



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TÍTULO

Efecto de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) residual sobre los parámetros productivos y calidad de la canal en conejos

Para obtener el grado de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

PRESENTA:

Magali Yamile Salvador Jiménez

Directora:

Dra. Maricela Ayala Martínez

Co-Director:

Dr. Sergio Soto Simental

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo., a 09 de febrero 2026



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Institute of Agricultural Sciences
Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Academic Area of Veterinary Medicine and Zootecnicis

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo., a 10 de marzo de 2026
Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia **Magali Yamile Salvador Jiménez**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Efecto de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) residual sobre los parámetros productivos y calidad de la canal en conejos”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

DIRECTORA Dra. Maricela Ayala Martínez

CODIRECTOR Dr. Sergio Soto Simental

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinador del Programa de
Medicina Veterinaria y Zootecnia

C.c.p. Archivo

“Amor, Orden y Progreso”



Av. Universidad No. 133, Col. San Miguel Huatengo, Santiago
Tulantepec. C.P. 43775. Hidalgo, Mexico.
Teléfono: 7717172000 Ext. 42105
alfonso_munoz@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Dedicatoria

A mi familia, por ser el cimiento sobre el cual he construido mis sueños. A ustedes les debo no solo la oportunidad de estudiar, sino también la fortaleza para continuar cuando el camino se volvió difícil. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por escucharme en los momentos de cansancio y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Su amor, comprensión y confianza me han sostenido más de lo que las palabras pueden expresar.

A mi abuelita Tuti, gracias por tu amor inagotable, por cada abrazo que me devolvió la calma y por cada palabra que me recordó que jamás estoy sola. Gracias por tu comprensión, por tu ternura y por enseñarme que los sueños se construyen también con paciencia y bondad. Tu presencia ha sido un refugio y una guía; tu cariño, una fuerza silenciosa que me impulsó a seguir adelante incluso en los días más complicados. Todo lo que soy y lo que he logrado lleva un pedacito de tu corazón.

A mis padres, Maricela y Galileo, quienes con amor incondicional, esfuerzo constante y sacrificios silenciosos me brindaron las herramientas necesarias para llegar hasta este momento tan significativo en mi vida; su trabajo diario, su ejemplo de responsabilidad y su fortaleza ante cada dificultad han sido el cimiento sobre el cual he construido mis logros, enseñándome el valor de la perseverancia, la disciplina y la fe en mis propios sueños. Gracias por impulsarme a seguir adelante incluso cuando el camino parecía incierto, por confiar en mí aun en mis momentos de duda y por recordarme siempre que la familia es ese lugar seguro al que se puede volver sin miedo, sin juicios y con el corazón abierto; cada palabra de aliento, cada consejo oportuno y cada gesto de apoyo me acompañaron a lo largo de este recorrido académico, convirtiéndose en la fuerza que sostuvo mis pasos y en la inspiración que hoy me permite alcanzar esta meta que también es, sin duda, de ustedes.

A mi amado José Daniel, quien fue mi refugio y mi compañero en los momentos más desafiantes. Gracias por tu amor, tu paciencia y tu infinita comprensión. Gracias por acompañarme en los desvelos, por escuchar mis preocupaciones, por motivarme a seguir cuando sentía que ya no podía más y por recordarme con ternura todo lo que soy capaz de lograr. Tu presencia hizo que este proceso no solo fuera más llevadero, sino también más significativo. Este logro también es tuyo, porque estuviste a mi lado en cada paso del camino.

A todos ustedes, gracias por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida. Cada palabra de aliento, cada gesto de cariño y cada momento compartido han dejado una huella profunda en mí. Este logro no es solo mío: es el reflejo de todo el amor, el apoyo y la confianza que he recibido.

Agradecimientos

A mis directores de tesis, la Dra. Maricela Ayala Martínez y el Dr. Sergio Soto Simental, les expreso mi más sincero agradecimiento. Su orientación, paciencia y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Gracias por sus enseñanzas, por su tiempo y por compartir conmigo no solo su conocimiento, sino también su pasión por la investigación y la enseñanza. Su guía me ayudó a crecer no solo como estudiante, sino también como persona, enseñándome el valor de la disciplina, la curiosidad científica y el rigor académico.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
El conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	4
Taxonomía	5
Fisiología digestiva y nutrición.....	6
Cavidad oral: masticación y función salival	6
Estómago	7
Intestino delgado.....	7
Ciego.....	7
Colon.....	8
Cecotrofia	8
Relación entre el microbioma y la salud digestiva	9
Papel del conejo en la investigación científica	10
Situación de la cunicultura en México.....	11
Sustentabilidad y economía circular en la alimentación animal	13
Uso de subproductos agroindustriales en la nutrición de conejos	14
El brócoli: características botánicas y valor nutricional	15
Compuestos bioactivos y posibles limitantes del brócoli	16
Estudios previos del uso de brócoli en alimentación animal	17
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVO GENERAL.....	20
HIPÓTESIS	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Delimitación del estudio	22
Ubicación.....	22
Obtención de la materia vegetal.....	22
Tratamientos y diseño experimental	22
Parámetros productivos.....	23
Calidad de la canal.....	24
Calidad de la carne.....	24
Color	24

Análisis de datos	24
RESULTADOS	26
Peso semanal.....	26
Ganancia de peso	27
Consumo de alimento	27
Características de la canal.....	28
Calidad de la carne.....	30
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	36
LITERATURA CONSULTADA	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dietas utilizadas para alimentar conejos con harina de brocoli, durante la engorda.....	23
Tabla 2. Peso semanal (g) de conejos alimentados con brócoli de desecho	26
Tabla 3. Ganancia de peso (g) de conejos alimentados con brócoli de desecho, durante la engorda	27
Tabla 4. Consumo de alimento (g) semanal de conejos alimentados con brócoli de desecho, durante la engorda.....	28
Tabla 5 Calidad de la canal caliente de conejos alimentados con brócoli.	29
Tabla 6. Calidad de la canal fría de conejos alimentados con brócoli.....	31
Tabla 7. Calidad de la carne de conejos alimentados con brócoli.	32

ABREVIATURAS

AGV Ácidos grasos volátiles

ANOVA Análisis de varianza

BT1 Tratamiento con 0 % de inclusión de brócoli

BT2 Tratamiento con 10 % de inclusión de brócoli

BT3 Tratamiento con 20 % de inclusión de brócoli

DDGS Granos secos de destilería (Distillers Dried Grains with Solubles)

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FDN Fibra detergente neutro

ICA Índice de conversión alimenticia

MEE Media del error estándar

OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

SAS Statistical Analysis System

SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

SENASICA Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

T3 Triyodotironina

T4 Tiroxina

RESUMEN

El uso de desperdicios alimenticios es una alternativa que reduce costos en la alimentación animal, por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de brócoli de desecho (*Brassica oleracea var. Itálica*) en la alimentación de 81 conejos de raza California x Nueva Zelanda, asignados a tres tratamientos, con diferentes niveles de inclusión de brócoli (0%, 10%, y 20%). Durante 28 d se midió el consumo de alimento y peso de los animales, con lo cual, se comprobó que su uso es factible, debido a que disminuye el consumo de alimento sin afectar la ganancia de peso, especialmente en las primeras etapas del desarrollo de los animales, debido a su alto contenido de principios bioactivos. Estos resultados sugieren que el brócoli de desecho, podría ser una alternativa viable para mejorar la eficiencia en la producción cunícola, aprovechando residuos agrícolas y reduciendo el desperdicio de alimento.

INTRODUCCIÓN

La sobrepoblación constituye uno de los desafíos más significativos del siglo XXI, debido a su impacto directo en los sistemas ambientales, sociales y económicos a nivel global. Este fenómeno ocurre cuando el crecimiento demográfico supera la capacidad de los recursos disponibles, generando una presión constante sobre la infraestructura, los servicios públicos y el entorno natural. De acuerdo con proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas, para el año 2050 la población mundial alcanzará aproximadamente 9.8 mil millones de personas, lo que representa un incremento cercano al 33 % respecto a la población actual (Organización de las Naciones Unidas, 2022). Este crecimiento demográfico implica un aumento considerable en la demanda de alimentos, particularmente de productos de origen animal, estimándose un incremento del 17% hacia el año 2034, impulsado principalmente por el crecimiento de los países de ingresos medios y los cambios en los patrones de consumo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Secretario General de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 2025, pp. 25–29).

Atender esta creciente demanda alimentaria representa un reto complejo, ya que el sector agropecuario, responsable de una proporción significativa del abasto mundial de alimentos, es también uno de los principales generadores de impacto ambiental. Entre los efectos más relevantes se encuentran las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso intensivo de agua y la degradación del suelo (Ritchie et al., 2022). En este contexto, resulta indispensable replantear los modelos productivos tradicionales y avanzar hacia sistemas más eficientes y resilientes, capaces de incrementar la productividad sin comprometer la disponibilidad futura de los recursos naturales.

Ante este panorama, la economía circular, también denominada economía verde, ha cobrado relevancia como un modelo productivo alternativo al sistema lineal tradicional basado en tomar, producir y desechar. Este enfoque promueve la reducción, reutilización, reciclaje y regeneración de los recursos (Parlamento Europeo, 2023), y se ha posicionado como una estrategia clave para mejorar la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. En el ámbito pecuario, la economía circular impulsa prácticas orientadas a optimizar el uso de insumos, reducir la generación de residuos y disminuir el impacto ambiental asociado a la producción animal.

Particularmente en la alimentación animal, la economía circular favorece el aprovechamiento de subproductos y residuos agroindustriales que no cumplen con los estándares para el consumo humano, pero que conservan un valor nutricional aprovechable. La incorporación de estos materiales en dietas balanceadas permite reducir los costos de producción, fortalecer la vinculación entre los sectores agrícola y pecuario y disminuir la huella de carbono asociada al transporte y manejo de insumos, contribuyendo tanto a la sostenibilidad ambiental como a la viabilidad económica de los sistemas productivos (Lorenzo Kómová et al., 2023).

Dentro de este marco, la cunicultura se posiciona como una alternativa estratégica para la producción sostenible de proteína animal. El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) se caracteriza por su alto rendimiento productivo y su elevada eficiencia en la conversión alimenticia, además de una canal con carne de gran calidad nutricional. Su carne posee un alto contenido de proteínas y aminoácidos esenciales, así como concentraciones significativas de calcio, fósforo, potasio y ácidos grasos poliinsaturados. Presenta también un moderado nivel de sodio, bajo contenido de grasas totales y saturadas y un reducido porcentaje de colágeno, factores que favorecen la digestibilidad, fortalecen el sistema inmunológico y refuerzan su valor nutricional (Cossu & Capra, 2014). Estas características lo convierten en una opción viable para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional, especialmente en sistemas de pequeña y mediana escala. Además, la producción cunícola requiere menor espacio, menor consumo de agua y genera menos emisiones en comparación con otras especies pecuarias, lo que favorece su implementación en comunidades rurales y sistemas productivos de bajo costo (Garduño Millán et al., 2019).

En este contexto, el uso de desperdicios alimentarios y residuos vegetales surge como una estrategia pertinente para abaratar los costos de alimentación en la cunicultura. El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), perteneciente a la familia Brassicaceae, destaca por su alto valor nutricional, ya que aporta vitaminas A, C y del complejo B, además de compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes (Valero Gaspar et al., 2018). En México, la producción anual de brócoli supera las 630 mil toneladas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2023); sin embargo, su corta vida de anaquel, estimada en aproximadamente 10 días, propicia el descarte de grandes volúmenes durante los procesos de cosecha, selección y comercialización, contribuyendo de manera significativa al desperdicio de alimentos y a pérdidas económicas considerables.

