



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CARNE EN
CORDEROS SUPLEMENTADOS CON ACEITES ESENCIALES

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta

NICOLE MOLLADO GARCÍA

Bajo la supervisión de: Alejandro Lara Bueno, Dr.



Chapingo, Estado de México, junio de 2025

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CARNE EN CORDEROS SUPLEMENTADOS CON ACEITES ESENCIALES

Tesis realizada por **NICOLE MOLLADO GARCÍA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

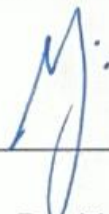
MAESTRA EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Dr. Alejandro Lara Bueno

ASESOR:



Ph.D. Germán David Mendoza Martínez

ASESOR:



Dr. Luis Alberto Miranda Romero

ASESOR:



M.C. José Felipe Orzuna Orzuna

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	3
2.1 Antibióticos promotores del crecimiento	4
2.1.1 Relación antibiótico animal- humano.....	5
2.2 Alternativas para la alimentación animal.....	7
2.2.1 Probióticos	8
2.2.2 Fitobióticos	9
2.2.3 Clasificación de los fitobióticos.....	10
2.2.4 Compuestos fenólicos	10
2.2.5 Metabolitos secundarios de plantas	12
2.3 Plantas que integran DYSGUARD-S®	13
2.3.1 Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	13
2.3.2 Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	14
2.3.3 Nicotinamida	14
2.3.4 Lisozima encapsulada.....	15
2.3.5 Cilantro (<i>Coriandrum sp.</i>).....	15
2.4 Composición de la canal.....	16
2.4.1 Uso de ultrasonido en la composición de la canal.....	17
2.5 Medidas objetivas de calidad	17
2.6 Características de la carne.....	18

2.6.1	Color (L^* , a^* , b^*).....	18
2.6.2	Terneza.....	19
2.6.3	Capacidad de retención de agua	19
2.6.4	pH final post mortem	20
3.	Materiales y métodos.....	21
3.1	Mezcla Poliherbal	21
3.2	Rendimiento productivo.....	21
3.3	Sacrificio y características de la canal.....	22
3.4	Calidad de la canal	23
3.5	Animales, dietas y diseño experimental	25
3.6	Análisis Estadístico	26
4.	Resultados y discusión	27
5.	Conclusiones	36
6.	Literatura citada	37

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la dieta basal con adición de distintas dosis de aditivo herbal con DYSGUARD´S®	26
Cuadro 2. Porcentajes de los ingredientes de la dieta basal.	26
Cuadro 3. Comportamiento productivo de corderos en finalización suplementados con DYSGUARD´S®	29
Cuadro 4. Características de la canal de corderos en finalización suplementados con DYSGUARD´S®.....	31
Cuadro 5. Pesos de los órganos de corderos en finalización suplementados con DYSGUARD´S®.....	32
Cuadro 6. Calidad de carne de corderos en finalización suplementados con DYSGUARD´S®.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación y mecanismos de acción de los aditivos promotores de crecimiento en animales.....	4
Figura 2. Principales hitos en la regulación del uso de antibióticos promotores de crecimiento en animales. Adaptado de FAO (2016), OMS (2017) y Niegowska & Wögerbauern (2022).....	7
Figura 3. Representaciones moleculares de compuestos bioactivos presentes en aceites esenciales: carvacrol, timol, flavonoide y terpenoide.....	11
Figura 4. Curva típica del descenso del pH <i>post mortem</i> en carne ovina. Se observa una disminución progresiva del pH durante las primeras 24 horas <i>post mortem</i> . Datos Adaptados de Devine et al., (2006) y Kadim et al., (2009).....	21
Figura 5. Ubicación del músculo <i>Longissimus dorsi/thoracis</i> en la canal ovina. Elaboración propia.....	24

DEDICATORIAS

A Dios

Por darme salud y la oportunidad de poder llegar a concluir una meta más en mi vida personal, académica y profesional.

A mi abuelita

Sivelis del Valle (†) sé que te fuiste sabiendo lo fuerte que soy y cuánto me costó llegar hasta aquí. Hoy quiero decirte, con todo mi corazón, que lo logré. En mí vive tu fuerza, tu amor y el ejemplo de la gran mujer que fuiste.

