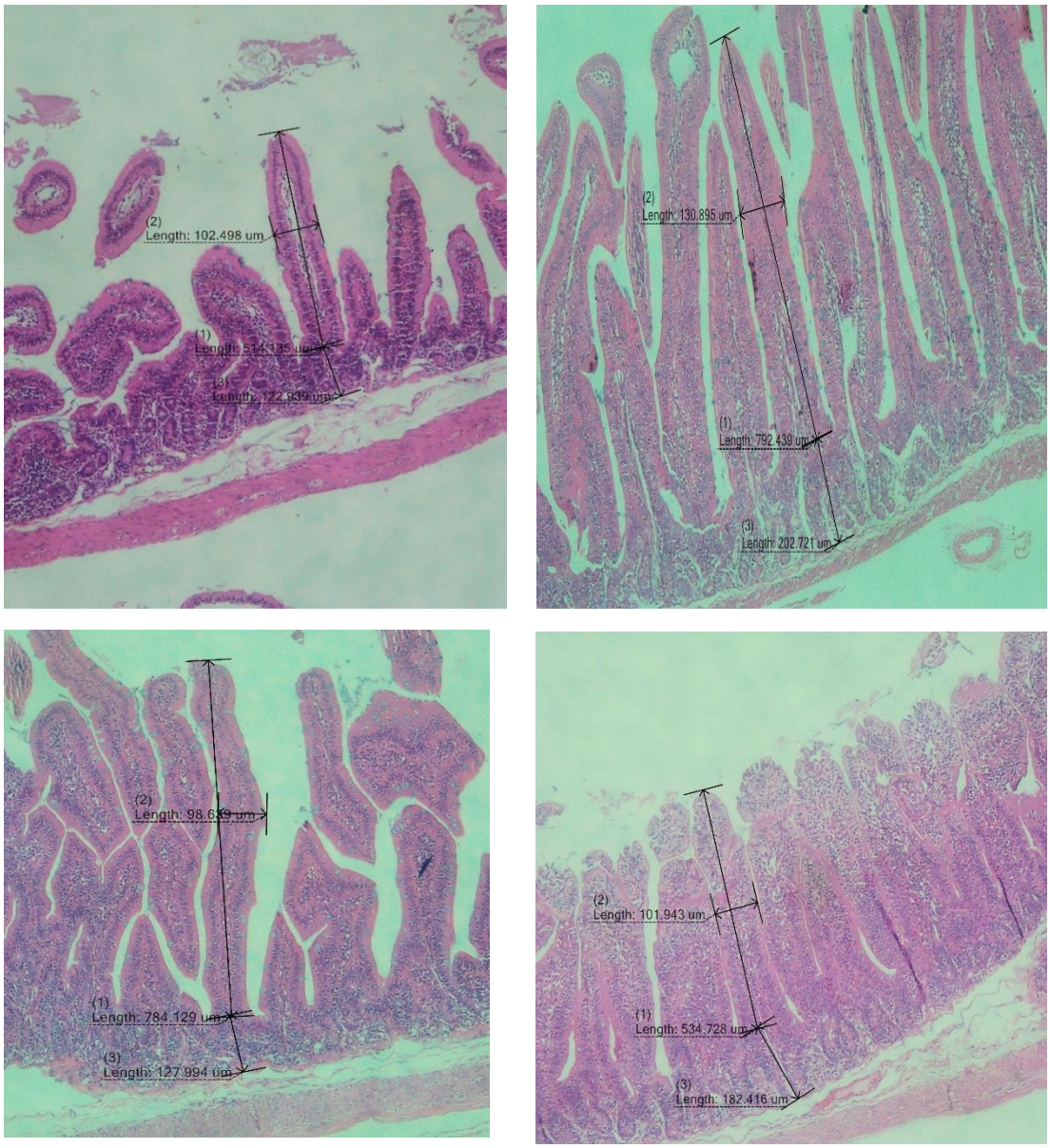
deberse a estresores que provocan cambios rápidos en la mucosa que se han asociado a la presencia de toxinas o a un mayor recambio tisular.

Desde esta perspectiva, la relación V/C normal es 5,1:1, hasta 5,86:1 la misma que se encuentra estable en el grupo control, sin embargo, se puede observar en el grupo I, II y III suplementados con sacha inchi que esta relación se encuentra por debajo de los límites establecidos, sin embargo, ocurre lo contrario con la investigación de **Ermayanti et al. (2021)** que suministró aceite de hígado de bacalao (rico en ácidos grasos poliinsaturados) en piensos comerciales en conejos machos, dando como resultado que los parámetros histomorfométricos aumentan en todos sus parámetros, altura y ancho de las vellosidades, y profundidad de la cripta. En base a esto se establece que, a diferencia de otros alimentos también ricos en ácidos grasos poliinsaturados, la sacha inchi contiene de manera natural antinutrientes mismos que pudiesen provocar una irritación en la mucosa del intestino, dando como resultado una alteración en la estructura funcional del yeyuno. Esto se refleja en la reducción de la relación V/C, en los grupos que tienen tratamientos con sacha inchi, dando a entender que la misma podría no ser benéfica en la morfometría intestinal, comprometiendo la eficacia absortiva del yeyuno **(Galeano Diaz et al., 2022)**.

Finalmente, la mencionada actividad proliferativa de las células de las vellosidades hace referencia a la tasa de división celular en las criptas y el reemplazo de enterocitos en las vellosidades **(Sakowicz et al., 2022)**. Un adecuado nivel de proliferación y diferenciación celular resulta en vellosidades más largas y funcionales, sin embargo, cuando la proliferación se ve afectada, las vellosidades son más cortas o delgadas y las criptas son más profundas; un indicativo de que el intestino ha sufrido agresiones. En esta investigación con sacha inchi, las saponinas presentes pueden formar complejos de colesterol de las membranas celulares intestinales afectando su permeabilidad alterando los procesos de absorción **(Aidos et al., 2023)**. Asimismo, los taninos en exceso pueden precipitar proteínas e irritar la mucosa, todo esto desequilibra la eficiencia absortiva que se refleja en los resultados; criptas más profundas y una relación V/C fuera del rango deseado. Como es el caso de **Le et al. (2024)**, en el cual

las tilapias alimentadas por harina de sacha inchi, mostraron un efecto dosis-dependiente, donde; a mayores niveles de inclusión, las vellosidades intestinales y la relación V/C estuvieron fuera del rango, mientras que, en otras especies, estos compuestos antinutricionales pueden tener efectos subclínicos sobre la mucosa **(Le et al., 2024)**.