Si bien este material vegetal no se destina al consumo humano debido a las modificaciones en sus características organolépticas, continúa siendo apto y mantiene un valor nutricional significativo, lo que posibilita su utilización en la alimentación animal, particularmente en especies como el conejo. Por tal motivo en esta investigación se busca la incorporación de brócoli residual en dietas para conejos, como una alternativa viable para reducir la dependencia de insumos industriales balanceados, optimizar los costos de producción y fomentar sistemas productivos locales más eficientes y sostenibles, en concordancia con los principios de la economía circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

REVISIÓN DE LITERATURA

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*)

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es un mamífero perteneciente al orden *Lagomorpha* y la familia *Leporidae*, con un cuerpo compacto cubierto de pelaje, orejas largas, extremidades posteriores fuertes y cola corta, adaptaciones que favorecen la locomoción ágil y la evasión de depredadores (University of Michigan, 2025). Es herbívoro estricto y consume principalmente pastos y plantas herbáceas; posee un sistema digestivo especializado y practica la cecotrofia, mecanismo que optimiza el aprovechamiento de nutrientes presentes en dietas ricas en fibra.

Las razas de conejos medianas alcanzan la madurez sexual entre los 4 y 4.5 meses de edad; las razas gigantes entre los 6 y 9 meses; mientras que las razas pequeñas, pueden hacerlo desde los 3.5 hasta los 4 meses. En esta especie, la ovulación es inducida por el coito y no se desencadena mediante ciclos hormonales regulares como ocurre en otras especies. Las hembras presentan un ciclo de receptividad al apareamiento caracterizado por su disposición sexual durante aproximadamente 14 de cada 16 días, la cual puede identificarse visualmente: cuando el tejido vaginal se observa húmedo y con tonalidad rojiza, la hembra se encuentra en condiciones óptimas para la cópula; en contraste, una coloración rosada pálida y la ausencia de humedad indican falta de receptividad (McClure, 2020). La gestación puede confirmarse a partir del día 12 posterior a la monta mediante palpación abdominal, técnica que permite identificar la presencia de embriones. Asimismo, es frecuente la aparición de gestaciones falsas, en las que la coneja manifiesta signos fisiológicos y comportamentales de preñez sin que exista fecundación real.

El periodo de gestación presenta una duración promedio de 31 a 33 días, tras el cual se producen camadas de aproximadamente 10 a 12 crías. Los gazapos duplican su peso durante la primera semana de vida alimentándose exclusivamente de la leche materna y, hacia la octava semana, su masa corporal puede incrementarse hasta 28 veces respecto al peso neonatal. Esta elevada eficiencia reproductiva favorece una rápida dinámica de reemplazo poblacional y constituye uno de los atributos biológicos más significativos de la especie (Organización de las Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación, Fao, 2000).

En estado silvestre, los conejos ocupan madrigueras y conforman estructuras jerárquicas que condicionan tanto la supervivencia individual como el éxito reproductivo (Davies & Rees

Davies, 2003). Bajo condiciones de cautiverio, su expectativa de vida puede alcanzar hasta nueve años; sin embargo, en libertad esta se ve considerablemente reducida debido a la presión de depredadores, la variabilidad ambiental y la disponibilidad de recursos.

La presencia del conejo en México antecede al periodo colonial, ya que diversas especies silvestres del género *Sylvilagus* y *Romerolagus* formaron parte de la alimentación y de la vida cultural de las civilizaciones mesoamericanas. Entre ellas, destaca el teporingo o zacatuche (*Romerolagus diazi*), especie endémica de las zonas altas del Eje Neovolcánico Transversal, la cual fue representada en códices prehispánicos y asociada simbólicamente con conceptos de fertilidad, abundancia y fuerza en distintas sociedades mesoamericanas (Taladoire, 2018). Durante este periodo, el conejo fue utilizado principalmente para consumo familiar mediante caza de subsistencia, sin existir aún un sistema de producción formal.

Tras la colonización y el contacto con Europa, llegaron a México razas domésticas de mayor tamaño y con mejores características productivas, lo que impulsó la transición de la simple captura al manejo en confinamiento. No obstante, fue hasta finales del siglo XIX y principios del XX cuando la cunicultura comenzó a cobrar relevancia económica, especialmente en zonas rurales, como una alternativa pecuaria de bajo costo y rápida reproducción, adecuada para familias con recursos limitados y espacios reducidos (Quintero Sánchez et al., 2024).

En la década de 1970 el gobierno mexicano implementó el programa “Paquetes familiares” orientados al fomento de la producción cunícola, con el propósito de incrementar la disponibilidad de proteína de origen animal y mejorar la seguridad alimentaria en áreas marginadas (Lebas et al., 1986). Durante este periodo, se introdujeron razas como Nueva Zelanda, California y Chinchilla, que actualmente constituyen la base genética de la mayoría de los sistemas productivos en el país (Gómez Soto, 2019). Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, el desarrollo del sector ha sido heterogéneo debido a limitaciones en asistencia técnica, acceso a insumos, organización comercial y canales de distribución.

Taxonomía

- Reino: Animalia
- Phylum: Craniata
- Clase: Mammalia

- Orden: Lagomorpha
- Familia: Leporidae
- Género: *Oryctolagus*
- Especie: *cuniculus*
- Nombre científico: *Oryctolagus cuniculus* Linnaeus,

Fisiología digestiva y nutrición

La fisiología digestiva de esta especie presenta adaptaciones anatómicas y funcionales dirigidas al aprovechamiento eficiente de dietas ricas en fibra vegetal (Cuéllar Salas, 2013). A diferencia de otros herbívoros, como los rumiantes, concentra la fermentación microbiana en el ciego, motivo por el cual se clasifica dentro de los fermentadores de intestino posterior (Leite et al., 2024). Esta especialización fisiológica posibilita la degradación de polisacáridos estructurales como celulosa y hemicelulosa, mediante una simbiosis microbológica que favorece la obtención de energía y la asimilación de nutrientes contenidos en materias primas de baja densidad nutricional.

Desde la perspectiva anatómica, el aparato digestivo comprende cavidad oral, esófago, estómago, intestino delgado, ciego, colon y recto. Cada estructura ejerce funciones específicas dentro de una secuencia continua de transformación mecánica, química y microbológica del alimento. Este proceso inicia con la aprehensión e ingestión y culmina con la excreción de dos tipos de deyecciones: heces duras y cecótrofos, estos últimos esenciales para la recuperación secundaria de nutrientes.

Cavidad oral: masticación y función salival

La fisiología oral se encuentra estrechamente vinculada a la naturaleza fibrosa de la dieta, la especie presenta dentición elodonta (crecimiento continuo), condición indispensable para contrarrestar el desgaste ocasionado por la trituración prolongada de tallos herbáceos (Bertonier-Brouty et al., 2020). Los incisivos se especializan en la sección del material vegetal, mientras que premolares y molares realizan una molienda lateral que facilita la fragmentación mecánica de las fibras, favoreciendo la digestibilidad enzimática posterior.

La masticación estimula la secreción salival, aunque esta se caracteriza por su baja actividad amilolítica (Böhmer, 2015). Su función principal está orientada a la lubricación del bolo alimenticio, la estabilización del pH oral y la protección de mucosas. Debido a ello, la digestión de carbohidratos estructurales no se inicia en la cavidad oral, sino que depende de la fermentación microbiana desarrollada en el intestino grueso.

Estómago

El estómago es simple y glandular, con un pH que oscila entre 1-2 durante el ayuno, incrementándose de forma transitoria tras la ingestión. Sus funciones esenciales incluyen el almacenamiento temporal, la desnaturalización proteica y el control de la carga microbiana ingerida mediante la acción del ácido clorhídrico (Dukes & Reece, 2009). La rápida evacuación gástrica se correlaciona con la naturaleza fraccionada de la ingesta y con el comportamiento alimentario continuo característico de la especie.

Una particularidad anatómica relevante es la imposibilidad funcional de vomitar, atribuible a la morfología de los cardias y a la disposición del esófago. Esta condición incrementa la susceptibilidad a patologías asociadas a estasis gastrointestinal, especialmente cuando existen alteraciones en la motilidad o dietas carentes de fibra adecuada (M-Soliman et al., 2020).

Intestino delgado

En el intestino delgado ocurre la digestión enzimática principal y la absorción primaria de proteínas, lípidos y carbohidratos no estructurales. Enzimas pancreáticas y sales biliares actúan sobre los nutrientes, cuya absorción se produce principalmente en yeyuno e íleon. Aunque la eficiencia de absorción es elevada, permanece limitada frente a la composición vegetal insoluble de la dieta, lo que explica el tránsito de fracciones no degradadas hacia el intestino grueso (Carabaño et al., 2010).

Ciego

El ciego constituye la región más desarrollada del sistema digestivo y puede contener hasta el 40% del volumen total del contenido gastrointestinal. Su función es equivalente a una cámara de fermentación, habitada por microbiota diversa integrada por bacterias celulolíticas, protozoos y hongos simbiotes. La fermentación cecal produce ácidos grasos volátiles (AGV)

—acetato, propionato y butirato— que representan una fuente energética esencial (Velasco-Galilea et al., 2018).

Este órgano participa también en la síntesis de vitaminas del complejo B, vitamina K y aminoácidos microbianos, derivados del nitrógeno dietario y de la biomasa bacteriana. Gracias a este proceso, el conejo aprovecha nutrientes que otros monogástricos eliminarían sin asimilar, reforzando la relevancia biológica del ciego dentro de la fisiología digestiva (Gidenne et al., 2008).

Colon

El colon ejecuta un proceso selectivo controlado por movimientos peristálticos y antiperistálticos mediados por la estructura denominada *fusus coli*, considerada el marcapasos intestinal (Möller et al., 2002). Este segmento clasifica los residuos digestivos según su tamaño y densidad: las Fibras largas y partículas voluminosas: Se dirigen a la formación de heces duras, posteriormente eliminadas al exterior, mientras que las Partículas finas y compuestos fermentables se redirigen al ciego para continuar su aprovechamiento microbiano.

Dicho mecanismo asegura una optimización funcional del aprovechamiento de la fibra y conserva la estabilidad ecológica del microbioma cecal.

Cecotrofia

La cecotrofia representa un proceso fisiológico fundamental en la biología digestiva del conejo y constituye uno de los rasgos que mejor explican su eficiencia en la utilización de dietas ricas en fibra. A diferencia de otros mamíferos, el conejo es un herbívoro monogástrico con fermentación posterior, lo que significa que la degradación microbiana de los componentes vegetales ocurre principalmente en el ciego (Romero Martín, 2008). En este órgano, la fibra fermentable es transformada mediante la acción de un microbiota altamente especializado, produciendo cecotrofos, heces blandas y nutritivas recubiertas por una mucosa protectora que impide su digestión en la boca y permite que lleguen intactas al estómago para ser procesadas nuevamente. Estos son ingeridos directamente del ano en un acto reflejo y rítmico generalmente nocturno, y aportan proteínas microbianas de alta calidad, vitaminas del complejo B, vitamina K, ácidos grasos volátiles, minerales y aminoácidos esenciales,

nutrientes que no son obtenidos de forma suficiente en el tránsito intestinal primario (Cheeke & Dierenfeld, 2010).