A mis padres

Lucila García Cruz y Martín Moyado del Valle; por permitirme volar aun cuando eso implicaba soltarme. Separarme de ustedes para seguir este camino no fue fácil, pero su apoyo, sus palabras y su confianza me sostuvieron en cada paso. Gracias por respetar mis decisiones y por creer en mí, incluso cuando yo dudaba. Este logro también es de ustedes.

A mi pareja

Carlos Antonio Díaz Arias; Gracias por siempre estar, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por brindarme de tu tiempo para acompañarme en los momentos más exigentes. Este logro no es solo mío, también es tuyo, porque estuviste en cada paso, con constancia, paciencia y compromiso. Gracias por caminar a mi lado con entrega y fe. Sin ti, este camino habría sido mucho más difícil.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, por ser la institución y el posgrado que me brindaron el espacio y la oportunidad para desarrollar mi formación académica.

Al Dr. Alejandro Lara Bueno, por confiar en mi proceso, por acompañarme a lo largo de este trayecto, por las atenciones brindadas durante la construcción de este proyecto y, sobre todo, por su valiosa amistad.

A mi Comité asesor, conformado por: Dr. Luis Alberto Miranda Romero, Dr. Germán David Mendoza Martínez, y M.C. José Felipe Orzuna Orzuna, por haber aceptado formar parte de este proceso académico. Expreso un agradecimiento muy especial al M.C. José Felipe Orzuna Orzuna por su guía y consejos desde el inicio de este camino, por compartir generosamente sus conocimientos y por su compromiso constante. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por su tiempo, disposición y valiosas aportaciones a este trabajo.

A Alexia, gracias por compartir conmigo risas y consejos, tu compañía y apoyo significaron más de lo que las palabras pueden expresar.

A Yaremi, gracias por acompañarme, por compartir conmigo este reto y por ser un reflejo de fortaleza, entrega y admiración constante.

A Jordi, por tu compañía sincera, por escucharme, animarme y estar presente a pesar de la distancia. Tú, más que nadie, fuiste testigo de cada paso y cada esfuerzo que me trajo hasta aquí. Gracias por compartir esta aventura conmigo.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Nicole Mollado García
Fecha de nacimiento	10 de enero del 2000
Lugar de nacimiento	Córdoba, Veracruz
CURP	MOGN000110MVZLRCA8
Profesión	Ingeniero Agrónomo
Cédula profesional	13941615

Desarrollo académico

Maestría en Ciencias	DEIS en Zootecnia
(2023-2024)	Posgrado en Producción Animal
	Universidad Autónoma Chapingo
Licenciatura	Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
(2018-2022)	Universidad Veracruzana

RESUMEN GENERAL

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CARNE EN CORDEROS SUPLEMENTADOS CON ACEITES ESENCIALES¹ PRODUCTIVE PERFORMANCE AND MEAT QUALITY IN LAMBS SUPPLEMENTED WITH ESSENTIAL OILS²

Resumen

El uso de aditivos herbales como promotores de crecimiento ha cobrado relevancia en los últimos años, principalmente como una alternativa natural frente al uso de antibióticos a nivel terapéutico. Esta tendencia responde a la creciente preocupación por la seguridad alimentaria y la resistencia antimicrobiana asociada al uso prolongado de antibióticos en la producción animal. El presente estudio evaluó el efecto de la inclusión dietética de un aditivo polihierbal sobre el comportamiento productivo, las características de la canal y la calidad de la carne de corderos durante la fase de engorda en confinamiento. Se utilizaron 32 corderos criollos distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos con diferentes niveles de inclusión del aditivo (0, 80, 160 y 240 g/100 kg MS) durante un periodo experimental de 60 días. Se registraron variables productivas como la ganancia diaria de peso, el consumo de materia seca y la conversión alimenticia, así como parámetros de canal, peso de órganos internos y calidad de carne (pH, color, pérdida por cocción y composición química). La suplementación con 80 g/100 kg MS mejoró significativamente la conversión alimenticia ($p < 0.05$) sin afectar negativamente los demás indicadores productivos, morfométricos o de calidad de la carne. No se observaron diferencias significativas en el peso final ni en la mayoría de los parámetros evaluados, aunque se identificaron tendencias lineales en la conversión alimenticia, rendimiento de canal caliente y fría, contenido de proteína en carne e intestino delgado, así como efectos cuadráticos significativos o tendenciales en el consumo de materia seca, pulmones y tráquea, conversión alimenticia y enrojecimiento de la carne (a^*), lo cual sugiere un efecto dosis-dependiente del aditivo. Estos resultados indican que el uso de aceites esenciales como alternativa natural a los antibióticos promotores del crecimiento puede contribuir al mejoramiento de la eficiencia alimenticia sin comprometer la salud ni la calidad del producto final.