Figura 2. *Corte histológico del yeyuno de conejo. Puntos de referencia para la medición del largo (L), ancho (A) y profundidad de las criptas de Lierbetkun (C). Imágenes de referencia de izquierda a derecha: Grupo control. Grupo I. Grupo II. Grupo III. HE, 4x*



Fuente: **(Espin, 2025)**

3.3 Resultado del tercer objetivo específico

Tabla 13. *Digestibilidad Aparente de nutrientes*

Parámetro (%)	Grupo control	Grupo I	Grupo II	Grupo III	P valor
	n=11 X± DE*	n=11 X± DE	n=11 X± DE	n=11 X± DE	
DAMS	64,8 ± 3,4	63,6 ± 4,0	62,1 ± 2,7	62,0 ± 2,0	0,126
DAMO	64,4 ± 1,9	64,8 ± 1,7	64,7 ± 1,1	65,3 ± 2,2	0,713
DAFDN	43,5 ± 1,6	43,4 ± 1,7	43,5 ± 1,9	44,2 ± 1,5	0,668
Cenizas	9,2 ± 3,5	8,7 ± 5,0	11,3 ± 3,2	8,5 ± 3,2	0,317
Humedad	35,7 ± 5,4	36,7 ± 4,5	36,7 ± 6,0	33,3 ± 7,9	0,522

* Valores expresados como media ± desviación estándar

X: media, DE: desviación estándar, DAMS: Digestibilidad aparente de materia seca. DAMO: Digestibilidad aparente de materia orgánica. DAFDN: Digestibilidad aparente de fibra detergente neutra.

La digestibilidad aparente de nutrientes (MS, MO, FDN) y valores de cenizas y humedad no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, indicando que la inclusión de SI en dichos niveles no modificó de manera medible la capacidad de los conejos para digerir los nutrientes de la dieta como se puede observar en la tabla 7 de parámetros productivos, los cuales no tuvieron valores significativos. En este caso, **Alcívar-Cobeña et al. (2024)**, en su investigación sobre la digestibilidad ileal aparente en pollos, encontró que no existieron diferencias significativas en la digestibilidad aparente de la MS y concluye que a pesar de la concentración de alcaloides, saponinas y grupos α amino en la sacha inchi, estos parecen estar en una proporción mínima que no incide de manera desfavorable a la digestibilidad de la MS.

Algo semejante expone **Asitimbay (2019)**, dentro de su investigación menciona que los coeficientes de digestibilidad no presentaron diferencias significativas y concluye que los niveles de inclusión de sacha inchi (10 % y 20%) no tuvieron un impacto negativo dentro de los valores de digestibilidad en cerdos.

Estos hallazgos refuerzan la idea de que los porcentajes de sacha inchi implementados en esta investigación no tienen efectos medibles en parámetros productivos o de digestibilidad cuyos valores sean estadísticamente significativos, puesto que todos los grupos presentaron valores semejantes en el peso final. Por lo tanto, es probable que, dentro de este rango de suplementación, los compuestos bioactivos presentes en la sacha inchi no logren concentraciones suficientes que alteren la digestión y por ende sus funciones metabólicas **(Alcívar et al., 2020)**.

3.4 Resultado del cuarto objetivo específico

Tabla 14. *Resultados de las diferentes pruebas de capacidad antioxidante sérica*

	Grupo control	**Grupo I**	**Grupo II**	**Grupo III**	**P valor**
	n=11 X± DE*	**n=11 X± DE**	**n=11 X± DE**	**n=11 X± DE**	
DPPH (µmol TE/mL)**	20,09	27,45	20,91	21,55	0,522
FRAP (µmol TE/mL)	792,7 ± 40,8	794,9 ± 38,8	791,0 ± 56,4	807,2 ± 60,9	0,871
Catalasa (U/mL)	15,4 ± 3,8	13,9 ± 1,8	14,6 ± 1,8	16,5 ± 2,4	0,128

* Valores expresados como media ± desviación estándar

** En este parámetro se aplicó la prueba estadística paramétrica de Kruskal Wallis, usada para comparar tres o más grupos independientes cuando no se cumplen los requisitos necesarios para aplicar una prueba ANOVA tradicional.

La evaluación de la capacidad antioxidante sérica mediante DPPH, FRAP y actividad de catalasa no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), indicando que la inclusión de sacha inchi no modificó de forma medible el estado redox sistémico de los conejos. Lo contrario sucedió con **Tan et al. (2019)**, que suplementa pollos de engorde con aceite de pescado, cuyo mecanismo antioxidante es similar a la sacha inchi, dentro de sus resultados encontró que el aceite de pescado oxidado puede causar peroxidación lipídica en el hígado, aumentado las concentraciones de Malondialdehído (MDA), mismo que es un producto genotóxico endógeno de peroxidación lipídica enzimática provocada por radicales libres **(Niedernhofer et al., 2003)**. Por el contrario, **Selim et al. (2021)**, suplementó pollos con aceite de salvado de arroz, cuya composición disminuyó la concentración de

MDA, es decir, su capacidad antioxidante mejoró, ayudando así a optimizar también su sistema inmunitario.