Este mecanismo no solo incrementa la eficiencia alimentaria, sino que también optimiza el metabolismo energético y el aprovechamiento nitrogenado, aspectos cruciales para el crecimiento, la reproducción y la supervivencia tanto en condiciones silvestres como de manejo productivo. Además, la cecotrofia desempeña un papel central en la estabilidad del microbiota intestinal, regulando el equilibrio ecológico del sistema digestivo y reforzando la integridad inmunológica del hospedador. La interrupción de este proceso ya sea por enfermedades, estrés, dietas inadecuadas o manejo deficiente, se asocia con desbalances nutricionales, enteropatías, disminución del rendimiento productivo y alteraciones conductuales, lo que evidencia su importancia como indicador de bienestar animal. En conjunto, la cecotrofia constituye un componente indispensable para comprender la fisiología digestiva del conejo y su aprovechamiento como especie doméstica y como organismo modelo en investigación biomédica, donde su particular sistema digestivo resulta relevante en estudios sobre microbiota, nutrición y fisiopatología gastrointestinal (Oliveira, 2021).

Relación entre el microbioma y la salud digestiva

El microbioma intestinal del conejo constituye un eje central en la regulación de su salud digestiva y general, debido a su papel activo en los procesos metabólicos, inmunológicos y estructurales del tracto gastrointestinal. Integrado por una comunidad diversa de bacterias, protozoarios y hongos, este ecosistema microbiano reside principalmente en el ciego, donde participa en la fermentación de la fibra dietaria y en la producción de metabolitos clave, como ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato) (Carrizo Martín, 2033). Estos compuestos no solo representan una fuente importante de energía para el epitelio intestinal, sino que también intervienen en el mantenimiento de la integridad de la mucosa, la modulación del pH luminal y la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos. Además, el microbioma contribuye a la síntesis de vitaminas del complejo B y vitamina K, elementos fundamentales para el metabolismo celular y procesos de coagulación (Velasco Galilea, 2016).

La estabilidad y diversidad del microbioma están estrechamente vinculadas con el bienestar fisiológico del conejo; alteraciones significativas en su composición —conocidas como

disbiosis— pueden desencadenar procesos inflamatorios, enterocolitis, disminución en la absorción de nutrientes y fallos en el sistema inmunitario (Santos-Ricalde et al., 2023). Factores como el estrés, el uso inadecuado de antibióticos, el cambio repentino de dieta o el manejo deficiente pueden comprometer ese equilibrio ecológico y favorecer la proliferación de agentes oportunistas como *Clostridium sp.* o *Escherichia coli*, aumentando el riesgo de patologías digestivas de alto impacto productivo (Muñoz Chela, 2021). Por lo tanto, el estudio y manejo del microbioma intestinal resulta indispensable para comprender la fisiología digestiva del conejo, diseñar estrategias de alimentación funcional, optimizar programas de salud preventiva y, en contextos de investigación biomédica, explorar su potencial como modelo para el análisis de trastornos gastrointestinales, inmunomodulación y la interacción huésped-microbiota.

Papel del conejo en la investigación científica

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) se ha consolidado como uno de los modelos biológicos más valiosos en investigación científica debido a una combinación de características anatómicas, fisiológicas y reproductivas que facilitan su uso experimental. Su tamaño corporal intermedio, mayor que el de pequeños roedores, pero menor que el de especies de mayor envergadura, permite la realización de procedimientos clínicos y quirúrgicos con relativa facilidad, así como la obtención de muestreos seriados sin comprometer el bienestar del individuo (Esteves et al., 2018). Esta particularidad resulta especialmente útil en estudios fisiológicos complejos, donde es necesario realizar evaluaciones repetidas de parámetros biológicos a lo largo del tiempo.

Por otra parte, la fisiología y la respuesta inmunológica del conejo han mostrado similitudes relevantes con la de los humanos en distintos aspectos, lo que ha permitido su utilización en investigaciones cardiovasculares, inmunológicas, infecciosas y en el desarrollo de vacunas, terapias y biomateriales (Mapara et al., 2012). Su organismo ha sido empleado para estudiar procesos de inflamación, respuesta a agentes patógenos y mecanismos de reparación tisular que resultan comparables, en ciertos contextos, a los observados en modelos humanos.

Además, el comportamiento dócil de esta especie y su elevada eficiencia reproductiva contribuyen a que el conejo sea un candidato adecuado para la cría en bioterios. Estos ambientes controlados permiten la generación de líneas experimentales estandarizadas, reduciendo la variabilidad biológica no deseada y mejorando la reproducibilidad de los

estudios. Gracias a estas características, el conejo ha sido ampliamente utilizado en disciplinas como la fisiología, la farmacología, la toxicología y la medicina regenerativa, aportando de manera significativa al progreso biomédico en ámbitos donde otros modelos animales presentan limitaciones metodológicas o fisiológicas (Andronowski et al., 2021).

Situación de la cunicultura en México

En México, la cunicultura se caracteriza por ser una actividad ganadera principalmente familiar y de pequeña escala; sin embargo, conviven con ella sistemas semitecnificado y tecnificado que buscan consolidar la producción comercial (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2020). La producción nacional de carne de conejo, aunque modesta a nivel internacional, se ha mantenido estable con alrededor de 4 500 toneladas anuales y una tendencia de crecimiento gradual (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020). Esta proteína destaca por su bajo contenido de grasa y colesterol, alto aporte proteico y buena digestibilidad, cualidades que la posicionan como una opción saludable y con potencial para el desarrollo económico, especialmente en zonas rurales y periurbanas.

No obstante, la expansión del sector se ve limitada por retos estructurales. La actividad continúa siendo marginal frente a otras proteínas de mayor consumo, y buena parte de la producción se destina al autoconsumo o a mercados locales, sin lograr una presencia significativa en cadenas comerciales amplias (Vélez Izquierdo et al., 2021). Asimismo, la comercialización formal es reducida y persisten necesidades de fortalecimiento en infraestructura de procesamiento, cadenas de valor, manejo sanitario y acceso a mercados especializados. A nivel sociocultural, iniciativas recientes —como festivales regionales y campañas de divulgación— han comenzado a posicionar la carne de conejo como un producto diferenciado, promoviendo su consumo y articulación productiva.

En el estado de Hidalgo, la cunicultura representa una alternativa productiva de interés para pequeños y medianos productores rurales debido a su bajo requerimiento espacial, ciclos reproductivos cortos y demanda de mano de obra local. El gobierno estatal, a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, ha implementado programas de fomento como la entrega de paquetes cunícolas, apoyo en infraestructura básica y acompañamiento técnico para promover la vinculación con cadenas pecuarias (Organización de las Naciones Unidas

para la Alimentación y la Agricultura & Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2014). Hidalgo se ubica entre las entidades con mayor número de unidades de producción registradas en el país, concentrando más de 274 mil ejemplares en cerca de mil unidades productivas, dentro de un estimado nacional superior al millón de conejos en producción.

La estructura productiva hidalguense se basa mayoritariamente en sistemas familiares orientados al abasto local de carne, venta de pie de cría y comercialización directa. Esta configuración refleja la importancia de la actividad como estrategia de diversificación económica y fuente accesible de proteína para la seguridad alimentaria (Pedrero Alonso et al., 2022). Además, productores de la entidad participan en espacios regionales de capacitación, donde se intercambian conocimientos y se promueven buenas prácticas sanitarias para mejorar la productividad.

Sin embargo, persisten retos relevantes, entre ellos el acceso limitado a mercados formales, la insuficiente asistencia técnica especializada y la necesidad de fortalecer la bioseguridad para reducir riesgos sanitarios (Martínez Castillo & Jiménez Castillo, 2020). En consecuencia, el panorama estatal combina oportunidades y desafíos: mientras existe un marco institucional para su crecimiento, se requiere mayor tecnificación, organización productiva y articulación comercial para consolidar su competitividad.

En cuanto a la región del Valle de Tulancingo —conformada por municipios como Tulancingo de Bravo, Santiago Tulantepec, Cuauhtepac de Hinojosa, Acatlán, Metepec y Singuilucan— la actividad cunícola se desarrolla principalmente en sistemas familiares y de traspatio, con producción destinada al autoconsumo y a mercados locales. Su viabilidad se sustenta en el bajo requerimiento de insumos, el reducido uso de espacio y el valor nutricional del producto. Paralelamente, se han implementado acciones gubernamentales como la entrega de reproductores y módulos de manejo para fortalecer la genética y la capacidad productiva de las unidades rurales.

El impulso regional también incluye programas de capacitación y promoción de buenas prácticas sanitarias, orientados a disminuir pérdidas asociadas a enfermedades y a mejorar la calidad del producto (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), 2019, pp. 1–62). Aun así, persisten limitantes relacionadas con la escasa

articulación hacia mercados formales, la necesidad de reforzar protocolos de bioseguridad y la ausencia de cadenas productivas consolidadas. Por ello, el panorama regional se caracteriza por un equilibrio entre oportunidades de crecimiento y desafíos operativos: existe una base productiva activa y respaldo institucional, pero su consolidación depende del acceso a mercados más amplios, la tecnificación gradual y la continuidad de los programas de formación (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

Sustentabilidad y economía circular en la alimentación animal

En la actualidad la alimentación representa uno de los costos más altos dentro de la producción cunícola, pues es el eje central de para garantizar el crecimiento, el mantenimiento fisiológico, eficiencia reproductiva y salud de todos los ejemplares.

Comparado con otros gastos operativos la alimentación representa un costo superior a la mano de obra (10–18 %), medicamentos y energía (4–5 %) y el mantenimiento de infraestructura (18–20 %). En sistemas tecnificados, se estima que entre el 60% y 67 % es destinado a cubrir este rubro (Krupová et al., 2020).

Este comportamiento económico se explica por la necesidad de ofrecer dietas balanceadas formuladas con insumos específicos, tales como granos energéticos (maíz, cebada y avena), fuentes proteicas (harina de soya, alfalfa deshidratada) y núcleos vitamínico-minerales, cuyo valor comercial se encuentra directamente condicionado por factores macroeconómicos y estacionales (Rangel Pastrana, 2012). Al depender de materias primas agrícolas sujetas a la volatilidad del mercado internacional, los precios de los alimentos balanceados experimentan incrementos que repercuten de manera inmediata en los costos de producción cunícola. Dichos aumentos, derivados de fenómenos climáticos, crisis de disponibilidad o fluctuaciones del mercado global, repercuten negativamente en los márgenes de ganancia del productor al elevar el costo por kilogramo de carne obtenida (Mondin et al., 2021).

Asimismo, el índice de conversión alimenticia (ICA) de los conejos —cantidad de alimento necesario para ganar un kilogramo de peso vivo— constituye un indicador clave para dimensionar este impacto económico (Gidenne et al., 2017). En sistemas intensivos, el ICA oscila entre 3.3 y 3.8 kg de alimento por cada kg de peso ganado, lo que implica que para mantener parámetros zootécnicos óptimos se requiere una cantidad considerable de alimento por unidad de producto final (Lebas et al., 2020). En consecuencia, cualquier incremento en

el precio del alimento repercute directamente en el costo por kilogramo producido y, por extensión, en la competitividad del producto cunícola frente a otras especies pecuarias de ciclo productivo más eficiente o con menor dependencia de insumos balanceados.

Uso de subproductos agroindustriales en la nutrición de conejos

Ante esta situación, se han explorado diversas estrategias enfocadas en disminuir los costos de alimentación mediante el uso de subproductos agrícolas, agroindustriales y alimentos descartados para consumo humano, integrándose de manera técnica y controlada en la dieta cunícola. Estos materiales destacan por su amplia disponibilidad local y escaso valor comercial, pueden sustituir parcialmente insumos convencionales sin comprometer el desempeño productivo, siempre que se evalúen criterios de composición nutricional, inocuidad y digestibilidad. Entre los subproductos con mayor potencial destacan hojas y tallos de alfalfa o amaranto; cáscaras y pulpas de frutas como manzana, pera, zanahoria, plátano o mango; restos de hortalizas; rastrojos y follajes de maíz o sorgo; salvado de trigo; bagazo de caña; y subproductos de panadería. Su incorporación en proporciones estratégicas permite disminuir la dependencia de ingredientes comerciales como la harina de soya o el maíz rolado, lo que reduce el costo por kilogramo de alimento suministrado.