Palabras clave: corderos, aceites esenciales, comportamiento productivo, calidad de carne, canal.

Abstract

The use of herbal additives as growth promoters has gained increasing attention in recent years, primarily as a natural alternative to the therapeutic use of antibiotics. This trend reflects growing concerns regarding food safety and antimicrobial resistance associated with the prolonged use of antibiotics in animal production. The present study evaluated the effect of dietary inclusion of a polyherbal additive on the productive performance, carcass traits, and meat quality of lambs during a confinement finishing phase. Thirty-two local-breed lambs were randomly assigned to four treatments with varying inclusion levels of the additive (0, 80, 160, and 240 g/100 kg of dry matter) over a 60-day experimental period. Productive parameters such as average daily gain, dry matter intake, and feed conversion ratio were recorded, along with carcass traits, internal organ weights, and meat quality indicators including pH, color, cooking loss, and chemical composition. Supplementation with 80 g/100 kg of dry matter significantly improved feed conversion ($p < 0.05$) without negatively affecting other productive, morphometric, or meat quality indicators. No significant differences were observed in final weight or most evaluated parameters; however, linear trends were identified in feed conversion, hot and cold carcass yield, meat protein content, and small intestine weight. In addition, significant or trending quadratic effects were observed for dry matter intake, lung and trachea weights, feed conversion, and meat redness (a^*), suggesting a dose-dependent effect of the additive. These results indicate that the use of essential oils as a natural alternative to antibiotic growth promoters may enhance feed efficiency without compromising animal health or final product quality.

Key words: lambs, essential oils, productive performance, meat quality, carcass traits.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal.
Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Nicole Mollado García
Director de Tesis: Alejandro Lara Bueno

² Master Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Nicole Mollado García
Advisor: Alejandro Lara Bueno

1. INTRODUCCIÓN

En la crianza de corderos para abasto se considera que la tasa de crecimiento y el período que transcurre desde el nacimiento hasta alcanzar el peso de comercialización son elementos clave que influyen en la productividad y rentabilidad económica (Hernández et al., 2004).

Las unidades de acabado de corderos suelen utilizar dietas ricas en cereales, específicamente concentrados de cereales como avena, cebada, sorgo, maíz y centeno (Razo et al., 2020). En un esfuerzo por minimizar la duración de la alimentación, existe el riesgo de que se presenten problemas metabólicos como la acidosis ruminal subaguda (SARA) y la litiasis urinaria, lo que podría tener efectos negativos tanto en la productividad como en la eficiencia económica. De igual forma, estudios han demostrado que sistemas de alimentación ad libitum en ovejas aumentan el tiempo de pH ruminal bajo (< 5.6) —indicativo de SARA— lo cual se relaciona con afecciones metabólicas y pérdida de rendimiento (Commun et al., 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) también ha recomendado que el sector ganadero deje de utilizar sistemáticamente antibióticos para estimular el crecimiento y prevenir enfermedades en animales sanos, con el fin de preservar la eficacia de estos medicamentos esenciales para la salud humana (OMS, 2017). De igual manera, las preferencias y tendencias dietéticas de los consumidores indican una demanda de productos animales libres de residuos químicos, incluyendo antibióticos (Alanís et al., 2022).