En el caso de las pruebas de FRAP, DPPH y actividad de la catalasa, **Sierżant et al. (2023)**, suplementó a pollos de engorde con aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados y dentro de sus resultados obtuvo que los parámetros antioxidantes medidos con FRAP y DPPH no tuvieron ninguna alteración en el plasma obtenido, mientras que la actividad de la catalasa se midió en el músculo pectoral, sin embargo, tampoco mostró significancia. Estos resultados coinciden con la presente investigación, donde la sacha inchi no generó modificaciones significativas en la capacidad antioxidante sérica, es así que, en conjunto con **Sierżant et al. (2023)**, los resultados muestran que cuando se trabaja con niveles moderados de ácidos grasos poliinsaturados, el sistema antioxidante puede mantener un equilibrio y no representa un desafío oxidativo para el organismo que pueda comprometer su estabilidad antioxidante.

Por otro lado, **Eid et al. (2024)**, menciona que al suplementar con aceite de pescado al 1,0% y 1,5% en conejos, aumentó de manera progresiva la concentración sérica de proteínas total teniendo un nivel de significancia de $p < 0,01$ y los niveles de MDA se redujeron de manera significativa al aumentar los niveles de aceite de pescado, es decir, que los niveles de ácidos grasos propios de este aceite pueden aumentar la cantidad de catalasa en el citoplasma y el peroxisoma resultando en una mejor protección frente a los radicales libres de oxígeno. A diferencia del aceite de pescado, que posee un alto contenido de ácidos grasos altamente susceptibles a oxidarse (EPA y DHA), la sacha inchi se caracteriza por tener una mayor cantidad de ALA (ácido alfa-linolénico); omega-3 con menos tasa de peroxidación, lo que hace que module el estado antioxidante de manera más controlada y leve, donde sus resultados no son medibles en la inclusión de cantidades menores al 10%, esto no sugiere un efecto negativo de la sacha inchi, sino que su nivel de suplementación no indujo cambios detectables en el suero.

3.5 Comprobación de la hipótesis

La administración de diferentes porcentajes de sacha inchi *(Plukenetia volubilis)* en la dieta de conejos no influye sobre los parámetros de desempeño productivo y capacidad antioxidante sérica, sin embargo, esta suplementación con sacha inchi si influye en la histomorfometría intestinal, alterando el parámetro de altura de las vellosidades y profundidad de la cripta.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con los resultados obtenidos se concluye que la inclusión de harina de sacha inchi *(Plukenetia volubilis)* en cantidades del 6%, 8% y 10% no provocó diferencias significativas sobre el peso final, incremento de peso, ganancia media diaria y conversión alimenticia, indicando que el desempeño productivo fue similar entre los animales que fueron suplementados con sacha inchi y el grupo control. Dado que, niveles de implementación moderados no afecta el crecimiento de los animales, ya que posiblemente la concentración de compuestos antinutricionales presentes en la sacha inchi no son lo suficientemente altos como para comprometer el aprovechamiento de nutrientes.

- La interpretación de la histomorfometría del yeyuno evidenció que la inclusión de sacha inchi modificó significativamente dos parámetros estructurales del yeyuno; la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta. Mismos que son de suma importancia para la relación V/C, la cual fue afectada en los grupos suplementados, concluyendo que la inclusión de sacha inchi modifica la estructura intestinal reduciendo su absorbancia.

- Los coeficientes de digestibilidad aparente no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, demostrando que la inclusión de sacha inchi hasta el 10% no influye en el aprovechamiento de los nutrientes en conejos en crecimiento.

- Las pruebas de capacidad antioxidante sérica (DPPH, FRAP y actividad de la catalasa) no mostraron diferencias significativas, indicando que la sacha inchi no es capaz de modificar de manera detectable cambios en el estado antioxidante sistémico de los conejos, es decir, que este suplemento no tiene un efecto negativo en el sistema antioxidante hasta el 10% de inclusión.

4.2 Recomendaciones

- Incluir porcentajes superiores al 10% para evaluar su efecto y comparar la harina con ingredientes procesados que han sido desgrasados, extruidos o tostados, ya que el tratamiento para la obtención de este producto puede influir sobre la cantidad de antinutrientes presentes.

- Evaluar marcadores oxidativos más sensibles a nivel tisular, puesto que la respuesta antioxidante puede ser mayor o más evidente en tejidos que en el propio suero.

- Evaluar en diferentes etapas fisiológicas para identificar si los efectos de la sacha inchi se intensifican o se atenúan según el estado fisiológico del conejo.

- Formular la dieta desde sus inicios para equilibrar la cantidad de nutrientes de cada alimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adrianzén, N., Rojas, C., & Linares, G. (2011). Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío. *Agroindustrial Science*, *1*(2), 46–55. https://doi.org/10.17268/agroind.science.2011.02.01

Aidos, L., Pallaoro, M., Mirra, G., Serra, V., Castrica, M., Agradi, S., Curone, G., Vigo, D., Riva, F., Balzaretti, C. M., Bellis, R. De, Pastorelli, G., Brecchia, G., Modina, S. C., Giancamillo, A. Di, Aidos, L., Pallaoro, M., Mirra, G., Serra, V., … Giancamillo, A. Di. (2023). Intestine Health and Barrier Function in Fattening Rabbits Fed Bovine Colostrum. *Veterinary Sciences 2023, Vol. 10, 10*(11). https://doi.org/10.3390/VETSCI10110657

Alanguia, G. (2022). *Principales Razas de conejos de carne* [Universidad Nacional de Educación]. https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8dcdd840-fd62-4572-a79a-012ecc9ff298/content

Alcívar, J. L., Martínez Pérez, M., Lezcano, P., Scull, I., & Valverde, A. (2020). Technical note on physical-chemical composition of Sacha inchi (Plukenetia volubilis) cake. *Cuban Journal of Agricultural Science*, *54*(1), 19–23. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802020000100019&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Alcívar-Cobeña, J., Martínez-Pérez, M., Figueroa-Toalombo, M. F., & Salazar-Salazar, L. V. (2024). Digestibilidad ileal aparente de la proteína, en pollos de engorde alimentados parcialmente con torta de sacha inchi (Plukenetia volubilis). *La Granja*, *40*(2), 141–148. https://doi.org/10.17163/LGR.N40.2024.10

Alcívar-Cobeña, J., Martínez-Pérez, M., Lezcano-Perdigón, P., Holguín-Pincay, G., Gonzáles-Vásquez, A., Valverde-Lucio, Y., & Gabriel-Ortega, J. (2020). Torta de Sacha inchi (Pluketenia volubilis) sustituto parcial de soya para alimentar pollos broiler. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias*, *3*, 1–10.