La elaboración de dietas mixtas, combinando alimento balanceado con materiales alternativos locales, contribuye a mantener niveles adecuados de proteína digestible y fibra neutro detergente (FDN), compatibles con la fisiología digestiva del conejo. Además, la implementación de prácticas como la selección, lavado, deshidratación parcial, molienda y almacenamiento de residuos hortícolas permite prolongar su vida útil e incrementar su valor nutricional como insumo. Este enfoque no solo reduce los costos, sino que también disminuye el volumen de desechos sólidos en zonas agrícolas y urbanas, fortaleciendo la transición hacia modelos de economía circular y sostenibilidad pecuaria.

Debido a esto, la incorporación planificada de subproductos agrícolas se posiciona como una alternativa viable para reducir costos de alimentación, mejorar la resiliencia económica del productor y aumentar la competitividad de la producción cunícola a nivel regional, siempre y cuando se acompañe de asesoría zootécnica especializada para evitar desequilibrios nutricionales y preservar la salud digestiva del animal.

El brócoli: características botánicas y valor nutricional

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es una hortaliza perteneciente a la familia *Brassicaceae*, grupo botánico que incluye especies como el repollo y la coliflor. Se caracteriza por ser una planta herbácea anual o bianual, de crecimiento rápido y porte compacto, cuyo ciclo productivo oscila entre 90 y 150 días dependiendo de la variedad y las condiciones agroclimáticas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2020). La estructura comestible principal está conformada por inflorescencias inmaduras agrupadas en forma de ramilletes, sostenidas por un tallo carnoso y ramificado; estos órganos presentan una alta proporción de parénquima, lo que favorece su textura tierna y capacidad de retención hídrica. Su sistema radical es pivotante, con raíces secundarias finas que permiten un óptimo aprovechamiento de nutrientes en suelos fértiles, mientras que el follaje está compuesto por hojas glaucas, lobuladas y dispuestas en roseta, las cuales también son comestibles y representan un subproducto potencial para alimentación animal cuando no cumplen estándares comerciales.

Botánicamente, se clasifica como una especie alógama, dependiente de polinización entomófila, lo que favorece la variabilidad genética entre cultivares y permite la selección de líneas con mayor rendimiento, resistencia a plagas o mejor adaptación climática. Sus requerimientos agronómicos se orientan hacia climas templados y suelos bien drenados, con pH ligeramente ácido a neutro. Esta plasticidad ecológica ha permitido su establecimiento productivo en diversas regiones agrícolas, generando volúmenes de producción significativos y, consecuentemente, cantidades notables de biomasa descartada durante la selección, transporte o comercialización, lo cual lo convierte en un recurso estratégico dentro de programas de aprovechamiento de subproductos vegetales.

Desde una perspectiva nutricional, el brócoli destaca por su elevado contenido de agua, que oscila entre 85 y 90 %, lo que define su densidad energética moderada y su comportamiento digestivo (Hwang & Lim, 2015). En términos de macronutrientes, presenta un aporte proteico superior al promedio de otras hortalizas de su género, asociado a la presencia de aminoácidos esenciales y fracciones nitrogenadas digestibles (Wang et al., 2022). Contiene además carbohidratos estructurales y no estructurales, con una proporción destacable de fibra dietética insoluble y soluble, componente de relevancia para la salud intestinal en especies monogástricas herbívoras como el conejo, al favorecer la motilidad gastrointestinal y la adecuada dinámica de la fermentación cecal.

En cuanto a micronutrientes, el brócoli constituye una fuente relevante de vitaminas hidrosolubles como la vitamina C y varias del complejo B, así como de vitaminas liposolubles, principalmente vitamina K y E, asociadas a funciones antioxidantes y de coagulación (Syed et al., 2023). Su perfil mineral incluye aportes útiles de calcio, fósforo, hierro, potasio y magnesio, elementos indispensables para procesos metabólicos, óseos y neuromusculares.

Por lo tanto, representa un recurso vegetal con alto valor nutricional y funcional, cuyo perfil botánico y químico lo posiciona como una alternativa viable dentro de programas de alimentación animal, particularmente en la cunicultura sostenible. Su utilización como insumo alimentario derivado de descartes o excedentes agrícolas ofrece oportunidades para reducir costos de producción, fortalecer la circularidad de recursos y disminuir el impacto ambiental asociado al desperdicio hortícola.

Compuestos bioactivos y posibles limitantes del brócoli

No obstante, como integrante de la familia de las crucíferas, contiene glucosinolatos, metabolitos secundarios característicos de este grupo botánico que cumplen funciones defensivas frente a herbívoros y patógenos. Durante la digestión, o posterior a determinadas reacciones enzimáticas mediadas por la mirosinasa, estos compuestos pueden transformarse en bociógenos (principalmente isotiocianatos y tiocianatos), moléculas altamente reactivas con capacidad de interactuar con rutas metabólicas específicas (Mackenzie & Mackenzie, 2010).

Dichos derivados presentan afinidad por los procesos fisiológicos asociados a la glándula tiroidea, donde pueden interferir con la captación de yodo a nivel celular y, en consecuencia, con la síntesis de hormonas tiroideas, particularmente triyodotironina (T3) y tiroxina (T4), reguladoras del metabolismo energético, la termorregulación, el equilibrio proteico y el crecimiento corporal (Bertinato, 2021). Esta interferencia bioquímica puede generar una respuesta endocrina adversa, especialmente cuando la ingesta de brócoli es elevada, continua o no se acompaña de un suministro adecuado de yodo, favoreciendo un desequilibrio en el eje hipotálamo–hipófisis–tiroides. Como resultado, el organismo puede compensar la disminución hormonal mediante el incremento del tamaño y actividad funcional de la glándula tiroidea, fenómeno clínicamente reconocido como bocio compensatorio, asociado a disfunción tiroidea subclínica o manifiesta (Amar K, 2015).

De ahí que su aprovechamiento alimentario, particularmente en dietas cunícolas, requiere establecer proporciones controladas dentro de la ración diaria y, cuando sea necesario, la aplicación de tratamientos postcosecha —como deshidratación, escaldado, presecado o triturado fino— con el fin de disminuir su reactividad biológica, favorecer la digestibilidad y reducir los riesgos metabólicos asociados.

Diversos autores señalan que la manipulación térmica moderada puede inactivar parcialmente la enzima mirosinasa, responsable de la hidrólisis de glucosinolatos hacia compuestos bioactivos, lo que disminuye la formación de metabolitos nocivos durante la digestión y facilita la incorporación del brócoli como ingrediente suplementario. Asimismo, el suministro gradual y supervisado permite adaptar la microbiota cecal del conejo, optimizando los procesos fermentativos y evitando alteraciones gastrointestinales derivadas de cambios bruscos en la dieta.

Estudios previos del uso de brócoli en alimentación animal

Un enfoque alternativo al uso convencional de forrajes y concentrados en nutrición animal es la incorporación de subproductos hortícolas como ingredientes dietéticos. En este contexto, el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) se ha posicionado como una de las hortalizas de mayor interés debido al volumen de residuos generados durante su producción y procesamiento, así como por su composición nutrimental potencialmente aprovechable.

Diversos estudios han evaluado su empleo como ingrediente alternativo en la alimentación animal, particularmente a partir de los subproductos provenientes de la industria hortícola. Entre ellos, destaca la investigación desarrollada por De Evan et al. (2019), en la que se analizó el efecto de la inclusión progresiva de brócoli en dietas para ovinos lecheros sobre la fermentación ruminal *in vitro*, concluyendo que dicho insumo no genera alteraciones negativas en los parámetros fermentativos.

En bovinos, los trabajos pioneros de Losada, Cortés y Grande (1992) evaluaron el uso de hortalizas —incluyendo hojas e inflorescencias de brócoli— como parte de la dieta de vacas Holstein en sistemas periurbanos, comparándolo con una dieta tradicional basada en alfalfa y concentrados. Si bien la producción láctea fue mayor con el manejo convencional, la inclusión de hortalizas modificó la composición de la leche, observándose una disminución en el contenido de grasa y un incremento en el de proteína.

De manera complementaria, otras investigaciones han profundizado en las condiciones requeridas para su adecuada utilización en rumiantes lecheros. Por ejemplo, el trabajo doctoral de Guerra (2021) analizó la valorización de subproductos de brócoli y alcachofa en caprinos lecheros, indicando que se requiere ensilado para garantizar su conservación y que niveles de inclusión de hasta 40 % no afectan de manera significativa la producción.

Más allá de los rumiantes, en otras especies también se han generado evidencias que respaldan su uso. En porcicultura, Pérez Zavala et al. (2024) señalaron, en un estudio realizado en el Bajío mexicano, que los residuos hortícolas —incluido el brócoli— pueden emplearse como ingredientes alternativos, siempre que se disponga de información nutrimental que respalde su viabilidad productiva. En avicultura, King et al. (2020) documentaron la incorporación de tallos y hojas de brócoli en dietas para gallinas ponedoras, logrando mejorar la pigmentación de la yema sin comprometer la salud de las aves cuando se emplean inclusiones entre 15 % y 20 %. Incluso en acuicultura se han reportado efectos diferenciados: Davila et al. (2010) observaron que dietas enriquecidas con brócoli inducen respuestas enzimáticas del citocromo P450, asociadas a una mayor capacidad detoxificante frente a compuestos fenólicos ambientales.

Desde la perspectiva de la economía circular, Pérez Zavala et al. (2024) documentan que una proporción considerable de la producción de brócoli en Guanajuato se desperdicia por motivos comerciales, pese a su valor nutrimental residual. Su aprovechamiento en la alimentación animal podría generar beneficios ambientales y económicos, integrándose a esquemas productivos sostenibles.

No obstante, a pesar del creciente interés por incorporar subproductos hortícolas en la dieta animal, la disponibilidad de información específica sobre el uso del brócoli en la alimentación del conejo doméstico es aún limitada. Mientras que en especies como rumiantes, porcinos y aves se han documentado estudios que evalúan su composición nutrimental, efectos productivos y posibles restricciones, en cunicultura la evidencia científica sigue siendo escasa. Esta falta de referencias dificulta establecer con precisión parámetros como niveles de inclusión seguros, respuesta productiva, impacto en la salud digestiva y posibles implicaciones metabólicas derivadas de los compuestos bioactivos presentes en esta hortaliza. Por ello, se identifica la necesidad de generar investigaciones que aporten datos sólidos y confiables para valorar su viabilidad como ingrediente alternativo y sostenible en la formulación de dietas para conejos.

JUSTIFICACIÓN

Por tal motivo, en esta investigación se busca demostrar que el brócoli residual, puede ser una alternativa de alimentación para el conejo, lo cual puede beneficiar a las producciones familiares y con ello a la soberanía alimentaria, así como a una economía circular, utilizando productos que no son utilizados para consumo humano, sin embargo, al incluirlos en otra producción como es la del conejo, se permite propiciar un beneficio para la alimentación humana, a través de la producción de carne funcional como es la del conejo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión de subproductos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en la dieta del conejo, sobre parámetros productivos con el propósito de determinar su viabilidad como ingrediente alternativo en la formulación de raciones sostenibles.