El creciente interés tanto de la industria como el sector académico por integrar alternativas para incrementar la productividad y reducir el uso de antibióticos a nivel terapéutico ha dado lugar a importantes investigaciones. Se ha demostrado que los metabolitos secundarios presentes en las plantas influyen en los procesos de fermentación ruminal y mejoran la productividad del ganado, lo que se atribuye principalmente a la utilización eficaz de las proteínas y la energía de la dieta, junto con la reducción de las emisiones de metano, lo que resulta en

mayor rendimiento productivo (Yáñez-Ruiz & Belanche, 2020). Estas alternativas incluyen ácidos orgánicos, enzimas alimenticias, probióticos, prebióticos, extractos y aceites esenciales, que mejoran las tasas de crecimiento, la salud animal y la eficiencia de utilización de nutrientes en los animales, al mismo tiempo que reducen la morbilidad y la mortalidad. Por ejemplo, los probióticos pueden modular la respuesta inmune tanto a nivel de la mucosa intestinal como sistémicamente, lo que sugiere su utilidad en la prevención o tratamiento de enfermedades inflamatorias (Ortíz et al., 2023).

Los aceites esenciales procedentes del tomillo (*Thymus vulgaris*), el orégano (*Origanum vulgare*) y el cilantro (*Coriandrum* sp.), junto con el extracto de castaña (*Castanea sativa*), son apreciados por sus componentes bioactivos como timol, carvacrol, ácido rosmarínico, linalool y α -terpineol (Bhuiyan et al., 2009). Estas sustancias confieren características antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes, lo que los hace beneficiosos en el ámbito de los productos para la salud y bienestar, como destaca Díaz-Patiño (2013).

La lisozima, una enzima con propiedades antimicrobianas naturales, ha emergido como una opción prometedora. Esta enzima actúa degradando el peptidoglicano de las paredes celulares bacterianas, lo que resulta en la muerte celular y potenciales beneficios inmunológicos adicionales, como la activación de macrófagos y la mejora de la secreción de inmunoglobulina A (Ellison & Giehl, 1991; Clarke et al., 2010).

La nicotinamida como parte de la niacina es considerada un aditivo seguro y eficaz en la nutrición animal. Su función principal es apoyar procesos metabólicos esenciales y, como suplemento dietético, tiene un margen de seguridad significativamente mayor a los niveles requeridos en la dieta (Westendorf, 2012).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la inclusión dietética de DYSGUARD[®] el cual contiene aceites esenciales adicionados con lisozima encapsulada y nicotinamida, sobre el comportamiento productivo, características

de la canal y calidad de la carne de corderos durante el período de engorda en confinamiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Los aditivos alimenticios son sustancias que se incorporan en la dieta animal en pequeñas cantidades. Su propósito principal es potenciar el valor nutricional de los alimentos, mejorar la calidad de los productos de origen animal, optimizar la productividad y el bienestar animal (Hashemi & Davoodi, 2010; Manicassamy et al., 2010).

La utilización de aditivos naturales de diversos orígenes para mejorar las defensas y el bienestar de los animales se ha implementado ampliamente. Según Santomá (1998), la utilización de antibióticos con el fin de promover el crecimiento se considera innecesaria. Los aditivos alimentarios se clasifican en cinco grupos según sus características y funcionalidades: aditivos tecnológicos o auxiliares (antioxidantes, emulsionantes o acidificantes); aditivos sensoriales (aromas y pigmentos); aditivos o suplementos nutricionales (vitaminas, oligoelementos y aminoácidos); aditivos digestivos promotores o modificadores del crecimiento (antibióticos, probióticos, enzimas, etc.); y aditivos destinados a prevenir enfermedades (coccidiostáticos y otras sustancias medicinales) (Karásková, Suchý & Straková, 2015). (Figura 1).

Otros compuestos que se pueden incorporar son activadores del sistema inmunitario como inmunoglobulinas orales, oligosacáridos que bloqueen la adhesión de las bacterias patógenas y sustancias que estimulen la flora intestinal benéfica, como destaca Santomá (1998).