Alyileili, S. R., El-Tarabily, K. A., Belal, I. E. H., Ibrahim, W. H., Sulaiman, M., & Hussein, A. S. (2020). Intestinal Development and Histomorphometry of Broiler Chickens Fed Trichoderma reesei Degraded Date Seed Diets. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 540756. https://doi.org/10.3389/FVETS.2020.00349/BIBTEX

Ambulay, J. P., Rojas, P. A., Timoteo, O. S., Barreto, T. V., & Colarossi, A. (2020). Effect of the emulsion of Sacha Inchi (Plukenetia huayabambana) oil on oxidative stress and inflammation in rats induced to obesity. *Journal of Functional Foods*, *64*, 103631. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2019.103631

Anchundia, K. (2025). *Preferencia de consumo de arbustos forrajeros y digestibilidad aparente en conejos (Oryctolagus cuniculus) en el centro de apoyo Rio Verde - UPSE* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/82a6d0e3-a538-4b7c-b8fd-f014b0461bda/content

Ángel Cordiviola, C., & Trigo, M. S. (2022). Producción cunícola. *SEDICI*.

Arce-Cabrera, O. N., Condori-Quispe, R., Delgado-Callisaya, P. A., & Loza-Murguia, M. G. (2024). Estudio histológico de intestinos y glándulas anexas del conejo. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, *11*(1), 3–12. https://doi.org/10.36610/J.JSAAS.2024.110100003

Asitimbay, D. M. (2019). *Digestibilidad aparente de nutrientes del sacha inchi (Plukenetia Volubilis) en cerdos criollos de ceba.* [Universidad Estatal Amazónica]. https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/584

Ayala, R., & Medina, O. (2021). Actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos del aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) producido en Boyacá. *Departamento de Innovación Académica*, *XV*, 2–3. https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/95f91326-2a31-4400-9d9f-a66455a872e8/content

Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R., Quintero-Gutiérrez, A. G., Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E.,

Puga-Díaz, R., & Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP. Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *23*, 1–9. https://doi.org/10.22201/FESZ.23958723E.2020.0.244

Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, *239*(1), 70–76. https://doi.org/10.1006/ABIO.1996.0292

Bernabé, I. (2021). *Evaluación del comportamiento productivo del conejo (Oryctolagus cuniculus) en crecimiento alimentados con diferentes niveles de forraje verde hidropónico* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ee9bc494-85d6-490e-ba0f-d4d31b3322a2/content

Bimonte, D., Rodríguez, C., Casas, L., & Vedovatti, E. (2007). Anestesia general en el conejo. *REDVET*, *VIII*(7), 1–7. https://www.redalyc.org/pdf/636/63612662021.pdf

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1), 25–30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Bueno-Borges, L. B., Sartim, M. A., Gil, C. C., Sampaio, S. V., Rodrigues, P. H. V., & Regitano-d'Arce, M. A. B. (2018). Sacha inchi seeds from sub-tropical cultivation: effects of roasting on antinutrients, antioxidant capacity and oxidative stability. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(10), 4159. https://doi.org/10.1007/S13197-018-3345-1

Catalá, P., & Barragán, J. (2023, September 29). *Factores nutricionales que pueden modificar y alterar la integridad de la barrera intestinal* . Adiveter. https://www.adiveter.com/factores-nutricionales-que-pueden-modificar-y-alterar-la-integridad-de-la-barrera-intestinal/

Cisneros, M. (2013). *Influencia de cambio de jaula y lactación controlada en conejas inseminadas artificialmente e inducidas a la ovulación con*

gonadorelina y fertirelina [Universidad Autónoma Chapingo]. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/139e6424-29b0-4e65-b6d6-9054f4f8a47b/content

Cong, O. N., Viet, D. N., Kim, D. P., & Hornick, J.-L. (2022). Effects of dietary sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) oil and medicinal plant powder supplementation on growth performance, carcass traits, and breast meat quality of colored broiler chickens raised in Vietnam. *Tropical Animal Health and Production*, *54*(2). https://doi.org/10.1007/S11250-021-02994-8

Cornejo, R., & Bravo, C. (2023). *Morfometría del TGI y los órganos anexos en conejos (Nueva Zelanda) alimentados parcialmente con harina de cáscara de cacao.* http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5742

Cubas, N. (2025). *Estudios del metabolismo lipídico en hepatocitos y enterocitos aislados del genotipo de conejo IRTA-HYPLUS. Valoración de su capacidad de síntesis de ácidos grasos omega-3 LC-PUFA* [Universidad de La Laguna]. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/43042/Estudios%20de%20metabolismo%20lipidico%20en%20hepatocitos%20y%20enterocitos%20aislados%20del%20genotipo%20de%20conejo%20Irta-Hyplus.%20Valoracion%20de%20su%20capacidad%20de%20sintesis%20de%20acidos%20grasos%20omega-3%20LC-PUFA..pdf?sequence=1

Dávila, L. (2025). *Manual técnico para crianza de conejos (Oryctolagus cuniculus).* [Universidad Nacional Agraria]. https://repositorio.una.edu.ni/5016/1/tenl01d259.pdf

Delgado, D. (2021). *Comparativo entre la Tributirina y Butirato sódico sobre la respuesta productiva y la morfometría de vellosidades intestinales en pollos de carne*. Universidad Nacional Agraria La Molina. https://hdl.handle.net/20.500.12996/5096

Diaz, J. P. G., Torres, J. E. S., Fariña, G. I. G., Hidalgo, S. O. S., Núñez, J. H., Robles, F. H., Bello, M. L. G., Almaraz, E. M., & Vara, I. A. D. (2022). Productive performance and histological appearance of the small intestine and cecal appendix of rabbits fed with triticale added xylanasa. *Archivos*