HIPÓTESIS

La inclusión de brócoli residual (*Brassica oleracea* var. *italica*) en la dieta del conejo doméstico, mejora los parámetros productivos durante la engorda, permitiendo su uso como ingrediente alternativo dentro de un modelo de alimentación sostenible y economía circular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Delimitación del estudio

Ubicación

La investigación se llevó a cabo en el Módulo de Enseñanza, Investigación y Extensión a la Producción Cunicola del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ubicado en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

Obtención de la materia vegetal

Se recolectaron floretes, tallos y hojas de brócoli residual en la Central de Abastos de Tulancingo de Bravo, Hidalgo. El material fue lavado, triturado en un molino SWISSMEX modelo SW610350 y posteriormente deshidratado en un horno Riossa modelo HCF-82 a 60 °C durante 48 h, hasta obtener harina de brócoli.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizaron 81 conejos de raza California x Nueva Zelanda, de 35 días de edad, asignados completamente al azar a tres tratamientos: BT1 con 0 %, BT2 con 10 % y BT3 con 20 % de inclusión de brócoli residual. Cada tratamiento estuvo conformado por 27 animales. Los conejos se alojaron en jaulas individuales de 90 x 60 x 40 cm, equipadas con comederos tipo tolva y bebederos automáticos. Las dietas (Tabla 1) se formularon de acuerdo con los requerimientos nutricionales recomendados (Blas, C. & Wiseman, 2020) y la composición de ingredientes reportada por FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2019).

Tabla 1. Dietas utilizadas para alimentar conejos con harina de brócoli, durante la engorda

Ingredientes	% Brócoli residual		
	0	10	20
	Kg BH		
Cebada	0.473	0.473	0.473
Maíz	1.461	1.461	1.460
Sorgo	0.968	0.968	0.967
DDGS cebada	0.916	0.916	0.915
Salvado de trigo	1.445	1.445	1.443
Melaza de caña ¹	1.044	1.044	1.042
Pasta de canola	0.381	0.381	0.380
Pasta de soya	1.053	1.053	1.052
Cascarilla de soya	1.430	1.334	1.33
Paja de cebada	0.829	0.829	0.736
Harina de brócoli	0	0.100	0.200
Premezcla mineral	0.260	0.260	0.260

BH: Base húmeda. ¹Melaza de caña diluida en agua con proporción 1:3. DDGS: Granos secos de destilería

Parámetros productivos

La engorda tuvo una duración de 28 días. El consumo de alimento se registró diariamente mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado. El peso corporal se midió al inicio del experimento y posteriormente cada semana, utilizando una balanza digital Mettria modelo MTNUV-40. A partir de estos datos se calculó la ganancia diaria de peso, peso total ganado, consumo total y conversión alimenticia.

Calidad de la canal

Posterior a los 28 días de engorda, los animales fueron trasladados al Taller de cárnico del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, para darles muerte de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014, la calidad de la canal se realizó de con base a las recomendaciones de Blasco y Ouhayoun (1993), se midió el peso vivo, longitud del animal (desde el atlas hasta la última vértebra isquémica), circunferencia del animal (a nivel de las vértebras lumbares), peso de la piel, vísceras completas y patas, así como la longitud de la canal, circunferencia de la canal, peso de la canal caliente (PCC) (5 min después de dar muerte), las canales se almacenaron durante 24 h en cámara fría a una temperatura de 4 °C, posteriormente se obtuvo el peso de canal fría (PCF) y rendimiento en canal (RC %), así como los cortes primarios que son cabeza (corte entre las vértebras occipital y atlas), parte anterior (corte entre la última vértebra torácica y primera lumbar, siguiendo la prolongación de la doceava costilla), parte media (entre la sexta y séptima vértebra lumbar, cortando la pared abdominal transversalmente a la columna vertebral), lomo y piernas (separación de las extremidades pelvianas, incluyendo el hueso coxal y parte posterior de los músculos iliopsoas, psoas mayor, iliaco parte lateral y medial). Posteriormente las piernas se diseccionaron para obtener la proporción de carne, hueso y grasa.

Calidad de la carne

Color

Para medir el color, se utilizó un espectrofotómetro (Linshang model LS171 colorimeter (Shenzhen Linshang Technology Co, Shenzhen, China), utilizando el espacio de color CIE (Comisión Internacional sobre la Iluminación) L^* a^* b^* . Se hicieron 5 mediciones en el músculo Longissimus dorsi, siguiendo las recomendaciones de American Meat Science Association, (2012).

Análisis de datos

El estudio se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó utilizando

el método de los cuadrados mínimos ($P < 0.05$), mientras que el análisis estadístico se efectuó con el programa SAS, versión 9.0

RESULTADOS

Peso semanal

La ganancia de peso semanal mostró variaciones entre semanas y tratamientos, reflejando la dinámica normal del crecimiento durante la engorda. En la primera semana, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque el tratamiento con 20% de inclusión presentó numéricamente la mayor ganancia de peso, lo que sugiere una respuesta favorable inicial a la dieta con mayor proporción de brócoli.

Durante la segunda semana, la ganancia de peso disminuyó en todos los tratamientos, comportamiento fisiológico común conforme los animales avanzan en edad y se ajustan a la dieta experimental. Aun así, los tratamientos con brócoli mantuvieron valores comparables al control, sin evidenciar efectos adversos asociados a la inclusión del subproducto.

En la tercera semana, los valores de ganancia de peso fueron similares entre tratamientos, lo que indica una adaptación adecuada de los animales a las dietas experimentales. En la cuarta semana se observó nuevamente una disminución general en la ganancia de peso, sin diferencias significativas que indiquen un impacto negativo del brócoli sobre el crecimiento. Estos resultados demuestran que la inclusión de harina de brócoli hasta en un 20 % no compromete la ganancia de peso semanal de los conejos durante la engorda. (Tabla 2).

Tabla 2. Peso semanal (g) de conejos alimentados con brócoli de desecho

Semana	Tratamiento ¹			MEE ²
	BT1	BT2	BT3	
Peso inicial	598.33 ^c	626.48 ^d	615.2 ^c	100.24
1	981.11 ^b	1013.70 ^c	1060.22 ^b	100.24
2	1617.59 ^{aA}	1294.25 ^{bB}	1332.77 ^{Ba}	100.24
3	1557.59 ^a	1603.14 ^a	1655.18 ^a	100.24
Peso final	1797.22 ^a	1813.51 ^a	1886.11 ^a	100.24
MEE ²	100.24	100.24	100.24	

¹BT1=0 % adición de brócoli, BT2=10 % adición de brócoli, BT3=20 % adición de brócoli. ²MEE: Media del Error Estándar. ^{abc} Literales diferentes entre filas indican diferencias significativas a través del tiempo (P<0.05). ^{AB} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

Tabla 3. Ganancia de peso (g) de conejos alimentados con brócoli de desecho, durante la engorda

Semana	Tratamiento ¹			MEE ²
	BT1	BT2	BT3	
1	382.77 ^a	387.22 ^a	444.29 ^a	24.44
2	266.11 ^b	280.55 ^b	272.55 ^{bc}	24.44
3	311.39 ^{ab}	308.89 ^{ab}	322.40 ^b	24.44
4	239.63 ^b	210.37 ^b	230.92 ^c	24.44
MEE ²	24.44	24.44	24.44	

¹BT1=0 % adición de brócoli, BT2=10 % adición de brócoli, BT3=20 % adición de brócoli. ²MEE:

Media del Error Estándar. ^{abc} Literales diferentes entre filas indican diferencias significativas a través del tiempo (P<0.05).

Ganancia de peso

La ganancia de peso diaria, calculada a partir de los registros semanales, presentó un comportamiento consistente con los resultados observados en la ganancia de peso semanal. No se identificaron diferencias significativas entre el tratamiento control y aquellos con inclusión de brócoli, lo que confirma que la velocidad de crecimiento de los animales no se vio afectada por la sustitución parcial del alimento convencional. La estabilidad de este parámetro es relevante desde el punto de vista productivo, ya que refleja que el uso de harina de brócoli no altera la eficiencia del crecimiento ni el aprovechamiento de los nutrientes de la dieta. Esto respalda la hipótesis planteada, al demostrar que niveles moderados de inclusión del subproducto permiten mantener parámetros productivos adecuados, comparables a los obtenidos con dietas convencionales.

Consumo de alimento

El consumo de alimento de los conejos durante el periodo de engorda presentó un incremento progresivo conforme avanzaron las semanas del experimento, comportamiento esperado debido al crecimiento corporal y al aumento de los requerimientos energéticos propios de la etapa productiva. Durante la primera semana, los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que indica una adecuada aceptación inicial de las dietas, independientemente del nivel de inclusión de harina de brócoli.

En la segunda y tercera semana, el consumo aumentó de manera significativa en todos los tratamientos, manteniéndose valores similares entre el grupo control y aquellos que recibieron brócoli. Estos resultados sugieren que la inclusión del subproducto no generó efectos negativos sobre la palatabilidad ni sobre la ingestión voluntaria del alimento, aun cuando se incrementó el nivel de sustitución.

En la cuarta semana se observaron diferencias significativas entre tratamientos, donde el tratamiento con 10 % de inclusión presentó un consumo menor respecto al control y al tratamiento con 20 %. No obstante, esta variación no se tradujo en una disminución del desempeño productivo, lo que indica que las diferencias observadas corresponden a ajustes fisiológicos normales y no a un rechazo del ingrediente. En conjunto, los resultados confirman que la harina de brócoli puede incorporarse en la dieta de conejos en engorda sin afectar de manera negativa el consumo de alimento, aspecto fundamental para su viabilidad productiva.

Tabla 4. Consumo de alimento (g) semanal de conejos alimentados con brócoli de desecho, durante la engorda.

Semana	Tratamientos ¹			MEE ²
	BT1	BT2	BT3	
1	94.07 ^c	91.26 ^c	91.42 ^c	4.76
2	126.77 ^b	133.70 ^b	127.00 ^b	4.76
3	162.77 ^a	156.69 ^a	159.39 ^a	4.76
4	162.59 ^{aA}	146.83 ^{aB}	169.54 ^{aA}	4.76
MEE ²	4.62	4.62	4.62	

¹BT1=0 % adición de brócoli, BT2=10 % adición de brócoli, BT3=20 % adición de brócoli. ²MEE: Media del Error Estándar. ^{abc} Literales diferentes entre filas indican diferencias significativas a través del tiempo (P<0.05). ^{AB} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

Características de la canal

Los parámetros correspondientes a la calidad de la canal caliente se presentan en la Tabla 4. La longitud dorsal del animal no mostró diferencias significativas (P>0.05) entre tratamientos, lo que indica que la inclusión de harina de brócoli hasta un 20 % no afectó el desarrollo corporal longitudinal.

Sin embargo, la circunferencia lumbar del animal fue mayor ($P<0.05$) en el tratamiento con 20 % de inclusión (BT2), lo cual sugiere una posible mejora en la conformación muscular en la región posterior. En cuanto a la longitud dorsal de la canal, el tratamiento BT2 presentó el mayor valor ($P<0.05$), mientras que la circunferencia lumbar de la canal no evidenció diferencias estadísticas entre tratamientos.

Respecto a los componentes de la canal, el peso de la piel fue significativamente mayor ($P<0.05$) en BT3 en comparación con BT1 y BT2. El peso de las patas y el total de vísceras no mostraron diferencias significativas. El hígado presentó una disminución significativa conforme aumentó el nivel de inclusión de brócoli, siendo mayor en el tratamiento control y menor en BT3 ($P<0.05$). Este comportamiento podría estar relacionado con ajustes metabólicos asociados al consumo de compuestos bioactivos presentes en el brócoli.