Clasificación de los aditivos promotores de crecimiento

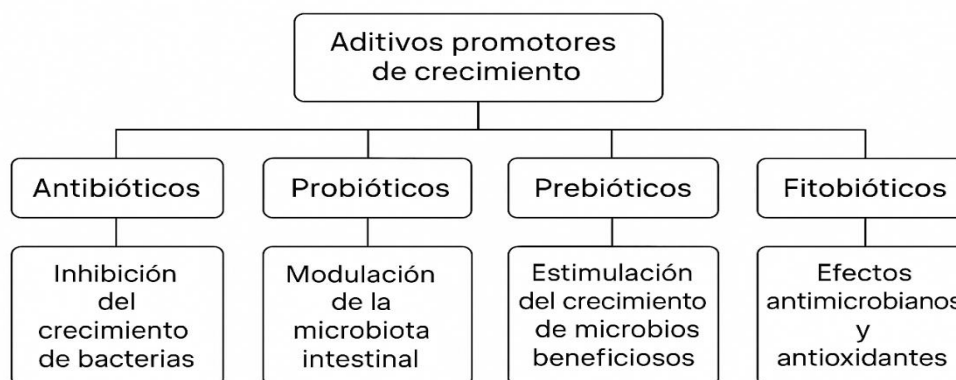


Figura 1. Clasificación y mecanismos de acción de los aditivos promotores de crecimiento en animales. Elaboración propia

2.1 Antibióticos promotores del crecimiento

Los antibióticos promotores del crecimiento (APC) se incorporan a la dieta de animales sanos a niveles subterapéuticos. El objetivo es regular y suprimir el crecimiento de bacterias patógenas que contribuyen a las enfermedades subclínicas en el tracto gastrointestinal de los animales. Actualmente, los APC autorizados como promotores del crecimiento para ganado son: penicilina, clortetraciclina, eritromicina, estreptomicina, bacitracina y espectinomicina (todos estos antibióticos son de uso en humanos), tilosina y virginiamicina (antibióticos con estructuras similares a otros usados en humanos), entre otros (Lozano-Sánchez et al., 2021).

Los antibióticos, como la clortetraciclina, promueven el crecimiento en el ganado al mejorar la ingesta de alimentos y la ganancia de peso. Sin embargo, preocupaciones sobre la resistencia antimicrobiana están impulsando investigaciones para limitar su uso (Glück, 2014).

En los sistemas porcinos, los APC mejoran significativamente la eficiencia alimenticia y las tasas de crecimiento. Sin embargo, su uso está asociado con el

incremento de bacterias resistentes, como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, que representan riesgos tanto para la salud animal como para la salud humana debido a la posibilidad de transmisión de resistencia antimicrobiana a través de la cadena alimentaria (Cromwell, 2002). También alteran la microbiota intestinal, lo que puede tener implicaciones para la salud de los animales y la resistencia bacteriana (Looft et al., 2012).

2.1.1 Relación antibiótico animal- humano

El uso de antibióticos en animales no solo mejora su productividad, sino que también está relacionado con el desarrollo de resistencia cruzada, lo que representa un desafío importante para la salud pública. Por ejemplo, las fluoroquinolonas son comúnmente empleadas en aves de corral para controlar infecciones gastrointestinales, pero su uso ha llevado al desarrollo de cepas resistentes de *Campylobacter jejuni*, que se transmiten a los humanos a través del consumo de carne contaminada, reduciendo la efectividad de estos antibióticos en tratamientos de infecciones intestinales humanas (Barton, 2000). Las tetraciclinas, utilizadas para prevenir enfermedades respiratorias en cerdos, han seleccionado cepas de *Enterococcus faecium* resistentes, un patógeno que puede causar infecciones graves en pacientes hospitalizados (Schwarz & Chaslus, 2001).

De manera similar, las cefalosporinas de tercera generación, usadas en vacas lecheras para controlar mastitis, han contribuido a la proliferación de *Escherichia coli* productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), que pueden transmitir sus genes de resistencia a bacterias humanas, complicando el tratamiento de infecciones graves (Madec, 2023). Además, animales que reciben dosis excesivas de antibióticos o aquellos sacrificados en condiciones inadecuadas pueden contribuir a la transferencia de genes de resistencia a bacterias humanas, especialmente mediante plásmidos móviles que facilitan la propagación de resistencia (Madec, 2023).