Latinoamericanos de Producción Animal, *30*(Supl. 1), 147–150. https://doi.org/10.53588/ALPA.300518

Duque-Saldarriaga, J. (2016). *Digestibilidad y contenido energético de alimentos con niveles crecientes de fibra para perros* [Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/d9150ff5-56f5-425a-a2e1-7e257386281e/content

Eid, Y., El-Sood, S. A., Fawzi, A., Morsy, W. A., & Mehany, H. (2024). Effect of Dietary Supplementation of Fish Oil as a Source of Omega-3 Fatty Acid on Growth Performance and Physiological Parameters of Growing Rabbits. *Pakistan Journal of Zoology*, *56*(6), 2799–2805. https://doi.org/10.17582/JOURNAL.PJZ/20220802180824

Emery, C. (2021, October 26). *Explorando la estasis gastrointestinal en conejos*. Indevets. https://indevets-com.translate.goog/blog/cathys-critter-corner-rabbit-gastrointestinal-stasis-syndrome/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Ermayanti, N. G. A. M., Sudatri, N. W., Wirasiti, N. N., & Widhyastini, I. G. A. M. (2021). Histomorfometrik duodenum kelinci jantan setelah diberi pakan komersial disuplementasi minyak hati ikan kod. *Jurnal Biologi Udayana*, *25*(1), 87–94. https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2021.V25.I01.P10

FAO. (2023). El conejo - Nutrición y alimentación . In *El conejo* (pp. 1–30). https://www.fao.org/4/t1690s/t1690s02.pdf

FAO. (2024). *Information Sheet 1-Rabbit Meat Production-Global PRODUCTION & TRADE*. https://doi.org/10.2772/62174

FAO. (2025a). *Cría de conejos*. https://www.fao.org/4/v5290s/v5290s22.htm

FAO. (2025b, June 11). *FAOSTAT. Cantidades de producción de carne de conejos y liebres, fresca o refrigerada por país.* https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize

Fiallos, H. (2009). *Proyecto de factibilidad para el establecimiento de una empresa productora de conejos en la Sierra - Centro del Ecuador* [Universidad Técnica

de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4a33a09a-dbe0-452d-80ce-13c827df1ad7/content

Galeano Diaz, J. P., Sánchez Torres, J. E., Garrido Fariña, G. I., Santillán Hidalgo, S. O., Hernández Núñez, J., Hernández Robles, F., Garcia Bello, M. L., Morales Almaraz, E., & Domínguez Vara, I. A. (2022). Comportamiento productivo y aspecto histológico del intestino delgado y apéndice cecal de conejos alimentados con triticale adicionando xilanasa. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, *30*(Supl. 1), 147–150. https://doi.org/10.53588/ALPA.300518

García, L., & Gallego, M. C. (2022). *Análisis del uso integral del Sacha inchi (Plukenetia volubilis) en la industria de alimentos* [Universidad del Valle]. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/b1216983-1bb0-40c5-8b4d-77f544f0639b/content#:~:text=Bueno,que%20no%20se%20detectó%20tras

Garzón, W., & Castro, L. (2014). *Elaboración de bloques multinutricionales para alimentación de conejos a base de hoja de manzana (Malus doméstica) y evaluación de su efecto sobre los parámetros productivos en Nuevo Colón Boyacá* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2642/1054708275.pdf

Hadwan, M. H., Hussein, M. J., Mohammed, R. M., Hadwan, A. M., Al-Kawaz, H. S., Al-Obaidy, S. S. M., & Al Talebi, Z. A. (2024). An improved method for measuring catalase activity in biological samples. *Biology Methods & Protocols*, *9*(1), bpae015. https://doi.org/10.1093/BIOMETHODS/BPAE015

Halabí, M. T. (2009a). *Descripción de estómago e intestino delgado de conejo (Oryctolagus cuniculus) para su comparación con estómago e intestino delgado del perro*. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131078/Descripción-de-estómago-e-intestino-delgado-de-conejo-%28Oryctolagus-cuniculus%29-para-su-comparación-con-estómago-e-intestino-delgado-del-perro.pdf

Halabí, M. T. (2009b). *Descripción de estómago e intestino delgado de conejo (Oryctolagus cuniculus) para su comparación con estómago e intestino delgado*

del perro. [Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131078/Descripción-de-estómago-e-intestino-delgado-de-conejo-%28Oryctolagus-cuniculus%29-para-su-comparación-con-estómago-e-intestino-delgado-del-perro.pdf

Henao, J. C., Barreto-Cruz, O., Castañeda-Serrano, R., & Mejía, A. (2020). In vitro digestibility and degradability of diets with sacha inchi cake in ruminants. *Rev Inv Vet Perú*, *31*(4), 17637. https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.17637

INEC. (2025). *Ficha Técnica de Agricultura - Raza de conejo de carne, Gigante de Flandes*. Sistema Integrado de Consulta de Clasificaciones y Nomenclaturas (SIN). https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_agricola.php?id=02191.01.02

Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, *48*(4), 412. https://doi.org/10.1007/S13197-011-0251-1

Khen, B., Aeksiri, N., Wuthijaree, K., Ratanasut, K., Kaneko, G., & Khieokhajonkhet, A. (2021). The Impacts of Partial Replacement of Sacha Inchi Seed on Growth Performance, Fatty Acids Composition, Blood Parameters, Histological Changes, and Immune-Related Gene Expression in Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, *10*(1), 94–106. https://doi.org/10.17582/JOURNAL.AAVS/2022/10.1.94.106

Khieokhajonkhet, A., Muichanta, S., Aeksiri, N., Ruttarattanamongkol, K., Rojtinnakorn, J., & Kaneko, G. (2021). Evaluation of sacha inchi meal as a novel alternative plant protein ingredient for red hybrid tilapia (Oreochromis niloticus×O. mossambicus): Growth performance, feed utilization, blood biochemistry, and histological changes. *Animal Feed Science and Technology*, *278*. https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2021.115004

Kodahl, N. (2020). Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.)-from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta*, *251*(4). https://doi.org/10.1007/S00425-020-03377-3