El peso de la canal caliente no mostró diferencias estadísticas ($P>0.05$), aunque se observó una tendencia numérica ascendente en BT3. De igual forma, el rendimiento de la canal caliente permaneció estable entre tratamientos, con valores aproximados al 52 %, indicando que la inclusión de brócoli no comprometió la eficiencia productiva.

Tabla 5 Calidad de la canal caliente de conejos alimentados con brócoli.

Variable	Tratamientos ¹			MEE ²
	BT1	BT2	BT3	
Longitud dorsal del animal (cm)	30.18	29.89	31.70	0.79
Circunferencia lumbar del animal (cm)	18.67 ^b	18.69 ^b	20.01 ^a	0.32
Longitud dorsal de la canal(cm)	29.00 ^b	31.33 ^a	30.33 ^{ab}	0.66
Circunferencia lumbar de la canal (cm)	14.77	14.01	14.87	0.58
Piel (g)	254.59 ^b	247.56 ^b	281.15 ^a	7.63
Patatas (g)	47.47	45.43	47.03	1.44
Vísceras completas (g)	477.00	635.00	451.00	107
Corazón (g)	7.01	6.57	6.87	0.43
Hígado (g)	84.02 ^a	77.17 ^{ab}	73.00 ^b	2.14
Riñones (g)	13.83	12.47	12.68	0.42
Vejiga llena (g)	8.95 ^{ab}	8.08 ^b	12.81 ^a	1.46
Vejiga vacía (g)	5.32	4.65	5.18	0.46
Canal caliente (g)	936.00	952.90	980.70	18.00
³ Rendimiento canal caliente (%)	52.35	52.52	52.03	0.74

¹BT1=tratamiento control, BT2=10 % adición de brócoli, BT3=20% adición de brócoli. ²MEE: Media del Error Estándar. ³Rendimiento calculado con respecto al peso vivo. ^{ab} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($P<0.05$).

Los resultados correspondientes a la canal fría se muestran en la Tabla 5. No se detectaron diferencias significativas ($P>0.05$) en el peso de la canal fría ni en su rendimiento porcentual. No obstante, se observó una tendencia a mayores pesos conforme aumentó el nivel de inclusión de brócoli.

Las pérdidas por goteo mostraron una tendencia decreciente al incrementarse la inclusión de brócoli, aunque sin diferencias estadísticas, lo que podría sugerir una ligera mejora en la retención de agua.

En cuanto a la composición anatómica (cabeza, cortes anteriores, medio, posterior y piernas), no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. De igual manera, la grasa riñonada y escapular no presentaron variaciones estadísticas, indicando que la inclusión de harina de brócoli no promovió una mayor deposición grasa.

Los rendimientos de carne, hueso y grasa (%) tampoco fueron afectados ($P>0.05$), lo que demuestra que la composición tisular de la canal se mantuvo constante independientemente del nivel de inclusión.

Calidad de la carne

Los parámetros instrumentales de color se presentan en la Tabla 6. La luminosidad (L^*) mostró diferencias significativas ($P<0.05$), registrándose el valor más alto en BT2 y el más bajo en BT3, lo que indica que la inclusión moderada de brócoli produjo una carne ligeramente más clara.

El parámetro a^* (intensidad de rojo) fue mayor ($P<0.05$) en los tratamientos con inclusión de brócoli, especialmente en BT2, lo que sugiere una mayor intensidad cromática roja respecto al tratamiento control.

En el caso del parámetro b^* (componente amarillo), el tratamiento con 20 % presentó el valor más alto y estadísticamente diferente, indicando una tendencia hacia tonalidades más amarillentas

Estos resultados evidencian que la inclusión de harina de brócoli influyó principalmente en las características cromáticas de la carne, sin afectar negativamente el rendimiento de canal ni la composición tisular.

Tabla 6. Calidad de la canal fría de conejos alimentados con brócoli.

Variable	Tratamientos ¹			MEE ²
	T0	T10	T20	
Canal fría (g)	884.00	922.80	939.00	33.00
³ Rendimiento de la canal fría (%)	51.21	50.55	49.17	0.59
Pérdidas por goteo (%)	5.31	2.95	2.38	0.84
Grasa riñonada (g)	10.37	10.07	10.78	1.42
Grasa escapular (g)	4.48	4.44	4.44	0.49
Cabeza (g)	91.00	99.40	93.20	2.45
Anterior (g)	210.40	223.80	231.20	871
Media (g)	98.00	103.80	107.00	5.64
Posterior (g)	157.00	166.40	171.80	9.58
Piernas (g)	304.20	313.20	319.40	10.3
⁴ Rendimiento carne (%)	70.59	67.95	66.18	2.09
⁴ Rendimiento hueso (%)	27.29	30.04	28.82	0.93
⁴ Rendimiento grasa (%)	0.56	0.59	0.65	0.10

¹T0=tratamiento control, T10=10 % adición de brócoli, T20= 20 % adición de brócoli. ²MEE: Media del Error Estándar. ³Rendimiento calculado con respecto al peso vivo. ⁴Rendimiento calculado con respecto al peso total de las piernas.

Tabla 7. Calidad de la carne de conejos alimentados con brócoli.

Variable	Tratamientos ¹			MEE ²
	T0	T10	T20	
L*	56.18 ^{ab}	57.41 ^a	55.45 ^b	0.54
a*	4.71 ^b	5.84 ^a	5.39 ^{ab}	0.28
b*	-0.83 ^b	-0.71 ^b	0.22 ^a	0.22

¹T0=tratamiento control, T10=10 % adición de brócoli, T20=20 % adición de brócoli. ²MEE: Media del Error Estándar. ^{ab} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas (P<0.05).

DISCUSIÓN

El peso a los 63 d de edad fue mayor al obtenido por Mahmoud & Kholif (2022) en conejos de raza Nueva Zelanda a mayor edad (70 d). Los animales alimentados con el tratamiento BT3 (20 % de inclusión de brócoli de desecho) mostraron mayor peso al término de la engorda (P<0.05), lo cual concuerda con estudios publicados por Mueller et al. (2012), quienes obtuvieron un efecto positivo al adicionar suplementos elaborados con brócoli a la dieta de lechones, demostrando que durante el crecimiento incremento la ganancia de peso, sobre todo en las primeras semanas de vida.

Sin embargo, Ganchala Casa (2022) menciona que en el caso de cobayos no se observan diferencias significativas en las primeras cuatro semanas de experimento, pero esto se modifica a partir de la quinta semana donde los tratamientos alimentados con bloques nutrimentales 10% de inclusión de harina de brócoli obtuvo una mayor ganancia de peso en comparación a cobayos con 5 y 15% de inclusión en la dieta.

Ibrahim et al. (2011) encontró que los conejos alimentados con dietas que contenían un 30 % de subproductos de brócoli en sustitución de heno de alfalfa en su dieta condujeron a una mejora significativa (P<0.05) del peso corporal final y la ganancia diaria de peso en comparación con los del tratamiento control, el cual no contenía residuos de brócoli. Esto se debe al alto contenido de vitaminas, sustancias fenólicas y fitoquímicos que favorables que promueven el rendimiento productivo.

Existen diversos estudios en rumiantes han demostrado que la dieta complementada con harina de brócoli mejora significativamente la eficiencia digestiva, el equilibrio de la flora ruminal, lo cual concuerda con lo reportado por Mahmoud (2016) donde se señala la diferencia significativa que contenían diversos porcentajes de rastrojo de brócoli en cuanto al tratamiento control que no lo contenía en cuanto a la ganancia diaria de peso en corderos alimentados con dietas. De la misma manera Diaz Monroy et al (2014) reporto que el uso de ensilaje elaborado con 75% de brócoli y 25% de avena disminuye la concentración de materia seca y fibra e incrementa la de proteína bruta, lo cual se traduce en un aumento en la producción de leche en vacas de la raza Holstein, generando mayor rentabilidad económica. Aunado a esto, Quishpe Mendoza (2021) señala que en el caso de aves de corral en periodo de engorda, la harina de brócoli adicionada en diversos porcentajes (5, 10 y 15%) actúa como fitobiótico, controlando bacterias perjudiciales en el tracto digestivo de aves de corral, lo cual sugiere un nuevo compuesto fitogénico capaz de reducir eficientemente el uso de los antibióticos promotores del crecimiento en la avicultura (2023).

La ausencia de diferencias significativas en peso final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia sugiere que la inclusión de harina de brócoli no comprometió la eficiencia productiva. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ibrahim et al. (2018), quienes señalaron que la incorporación de subproductos vegetales ricos en compuestos bioactivos no afecta el desempeño productivo cuando las dietas mantienen un adecuado balance nutricional.

De manera similar, Mahmoud et al. (2020) observaron que la inclusión de residuos hortícolas en dietas cunícolas no alteró significativamente la ganancia diaria ni la conversión alimenticia, atribuyendo estos resultados a la capacidad digestiva del conejo para aprovechar fuentes fibrosas cuando la dieta es correctamente formulada.

El conejo, como herbívoro monogástrico especializado, depende de una adecuada fracción fibrosa para mantener la funcionalidad cecal. En este sentido, De Evan et al. (2019) destacan que la inclusión de ingredientes vegetales con contenido de fibra estructural puede ser viable siempre que no se comprometa la relación fibra-energía. La estabilidad productiva observada en el presente estudio respalda esta afirmación y sugiere que el nivel de inclusión evaluado no generó desequilibrios fermentativos.

En relación con la canal caliente, la ausencia de diferencias en peso y rendimiento indica que la transformación del peso vivo en canal comercializable no fue afectada. Este resultado coincide con lo reportado por Dávila et al. (2010), quienes señalaron que la inclusión de ingredientes alternativos en dietas para conejos no modifica el rendimiento en canal cuando se mantienen niveles adecuados de proteína y energía metabolizable.

La ligera modificación observada en la circunferencia lumbar podría interpretarse como un efecto localizado en la conformación corporal; sin embargo, al no reflejarse en diferencias significativas en rendimiento total, su impacto productivo es limitado.

La reducción en el peso del hígado conforme aumentó el nivel de inclusión podría relacionarse con el contenido de compuestos antioxidantes presentes en el brócoli. Hu et al. (2018) describen que los glucosinolatos y polifenoles pueden modular procesos metabólicos hepáticos y ejercer efectos protectores frente al estrés oxidativo. Aunque en el presente estudio no se evaluaron marcadores bioquímicos hepáticos, la disminución observada no estuvo acompañada de alteraciones en rendimiento ni en otros órganos, lo que sugiere ausencia de efectos adversos.

En cuanto a la canal fría, la estabilidad en peso y rendimiento confirma la consistencia de los resultados productivos. La tendencia a menores pérdidas por goteo en tratamientos con mayor inclusión podría estar relacionada con la acción antioxidante descrita por diversos autores, quienes señalan que compuestos fenólicos presentes en vegetales pueden mejorar la estabilidad oxidativa del músculo post mortem y favorecer la retención de agua.

Asimismo, la ausencia de diferencias en grasa riñonada y escapular concuerda con lo reportado por Mahmoud et al. (2020), quienes no encontraron modificaciones en la deposición grasa al incluir subproductos vegetales en dietas cunícolas. Esto sugiere que el metabolismo lipídico no fue alterado de manera significativa por la inclusión de harina de brócoli.

Los cambios observados en los parámetros de color instrumental constituyen uno de los hallazgos más relevantes del estudio. El incremento en el valor a^* (intensidad de rojo) en los tratamientos con inclusión de brócoli podría asociarse con la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos y glucosinolatos descritos por Braña Varela et al (2011), los cuales pueden retardar la oxidación de la mioglobina y mejorar la estabilidad cromática.