En el caso de los aminoglucósidos, comúnmente administrados en ganado para promover el crecimiento, los residuos en la carne y productos derivados pueden exponer a los consumidores humanos a bacterias resistentes, como *Klebsiella pneumoniae*, una amenaza significativa en infecciones hospitalarias (Fejzuli et al., 2018).

El uso de aminoglucósidos en la producción pecuaria ha sido común tanto con fines terapéuticos como para promover el crecimiento animal. Sin embargo, se ha documentado que los residuos de estos antibióticos en carne y productos derivados pueden representar un riesgo para la salud pública, al facilitar la exposición de los consumidores a bacterias resistentes, como *Klebsiella pneumoniae*, un patógeno asociado a infecciones hospitalarias de difícil tratamiento (Fejzuli et al., 2018).

Ante esta problemática, diversas autoridades sanitarias y organismos internacionales han promovido la restricción del uso de antibióticos en animales destinados al consumo humano (Figura 2). En 2017, la Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió directrices recomendando la reducción general del uso de antimicrobianos importantes para la medicina humana en animales de producción alimentaria, incluyendo la prohibición completa de su uso para promover el crecimiento y para la prevención de enfermedades no diagnosticadas clínicamente (Aidara-Kane, 2018).

Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha destacado que mejorar la productividad en los sistemas ganaderos es clave para lograr reducciones sustanciales en el uso global de antibióticos. Un estudio reciente liderado por la FAO encontró que las mejoras estratégicas en la eficiencia productiva del ganado podrían reducir el uso proyectado de antibióticos hasta en un 57% (FAO, 2016).

En Estados Unidos, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) implementó en 2017 la Directiva de Alimentación Veterinaria (Veterinary Feed Directive, VFD), que exige que los antibióticos importantes para la medicina

humana solo se utilicen en animales bajo supervisión veterinaria, y prohíbe su uso como promotores de crecimiento (Schulz & Rademacher, 2017).

Estas medidas reflejan un esfuerzo global por mitigar la propagación de la resistencia antimicrobiana, promoviendo el uso responsable de antibióticos en la producción animal y protegiendo la eficacia de estos medicamentos esenciales para la salud humana.

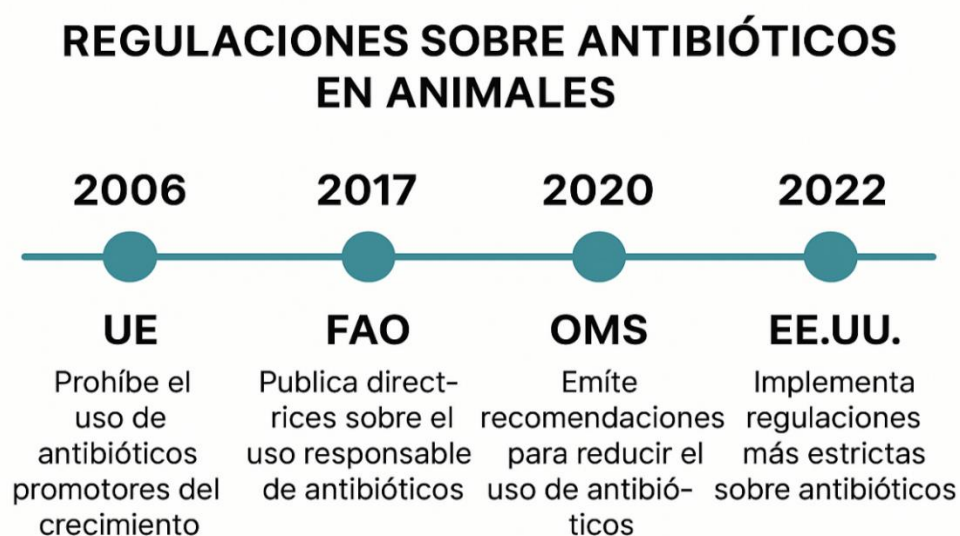


Figura 2. Principales hitos en la regulación del uso de antibióticos promotores de crecimiento en animales. Adaptado de FAO (2016), OMS (2017) y Niegowska & Wögerbauer. (2022).