Le, V.-T. T., Huynh, T. H., Chen, L.-Y., Riki, M., Praristiya, S., Lin, H.-Y., Lai, K.-H., Lee, Y.-L., Chen, L.-G., & Wang, C.-C. (2024). *Safety evaluation of Plukenetia volubilis seeds: a metabolomic profiling and network toxicology approach †*. https://doi.org/10.1039/d4ra03767g

Leite, S. M., Santos, E. M. G. S., Almeida, M. R., Oliva, N., Stevanato, G. G., Gasque, J. P. N., Ribeiro, L. B., & Castilha, L. D. (2024a). Digestive physiology of rabbits in the pre- and post-weaning phases. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, *46*, e70031. https://doi.org/10.4025/ACTASCIANIMSCI.V46I1.70031

Leite, S. M., Santos, E. M. G. S., Almeida, M. R., Oliva, N., Stevanato, G. G., Gasque, J. P. N., Ribeiro, L. B., & Castilha, L. D. (2024b). Digestive physiology of rabbits in the pre- and post-weaning phases. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, *46*, e70031. https://doi.org/10.4025/ACTASCIANIMSCI.V46I1.70031

Li, C., Chen, X., Zhang, B., Liu, L., & Li, F. (2020). Sodium butyrate improved intestinal barrier in rabbits. *Italian Journal of Animal Science*, *19*(1), 1472–1482. https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1847209;SUBPAGE:STRING:FULL

Longo, M., Thierry, F., Eatwell, K., Schwarz, T., del Pozo, J., & Richardson, J. (2018). Ultrasound and computed tomography of sacculitis and appendicitis in a rabbit. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, *59*(5), E56–E60. https://doi.org/10.1111/VRU.12602;JOURNAL:JOURNAL:17408261A;WGROUP:STRING:PUBLICATION

López, A. (2020). *Cuniculture in Peru*. ACBC. http://cuniculturaperu.blogspot.com

López Valoy, B., Almaguer Pérez, Y., Nicodemus Martín, N., García Alonso, J., Formoso-Rafferty Castilla, N., Leyva Domínguez, H., Sánchez-Martínez, Y., Verdecia Acosta, D., & García Rebollar, P. (2024). Fortalecimiento de las capacidades productivas de la cunicultura en zonas rurales vulnerables en el oriente de Cuba. *Revista Economía y Política*, *39*, 119–135. https://doi.org/10.25097/REP.N39.2024.07

Macas, G. (2016). *Utilización de diferentes niveles de semilla de Sacha inchi (Plukenetia volubilis), en conejos neozelandeses en la etapa de gestación - lactancia* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Recuperado de https://www.academia.edu/90592760/Utilizaci%C3%B3n_de_diferentes_niveles_de_semilla_de_Sacha_inchi_Plukenetia_volubilis_en_conejos_neozelandeses_en_la_etapa_de_gestaci%C3%B3n_lactancia

Makovicky, P., Tumova, E., Volek, Z., Makovicky, P., & Vodicka, P. (2014). Histological aspects of the small intestine under variable feed restriction: The effects of short and intense restriction on a growing rabbit model. *Experimental and Therapeutic Medicine*, *8*(5), 1623–1627. https://doi.org/10.3892/ETM.2014.1924

Mancini, S., & Paci, G. (2021). Probiotics in Rabbit Farming: Growth Performance, Health Status, and Meat Quality. *Animals 2021, Vol. 11, Page 3388*, *11*(12), 3388. https://doi.org/10.3390/ANI11123388

Marcillo, E. (2021). *Parámetros productivos en pollos broiler utilizando torta de Sacha inchi (Plukenetia volúbilis) como sustituto parcial de la soya (Glycine max).* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3367/1/Erick%20Marcillo%20Tesis.pdf

Maris, S. (2020). *Modificaciones morfológicas en el epitelio asociado al folículo del apéndice cecal e íleon terminal (Placa de Peyer) del conejo tras la administración parenteral de ovoalbúmina* [Universidad Nacional de Rosario]. https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/9672adf3-334a-4386-8ef7-1b15521329df/content

Martínez, J., Serrano, T., & Malamba, F. (2022). Sistemas de producción de conejos, características fisiológicas y alternativas para la alimentación. *Universidad & Ciencia*. https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2779

Martínez, Y., Iser, M., Valdivié, M., Galindo, J., & Sánchez, D. (2021). Suplementación con harina de Agave fourcroydes en el crecimiento, características de la canal, peso de los órganos, morfometría intestinal y

bioquímica sanguínea en conejos de engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12*(3), 756–772. https://doi.org/10.22319/RMCP.V12I3.5892

Martínez-Melo, J., Mazorra-Calero, C. A., Serrano-Torres, J. O., & Borroto-Pérez, A. (2022). Caracterización de los sistemas productores de conejos en el municipio Ciego de Ávila, Cuba. *CienciaUAT*, *17*(1), 139–151. https://doi.org/10.29059/CIENCIAUAT.V17I1.1585

Mayer, J. (2021a). *Nutrición de los conejos - Animales exóticos y de laboratorio* . Recuperado de https://www.msdvetmanual.com/es/animales-ex%C3%B3ticos-y-de-laboratorio/conejos/nutrici%C3%B3n-de-los-conejos

Mayer, J. (2021b, July). *Nutrición de los conejos - Animales exóticos y de laboratorio*. https://www.msdvetmanual.com/es/animales-ex%C3%B3ticos-y-de-laboratorio/conejos/nutrici%C3%B3n-de-los-conejos

Meier Bürgisser, G., Heuberger, D. M., Giovanoli, P., Calcagni, M., & Buschmann, J. (2024). Delineation of the healthy rabbit duodenum by immunohistochemistry – A short communication. *Acta Histochemica*, *126*(2), 152136. https://doi.org/10.1016/J.ACTHIS.2024.152136