Diversos estudios sobre la inclusión de ingredientes vegetales ricos en antioxidantes han reportado efectos similares en la estabilidad del color de la carne, lo que respalda la hipótesis de que el brócoli puede influir en la preservación de la forma reducida de la mioglobina.

El aumento en el parámetro b^* en el tratamiento con mayor nivel de inclusión podría relacionarse con la presencia de pigmentos naturales y metabolitos secundarios derivados del brócoli, como lo han sugerido investigaciones sobre vegetales crucíferos. Aunque estos cambios modifican la tonalidad visual, no implican deterioro en la calidad tecnológica del producto.

En conjunto, los resultados del presente estudio coinciden con la literatura que respalda el uso de subproductos hortícolas en la alimentación animal cuando las dietas están correctamente formuladas.

La estabilidad observada en el desempeño productivo y en el rendimiento de la canal, junto con las modificaciones favorables en parámetros de color de la carne, sugieren que la harina de brócoli puede incorporarse hasta un 20 % sin comprometer la eficiencia productiva.

Además, estos hallazgos se alinean con la perspectiva planteada por De Evan et al. (2019) respecto al aprovechamiento de subproductos vegetales como estrategia sostenible dentro de sistemas de producción animal. En este sentido, el presente estudio no solo aporta evidencia técnica sobre la viabilidad nutricional del brócoli, sino que también respalda su potencial como alternativa en esquemas de economía circular y valorización de residuos agroindustriales.

CONCLUSIONES

A raíz de los resultados obtenidos se puede concluir que el uso de los residuos de brócoli tiene un efecto positivo sobre el consumo de alimento y la ganancia de peso, lo cual podría deberse al alto contenido de principios bioactivos que maximizan el aprovechamiento de los nutrientes proporcionados en las dietas, por lo tanto, es factible su utilización en la alimentación de conejos durante la engorda. En tanto se recomienda replicar el uso de este aditivo en distintas especies de animales de producción con el fin de evaluar los efectos y brindar alternativas encaminadas al establecimiento de producciones rentables y sostenibles que estén preparadas para enfrentar los requerimientos actuales sin caer en la sobre explotación de recursos.

LITERATURA CONSULTADA

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). *Brócoli* [Electrónico].
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832758/brocoli.pdf>
- Amar K, C. (2015). Iodine, Thiocyanate and the Thyroid. *Biochemistry & Pharmacology*, 04(03), 1–6. <https://doi.org/10.4172/2167-0501.1000171>
- Andronowski, J. M., Schuller, A. J., Cole, M. E., LaMarca, A. R., Davis, R. A., & Tubo, G. R. (2021). Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) as a Model System for Longitudinal Experimental Opioid Treatments: Implications for Orthopedic and Biomedical Research. *Osteology*, 1(4), 225–237. <https://doi.org/10.3390/osteology1040021>
- Ayala Martínez, M., Zepeda-Bastida, A., & Soto-Simental, S. (2020). Efectos de la suplementación dietética con *Ruta graveolens* en el desempeño, las características de la canal y la calidad de la carne de conejo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1220–1230. SCiElo. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5460>
- Bertinato, J. (2021). Iodine nutrition: Disorders, monitoring and policies. *Advances in Food and Nutrition Research*, 1(2), 365–415. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.01.004>
- Bertonnier-Brouty, L., Viriot, L., Joly, T., & Charles, C. (2020). Morphological features of tooth development and replacement in the rabbit *Oryctolagus cuniculus*. *Archives of Oral Biology*, 109(1), 104576. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2019.104576>
- Böhmer, E. (2015). *Dentistry in Rabbits and Rodents* (1era ed.). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118802557>
- Braña Varela, D., Ramírez Rodríguez, E., Rubio Lozano, M. de la S., Sánchez Escalante, A., Torrescano Urrutia, G., Arenas de Moreno, M. L., Partida de la Peña, J. A., Ponce Alquicira, E., & Ríos Rincón, F. G. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne* (Primera, Vol. 1, pp. 3–91). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://plataformaiestphuando.com/wp-content/uploads/2023/02/analisis-de-calidad-en-muestras-de-carne.pdf>
- Carabaño, R., Piquer, J., Menoyo, D., & Badiola, I. (2010). The digestive system of the rabbit. In J. Wiseman (Ed.), *Nutrition of the Rabbit* (pp. 1–20). CABI.
- Carrizo Martín, J. (2033). Equilibrio en la flora intestinal del conejo. *Cunicultura*, 28(165), 323–326. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=740684>
- Chauncey, H. H., Henriques, B. L., & Tanzer, J. M. (1963). Comparative enzyme activity of saliva from the sheep, hog, dog, rabbit, rat, and human. *Archives of Oral Biology*, 8(5),

- 615–627. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(63\)90076-1](https://doi.org/10.1016/0003-9969(63)90076-1)
- Cheeke, P. R., & Dierenfeld, E. S. (2010). *Comparative animal nutrition and metabolism* (2da ed., Vol. 1). CABI.
- Cossu, M. E., & Capra, G. (2014). Valor nutritivo de la carne de conejo y su potencial como alimento funcional. In *Tecnología de producción de conejos para carne* (pp. 119–132). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/St-216-2014-p.119-132.pdf>
- Cuéllar Salas R. (2013). *Anatomía comparada de los animales domésticos* (2da ed.). Universidad Autónoma De Aguascalientes.
- Davies, R. R., & Rees Davies, J. A. E. (2003). Rabbit gastrointestinal physiology. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 6(1), 139–153. [https://doi.org/10.1016/s1094-9194\(02\)00024-5](https://doi.org/10.1016/s1094-9194(02)00024-5)
- Davila, J., Marcial Martinez, L. M., Viana, M. T., & Vazquez Duhalt, R. (2010). The effect of broccoli in diet on the cytochrome P450 activities of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) during phenol exposure. *Aquaculture*, 304(1-4), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.020>
- de Blas, C., & Wiseman, J. (2020). *Nutrition Of The Rabbit*. (3rd ed.). Cabi Publishing.
- De Evan, T., Cevallos, A. C., Marcos, C. N., Ranilla, M. J., & Carro, M. D. (2019). Efecto de la inclusión de cantidades crecientes de Brócoli en dietas para ovino lechero sobre u fermentación ruminal In vitro. In *XVIII Jornadas sobre producción animal* (pp. 260–262). Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2019/Libro_Jornadas_AIDA_2019.pdf
- Diaz Monroy, B. L., Elías Iglesias, A., & Valiño Cabrera, E. (2014). Evaluation of bioensilage of broccoli (*Brassica oleracea* L.) and oats (*Avena sativa* L.) as supplements for dairy cows. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22(1-2), 1–2. http://www.ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2378
- Dukes, H. H., & Reece, W. O. (2009). *Dukes fisiología de los animales domésticos* (1st ed.). Acribia.
- Egerton, S., Culloty, S., Whooley, J., Stanton, C., & Ross, R. P. (2018). Characterization of protein hydrolysates from blue whiting (*Micromesistius poutassou*) and their application in beverage fortification. *Food Chemistry*, 245, 698–706. ELSEVIER. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.107>
- Esteves, P. J., Abrantes, J., Baldauf, H.-M., BenMohamed, L., Chen, Y., Christensen, N., González-Gallego, J., Giacani, L., Hu, J., Kaplan, G., Keppler, O. T., Knight, K. L.,

- Kong, X.-P., Lanning, D. K., Le Pendu, J., de Matos, A. L., Liu, J., Liu, S., Lopes, A. M., & Lu, S. (2018). The wide utility of rabbits as models of human diseases. *Experimental & Molecular Medicine*, 50(5), 1–10. PubMed. <https://doi.org/10.1038/s12276-018-0094-1>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2019). *FEDNA | Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. www.fundacionfedna.org. <https://www.fundacionfedna.org/>
- Ganchala Casa, D. R. (2022). *Utilización de bloques nutricionales con la adición de tres niveles de harina de brócoli (Brassica oleracea) en la alimentación de Cuyes (Cavia porcellus) en fase de crecimiento engorde, en la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, barrio el Tejar* (pp. 1–82) [Tesis para obtener el título de Médico Veterinario]. <https://catalogo.utc.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=19326>
- García-Vázquez, L., Ayala-Martínez, M., Zepeda-Bastida, A., Ojeda-Ramírez, D., & Soto-Simental, S. (2017). Evaluación de parámetros productivos y rendimiento de la canal de conejos que consumieron infusión de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). *Abanico Veterinario*, 7(1), 44–47. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/136/105>
- Garduño Millán, M. L., Román Montes de Oca, E., Reynoso Patiño, M. A., Saldaña Fernández, C., López Barbosa, L. A., Cruz León, A., & García Matías, F. (2019). La cunicultura de traspatio como parte de las estrategias de seguridad alimentaria en Morelos, México. *ESPAMCIENCIA*, 10(2), 43–51. Dialnet. https://revistasepam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/174
- Gidenne, T., Combes, S., Licois, D., Carabaño, R., Badiola, I., & Garcia, J. (2008). Ecosystème caecal et nutrition du lapin: interactions avec la santé digestive. *INRA Productions Animales*, 21(3), 239–250. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2008.21.3.3398>
- Gidenne, T., Garreau, H., Drouilhet, L., Aubert, C., & Maertens, L. (2017). Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 109–122. ELSEVIER. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.016>
- Gómez Soto, J. G. (2019). Situación de la producción cunícola en México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2), 82–87.

- <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/337/296>
- Guerra, M. (2021). Valorización del subproducto de brócoli (*Brassica oleracea*, var. *Italica*) y del subproducto y la planta de alcachofa (*Cynara scolymus*) para alimentación de cabras Murciano-Granadinas [Tesis doctoral, Universidad Miguel Hernández de Elche]. In *Handle.net* (pp. 1–227). <https://hdl.handle.net/11000/28940>
- Herrera, G., Luis-Chincoya, H., Nuñez-Aramburu, J. M., Jerónimo-Romero, Y., & Rogers-Montoya, Rn. A. (2025). Técnicas recomendadas para granjas cunícolas en pequeña escala. *Agro-Divulgación*, 5(1). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i1.315>
- Huamán Chacha, J. C. (2023). *Evaluación de la adición de un aditivo fitobiótico (activo) frente a un antibiótico promotor de crecimiento sobre los parámetros productivos, en pollos franceses en etapa de crecimiento* [Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5722>
- Hwang, J.-H., & Lim, S.-B. (2015). Antioxidant and Anticancer Activities of Broccoli By-Products from Different Cultivars and Maturity Stages at Harvest. *Preventive Nutrition and Food Science*, 20(1), 8–14. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06272432&buildDate=2025-12-23+16%3A52%3A48&nowDate=20251223_1&cdnUrl=https%3A%2F%2Fcdn.dbpia.co.kr%2Fstatic&appVersion=1.0.0&buildTime=20251223165248&minify=.min&language=ko_KR&hasTopBanner=true
- Ibrahim, S., Omer, H., Ali, F., & El-Kady, R. (2011). Broccoli By-Products as a Partial Replacement of Lucerne Hay in Rabbit Diets Containing Different Levels of Protein. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 11(5), 685–696. [https://www.idosi.org/aejaes/jaes11\(5\)11/13.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes11(5)11/13.pdf)
- King, A., Famula, T., & Pedroza, G. (2020). Subproductos de brócoli en dietas de gallinas ponedoras para mejorar el color de la yema | IVIS. *Albéitar*, 227, 24–26. <https://www.ivis.org/library/alb%3%A9itar/peque%3%B1os-ruminates-alb%3%A9itar-n%C2%B0227-jul-ago-2019/subproductos-de-br%3%B3coli-en-dietas-de-gallinas-ponedoras-para-mejorar-el-color-de-la-yema>
- Krupová, Z., Wolfová, M., Krupa, E., & Volek, Z. (2020). Economic values of rabbit traits in different production systems. *Animal*, 14(9), 1943–1951. ELSEVIER. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000683>
- Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R., & de Rochambeau, H. (1986). *The rabbit : husbandry, health and production*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la

Alimentación.