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022, June 9). *Manual de condiciones de bienestar animal en la producción de conejos y/o cuyes*. https://www.minagricultura.gov.co/SIG/DocumentosSIG/12GESTION_DE_INNOVACION_DES_TECN_Y_PROTECCION_SANITARIA/Manual%20Condiciones%20de%20Bienestar%20Animal%20en%20la%20Produccio%CC%81n%20de%20Conejos%20y-o%20Cuyes%20en%20el%20Sector%20Agropecuario%20V1.pdf

Ministerio de Agroindustria. (2013). *Manual de cunicultura*. www.redbpa.org.ar

Niedernhofer, L. J., Daniels, J. S., Rouzer, C. A., Greene, R. E., & Marnett, L. J. (2003). Malondialdehyde, a Product of Lipid Peroxidation, Is Mutagenic in Human Cells. *Journal of Biological Chemistry*, *278*(33), 31426–31433. https://doi.org/10.1074/JBC.M212549200

Njoroge, J. W., Phonphimai, P., Khatmorn, P., Ketnawa, S., Tonkla, P., Vong, V., Singh, J., Kaur, L., & Donlao, N. (2025). *Valorization of Sacha Inchi press*

cake: Technological advances, market, and regulatory considerations for sustainable food applications. https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101151

Ordoñez-Olivera, S., Moreno, F. G. S., Sánchez-Aguirre, A., Campos-López, M. G., Alcázar, I. C., & Zepeda-Velázquez, A. P. (2025). La coccidiosis y los conejos (Oryctolagus cuniculus). *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, *11*(22), 31–43. https://doi.org/10.29057/ICAP.V11I22.11298

Paredes, D., Valencia, T., & Saavedra, H. (2018). Efecto de la torta de Sacha inchi (Plukenetia volubilis) precocida sobre la estructura histológica del hígado, íleon y el nivel de proteína total en sangre de pollos broiler. *CABI Digital Library*, 1–9. Recuperado de https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20173129336

Perez-Molina, S. H., Carrillo-Perez, M. del R., Chiquini-Medina, R. A., & Candelaria-Martínez, B. (2021). Ganancia de peso de conejos alimentados con bloques multinutricionales de Moringa oleifera y Morus alba. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, *8*(1), 76–81. https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/184

Pino Arteaga, L. J. (2023). *Utilización de promotores de crecimiento como el oregano (Origanum vulgare) y jengibre (Zingiber offieinale) sobre indicadores productivos en conejos.* http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13876

Red Hidrometeorologica de Tungurahua. (2025). *Meteorología Provincia Tungurahua*. https://rrnn.tungurahua.gob.ec/red/estaciones/estacion/530b84ed74daaf23bce53cee

Rogel-Rueda, J. (2023). *Evaluación del comportamiento productivo en conejos raza Nueva Zelanda alimentados parcialmente con harina de cáscara de cacao (Theobroma cacao)* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5791/1/Rogel%20Rueda%20Jerson%20David.pdf

Rojanaverawong, W., Wongmanee, N., & Hanchang, W. (2023). Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) Oil Improves Hepatic Insulin Sensitivity and Glucose

Metabolism through Insulin Signaling Pathway in a Rat Model of Type 2 Diabetes. *Preventive Nutrition and Food Science*, *28*(1), 30–42. https://doi.org/10.3746/PNF.2023.28.1.30

Rosas Abregú, G. P. (2022). *Efecto de huevo hidrolizado como aditivo en dietas iniciadoras en pollitas de postura sobre los índices productivo y vellosidad intestinal* [Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. https://hdl.handle.net/20.500.13028/3795

Ruiz, M. (2020). *Guía básica del cuidado del conejo*. 1–20. https://auxclivet.com/wp-content/uploads/2021/06/Guia-basica-del-cuidado-del-conejo-1.pdf

Sakowicz, A., Bralewska, M., Kamola, P., Pietrucha, T., Sakowicz, A., Bralewska, M., Kamola, P., & Pietrucha, T. (2022). Reliability of Rodent and Rabbit Models in Preeclampsia Research. *International Journal of Molecular Sciences 2022, Vol. 23, 23*(22). https://doi.org/10.3390/IJMS232214344

Samrit, T., Osotprasit, S., Chaiwichien, A., Suksomboon, P., Chansap, S., Suthisintong, T., Changklungmoa, N., & Kueakhai, P. (2025). Microbial effects of cold-pressed Sacha inchi oil supplementation in rats. *PLOS ONE*, *20*(2), e0319066. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0319066

Sánchez, J. (2020). *Harina de Morus alba L. como sustituto de Glycine max L. en dietas para engorde de conejos sexados Nueva Zelanda* [Universidad Estatal de Quevedo]. Recuperado de https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2de3649a-b8dd-43e2-ace9-92871edfd190/content

Selim, S., Hussein, E., Abdel-Megeid, N. S., Melebary, S. J., Al-Harbi, M. S., & Saleh, A. A. (2021). Growth Performance, Antioxidant Activity, Immune Status, Meat Quality, Liver Fat Content, and Liver Histomorphology of Broiler Chickens Fed Rice Bran Oil. *Animals 2021, Vol. 11, Page 3410*, *11*(12), 3410. https://doi.org/10.3390/ANI11123410

Serra, V., Castrica, M., Agradi, S., Curone, G., Vigo, D., Di Giancamillo, A., Modina, S. C., Riva, F., Balzaretti, C. M., De Bellis, R., Brecchia, G., &

Pastorelli, G. (2023). Antioxidant Activity of Different Tissues from Rabbits Fed Dietary Bovine Colostrum Supplementation. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, *13*(5), 850. https://doi.org/10.3390/ANI13050850

Sierżant, K., Piksa, E., Konkol, D., Lewandowska, K., & Asghar, M. U. (2023). Performance and antioxidant traits of broiler chickens fed with diets containing rapeseed or flaxseed oil and optimized quercetin. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/S41598-023-41282-3

Taipe Cuadra, R., Fernández Curi, M., Villanueva Espinoza, M. E., Gómez Bravo, C., Taipe Cuadra, R., Fernández Curi, M., Villanueva Espinoza, M. E., & Gómez Bravo, C. (2022). Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sacha inchi (Plukenetia volubilis y Plukenetia huayllabambana). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *23*(2), 2355. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL23_NUM2_ART:2355

Tan, L., Rong, D., Yang, Y., & Zhang, B. (2019). The Effect of Oxidized Fish Oils on Growth Performance, Oxidative Status, and Intestinal Barrier Function in Broiler Chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, *28*(1), 31–41. https://doi.org/10.3382/JAPR/PFY013

Tipán, J. (2019). *Utilización de pasta de Sacha inchi (Plukenetia volubilis l.) en la alimentación de cuyes de engorde en el Centro Experimental Académico Salacha, Provincia de Cotopaxi* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. Recuperado de https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c0d67808-8296-4e0e-b476-ca0fbf6b6c2c/content

Tosado-Martínez, T., Domenech-Pérez, K., & Sánchez-Rodríguez, H. (2021a). Efecto de la raza paterna y sexo de las crías en el crecimiento de conejos hasta las 13 semanas de edad. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, *105*(1), 63–72. https://doi.org/10.46429/JAUPR.V105I1.19642

Tosado-Martínez, T., Domenech-Pérez, K., & Sánchez-Rodríguez, H. (2021b). Rendimiento comparativo de componentes de la canal de conejos F1 de padre Nueva Zelanda Rojo o Gigante de Flandes. *The Journal of Agriculture of the*

University of Puerto Rico, 49–61. https://revistas.upr.edu/index.php/jaupr/article/view/19635/17100

Trigo, M. S. (2020). *Nutrición proteica de conejos en engorde. Indicadores productivos y parámetros de calidad de res y carne.* [Universidad Nacional de La Plata]. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/150832/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Universidad Técnica de Ambato. (2025, April). *Campus Universitario – UTA*. https://uta.edu.ec/campus-universitario/

Valencia, A. (2023). *Indicadores productivos y económicos en pollos parrilleros sustituyendo parcialmente la soya (Glycine max L. Merr.) por torta de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.)* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5801/1/Valencia%20Bailón%20Antonio%20Adolfo.pdf

Vargas, P. A. T., Abarca, C. V., Berrones, H. D., & Chela, A. M. (2022). Promotores naturales de crecimiento en la producción de conejos. *RECIENA*, *2*(1), 20–28. https://doi.org/10.47187/2BJJM510

Viamonte, M. I., Tipanquiza, M., Tintín, C., Sánchez, J., Caicedo, W., Ramírez, A., & Vargas, J. (2020a). Apparent digestibility of a diet including sacha inchi (Plukenetia volubilis L) seed meal in growing creole pigs[Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L) en cerdos criollos de crecim…. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, *31*(4). https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I4.19245

Viamonte, M. I., Tipanquiza, M., Tintín, C., Sánchez, J., Caicedo, W., Ramírez, A., & Vargas, J. (2020b). Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de Sacha inchi (Plukenetia volubilis L) en cerdos criollos de crecimiento. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, *31*(4). https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I4.19245

Villamar, R. (2023). *Efecto de la utilización de diferentes niveles de levadura de cerveza (Saccharomyces spp) en el desempeño productivo en conejos (Oryctolagus cuniculus) de crecimiento* [Universidad Técnica de Babahoyo]. https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/96a53e82-8803-46f9-8304-1a7c4c90930d/content

Villamarin, A. (2020). *Niveles de inclusión de harina de Tithonia diversifolia en el engorde de Oryctolagus cuniculus sexados* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cc6213ca-e110-4226-a184-5564b74c8467/content

Wang, J., Wu, Y., Zhou, T., Feng, Y., & Li, L. A. (2025). Common factors and nutrients affecting intestinal villus height -A review. *Animal Bioscience*, *38*(8), 1557. https://doi.org/10.5713/AB.25.0002

Wang, Z., He, H., Chen, M., Ni, M., Yuan, D., Cai, H., Chen, Z., Li, M., & Xu, H. (2023). Impact of coprophagy prevention on the growth performance, serum biochemistry, and intestinal microbiome of rabbits. *BMC Microbiology 2023 23:1*, *23*(1), 125-. https://doi.org/10.1186/S12866-023-02869-Y

ANEXOS

Anexo 1. *Limpieza y adecuación del galpón para el experimento*





Anexo 2. *Construcción de jaulas*







Anexo 3. *Instalación del sistema de agua y desinfección de comederos*





Anexo 4. *Pesaje de ingredientes para realizar una muestra de cada tratamiento y analizarlo*







***Anexo 5**. Realización del balanceado con distinto porcentaje de sacha inchi*

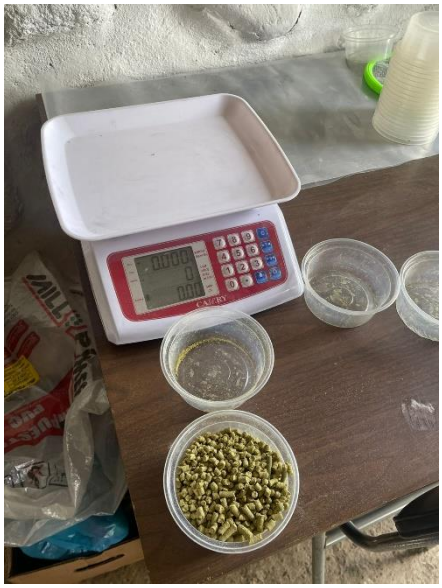




***Anexo 7.** Toma de pesos iniciales*



***Anexo 6.** Pesaje de balanceado diario previo a administrar*



Anexo 8. *Montaje del experimento*





Anexo 9. *Toma de pesos semanales y procesamiento de datos en Excel*



Anexo 10. *Adecuación de jaulas para recoger heces*





Anexo 11. *Pesaje de heces, colocación en la incubadora e identificación de muestras*







Anexo 12. *Molida de heces y preparación de muestras para colocarlas en el digestor de fibra*





Anexo 13. *Protocolo de sedación y toma de muestras*





Anexo 14. *Faenamiento*