<https://www.fao.org/4/x5082e/X5082E03.htm#Historical%20background>

- Lebas, F., Licois, D., & García, J. (2020). Nutrition and feeding strategy: impacts on health status. In *Nutrition of the rabbit* (Vol. 1, pp. 193–221). CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781789241273.0193>
- Leite, S. M., Gonçalves, M., Almeida, M. R., Oliva, N., Stevanato, G. G., Nunes, P., Ribeiro, L. B., & Castilha, L. D. (2024). Digestive physiology of rabbits in the pre- and post-weaning phases. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 46(46), 1–13. SCiElo. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v46i1.70031>
- Lorenzo Kómová, E., Palacios Hidalgo, Á., & Souza Viamontes, C. M. (2023). La economía circular en la gestión de residuos ganaderos. *Economía Y Desarrollo*, 167(2). Universidad de La Habana. <https://revistas.uh.cu/econdesarrollo/article/view/7563?articlesBySimilarityPage=2>
- M-Soliman, S. M., Razik H, A., Hussein, M. M., & Rashad, O. M. (2020). Histological and Histochemical investigation of the development of the New Zealand rabbit's gastric glands. *Journal of Veterinary Medical Research*, 27(1), 76–89. <https://doi.org/10.21608/jvmr.2020.87551>
- Mackenzie, C. G., & Mackenzie, J. B. (2010). Effect of sulfonamides and thioureas on the thyroid gland and basal metabolism. *Endocrinology*, 32(2), 185–209. <https://doi.org/10.1210/endo-32-2-185>
- Mahmoud, Y. (2016). USING BROCCOLI PLANT WASTES IN SHEEP RATIONS. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 19(2), 277–287. <https://doi.org/10.21608/ejnf.2016.74910>
- Mahmoud, Y., & Kholif, A. (2022). NUTRITIONAL EFFECT OF BROCCOLI BY-PRODUCT AS FEED ADDITIVES ON PRODUCTIVE PERFORMANCE OF NEW ZEALAND RABBITS. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 25(2), 237–249. <https://doi.org/10.21608>
- Mapara, M., Thomas, B. S., & Bhat, K. M. (2012). Rabbit as an animal model for experimental research. *Dental Research Journal*, 9(1), 111–118. PubMed. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.92960>
- Martínez Castillo, M. Á., & Jiménez Castillo, L. V. (2020, April 23). Bioseguridad en cunicultura. *BM Editores*. <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/otras-especies/cunicultura/bioseguridad-en-cunicultura/>
- McClure, D. (2020, August 31). *Cría y reproducción de los conejos*. Manual de Veterinaria

- de MSD. <https://www.msdvvetmanual.com/es/todas-las-dem%C3%A1s-mascotas/conejos/cr%C3%ADa-y-reproducci%C3%B3n-de-los-conejos>
- Möller, R., Pérez, W., & Martin, E. (2002). Divisiones del ciego y colon ascendente del conejo (*Oryctolagus cuniculus*). *Veterinaria (Montevideo)*, 37(1), 23–25. <https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/445>
- Mondin, C., Trestini, S., Trocino, A., & Di Martino, G. (2021). The Economics of Rabbit Farming: A Pilot Study on the Impact of Different Housing Systems. *Animals Basel*, 11(11), 3040. PubMed. <https://doi.org/10.3390/ani11113040>
- Mueller, K., Blum, N. M., Kluge, H., Bauerfeind, R., Froehlich, J., Mader, A., Wendler, K. R., & Mueller, A. S. (2012). Effects of broccoli extract and various essential oils on intestinal and faecal microflora and on xenobiotic enzymes and the antioxidant system of piglets. *Open Journal of Animal Sciences*, 02(02), 78–98. <https://doi.org/10.4236/ojas.2012.22012>
- Muñoz Chela, A. D. (2021). *Promotores naturales de crecimiento en la producción de conejos* (pp. 19–21) [Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/51cc319f-6459-45ae-94e0-4d335a28b125/content>
- Ocampo-López, J., García-Vázquez, L. M., Ayala-Martínez, M., Soto-Simental, S., & Zepeda-Bastida, A. (2022). Effects of *Zingiber officinale* as a feed additive on productive parameters, carcass quality, and meat quality in growing rabbits. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 51(-), 1–8. SCiElo Brasil. <https://doi.org/10.37496/rbz5120200203>
- Oliveira, R. (2021). *Aspectos fisiológicos e nutricionais da alimentação de coelhos* (pp. 1–55) [Tesis para obtener el título de Médico Veterinario]. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2289>
- Organización de las Naciones Unidas. (2022, November 15). *Ya somos 8 mil millones de personas*. ONU Habitat. <https://onu-habitat.org/index.php/ya-somos-8-mil-millones-de-personas>
- Organización de las Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación, Fao. (2000). *Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación; Dirección de alimentación y nutrición. <https://www.fao.org/4/v5290s/v5290s00.htm#TopOfPage>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *FAOSTAT*. FAOSTAT; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y

- la Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), & Secretaria General de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2025). *Perspectivas Agrícolas 2025-2034* (pp. 25–29). FAO. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2025/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2025-2034_3eb15914/67cefa05-es.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2014). Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012. In *SAGARPA* (pp. 1–45). SAGARPA/FAO. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-1-diagnostico-del-sector-rural-y-pesquero.pdf>
- Parlamento Europeo. (2023, May 24). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>
- Pedrero Alonso, J. E., Pérez Mendoza, J. L., Tanguma Medina, M. A., & Oviedo Mendoza, T. E. (2022). Manejo de especies pecuarias. In https://dgetaycm.sep.gob.mx/storage/recursos/2022/08/hIw172qW2O-M3-SM3-Manejo%20de%20Aves%20y%20Conejos.pdf?utm_source=chatgpt.com (pp. 69–80). Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar. https://dgetaycm.sep.gob.mx/storage/recursos/2022/08/hIw172qW2O-M3-SM3-Manejo%20de%20Aves%20y%20Conejos.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Pérez-Zavala, M. D. L., Barboza-Pérez, U. E., & Barboza-Corona, J. E. (2024). Hacia un aprovechamiento total del brócoli y el agave. *Ciencia*, 75(3), 56–61. Academia Mexicana de Ciencias. https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/75_3/PDF/10_75_3_1462.pdf
- Quintero Sánchez, E. de J., Gomez de Anda, F. R., Vega Sánchez, V., Reyes Rodriguez, N. E., & Zepeda Velázquez, A. P. (2024). La historia del Conejo en México. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 10(20), 23–35. <https://doi.org/10.29057/icap.v10i19.11851>
- Quishpe Mendoza, X. C. (2021). *Harina de brócoli (Brassica oleracea var. Itálica) como aditivo fitobiótico en raciones para pollos de engorde*. (pp. 26–35) [Tesis]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7624>

- Rangel Pastrana, C. (2012). *Calculo de costos en la producción cunícola ubicada en la delegación Xochimilco* (pp. 21–31) [Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista].
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2012/junio/0708552/0708552.pdf>
- Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2022). *Environmental Impacts of Food Production*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>
- Romero Martín, C. (2008). La importancia de la cecotofia en el conejo. *Boletín de Cunicultura*, 156(1), 53–56.
<https://portalcientifico.ucavila.es/documentos/677689e2f3d0f955d3a8467c>
- Santos-Ricalde, R., Segura-Correa, J., Gutiérrez-Ruíz, E., & Aguilar-Pérez, C. (2023). Si el conejo, *Oryctolagus cuniculus*, es monogástrico ¿Por qué es importante que consuma fibra? *Bioagrociencias*, 16(1), 91–98. <https://doi.org/10.56369/bac.4960>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015, January 14). *SAGARPA impulsa la cunicultura como alternativa alimentaria y generadora de empleos en el campo*. Gobierno de México; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/sagarpa-impulsa-la-cunicultura-como-alternativa-alimentaria-y-generadora-de-empleos-en-el-campo>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera . (2023). *Anuario Estadístico De La Producción Agrícola*. Siap.gob.mx. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2020, May 21). *Acciones conjuntas para proteger la cunicultura*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/senasica/articulos/acciones-conjuntas-para-proteger-la-cunicultura>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2019). *Manual de Buenas Prácticas de Producción de Carne de Conejo* (2da ed., Vol. 1, pp. 1–62). SENASICA.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859793/Manual_de_Buenas_Prcticas_de_Producci_n_de_Carne_de_Conejo_2019.pdf
- Shree Nagraj, G., Chouksey, A., & Jaiswal, S. (2020). Capítulo 1 - Brócoli. In *Composición nutricional y propiedades antioxidantes de frutas y verduras* (pp. 5–17). Amit K. Jaiswal. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00001-5>
- Syed, R. U., Moni, S. S., Khaled, M., Khojali, W. M. A., Jafar, M., Alshammari, M. D., Abdelsalam, K., Taymour, S., Alreshidi, K., Elhassan, M., & Mohan, S. (2023).

- Broccoli: A multi-faceted vegetable for health: An in-depth review of its nutritional attributes, antimicrobial abilities, and anti-inflammatory properties. *Antibiotics*, 12(7), 1157–1157. PubMed. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12071157>
- Taladoire, E. (2018). ¿En la olla o en la Luna? El conejo entre los mexicas. *Anales de Antropología*, 52(2), 95. <https://doi.org/10.22201/iaa.24486221e.2018.2.63444>
- University of Michigan. (2025). *Oryctolagus cuniculus (European rabbit)*. Animal Diversity Web. https://animaldiversity.org/accounts/Oryctolagus_cuniculus
- Valero Gaspar, T., Rodríguez Alonso, P., Ruiz Moreno, E., Ávila Torres, J. M., & Varela Moreiras, G. (2018). *La alimentación española: características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta* (pp. 163–164). Fundación Española de la Nutrición. <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/2018/libro-la-alimentacion-espanola.pdf>
- Varga Smith, M. (2022). *Rabbit Medicine* (Tercera, Vol. 1, pp. 85–95). Elsevier.
- Velasco Galilea, M. (2016). *Caracterización del microbioma digestivo de una línea de conejo sometida a dos tratamientos alimentarios diferentes* (pp. 1–109) [Tesis para obtener el Master interuniversitario en mejora genética animal y biotecnología de la reproducción, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/74486>
- Velasco-Galilea, M., Piles, M., Viñas, M., Rafel, O., González-Rodríguez, O., Guivernau, M., & Sánchez, J. P. (2018). Rabbit Microbiota Changes Throughout the Intestinal Tract. *Frontiers in Microbiology*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02144>
- Vélez Izquierdo, A., Espinosa García, J. A., & Aguilar Romero, F. (2021). Tipología y caracterización de cunicultores en los Estados del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2), 469–486. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5811>
- Wang, X., Qi, Y., & Zheng, H. (2022). Dietary Polyphenol, Gut Microbiota, and Health Benefits. *Antioxidants*, 11(6), 1212. <https://doi.org/10.3390/antiox11061212>.
- Xiccato, G., & Trocino, A. (2020). Energy and protein metabolism and requirements. In J. Wiseman (Ed.), *Nutrition of the rabbit* (Vol. 1, Issue 1, pp. 89–125). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781789241273.0089>