2.2 Alternativas para la alimentación animal

En nutrición animal, se han desarrollado diversos aditivos como alternativas a los antibióticos, incluyendo probióticos, prebióticos, enzimas, minerales orgánicos, vitaminas, oligosacáridos, aceites esenciales y extractos de plantas (Benchaar et al., 2008). Estos compuestos representan avances significativos al mejorar la salud intestinal, la absorción de nutrientes y la productividad animal, a la vez que reducen el riesgo de resistencia antimicrobiana. Por ejemplo, los probióticos introducen microorganismos beneficiosos en el rumen y el sistema digestivo

general, optimizando los procesos digestivos y reduciendo la incidencia de enfermedades. Asimismo, las enzimas ayudan a descomponer los alimentos de manera más eficiente, mientras que los microminerales y vitaminas antioxidantes previenen el estrés oxidativo, contribuyendo al bienestar fisiológico del ganado (Dutta et al., 2019).

Es crucial continuar investigando alternativas a los antibióticos en la nutrición animal, dado que las restricciones regulatorias han hecho que el desarrollo de estas soluciones sea una prioridad. La búsqueda de aditivos naturales y biológicamente activos, como probióticos, aceites esenciales y extractos de plantas, no solo contribuirá a cumplir con las normativas, sino también a garantizar una producción animal eficiente y sostenible, mientras se reduce el impacto de la resistencia antimicrobiana (Kondrashova, 2020; Dutta et al., 2019).

2.2.1 Probióticos

Los probióticos son definidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) como cepas viables de microorganismos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren beneficios para la salud al huésped (FAO, 2002).

Los mecanismos exactos a través de los cuales los probióticos funcionan como aditivos no son claros. No obstante, se sabe que juegan un papel en la modulación de las vías digestivas y metabólicas, así como en la respuesta inmune. Esta modulación puede conducir a mejores resultados de salud para el huésped, mejorando la absorción de nutrientes y fortaleciendo el sistema inmunológico (Markowiak & Śliżewska, 2018).

La investigación sobre el impacto de la suplementación con probióticos en corderos ha demostrado efectos positivos en ciertos aspectos de la productividad, aunque los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones y el tipo de probiótico utilizado. Por ejemplo, la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* ha mostrado mejoras significativas en el peso

corporal y la ganancia diaria de peso en corderos, junto con efectos positivos en los parámetros ruminales, lo que sugiere un impacto beneficioso en la productividad general (Morad et al., 2018). Además, estudios recientes han destacado que el uso de probióticos puede mejorar las características de la carne, como la calidad, la deposición de grasa intramuscular y la composición de fibras musculares, contribuyendo tanto al rendimiento como a las características de la canal (Nie et al., 2022). Esta variabilidad puede atribuirse al tipo específico y a la dosis del probiótico utilizado, la formulación de las dietas en los experimentos, y al estado fisiológico del animal en el momento de la aplicación del probiótico (Saleem et al., 2017).

Para calificar un aditivo como prebiótico, debe cumplir tres criterios esenciales: no debe hidrolizarse ni absorberse en el estómago o el intestino delgado, debe ser selectivo para las bacterias comensales beneficiosas del intestino, como las bifidobacterias, y su fermentación debe promover efectos luminales ventajosos en el organismo huésped (Gaggia et al., 2010; Gosh & Melha, 2012).

2.2.2 Fitobióticos

Los fitobióticos, también conocidos como fitogénicos, son compuestos bioactivos derivados de plantas con efectos positivos sobre el crecimiento y la salud animal (Hernández-Reyes, 2018). Estos compuestos se incorporan a las dietas como aceites esenciales, extractos botánicos, extractos de hierbas o como una fórmula polihierbal (FPH). Además, estos productos naturales de origen vegetal en ciertas dosis son menos tóxicos, libres de residuos, y no contaminan el medio ambiente, en comparación con los antibióticos sintéticos o los químicos inorgánicos, por lo tanto, se recomiendan como una alternativa al uso de antibióticos (Kuralkar & Kuralkar, 2021).

En décadas recientes, las FPH se han utilizado como una alternativa a los antibióticos, debido a sus potenciales beneficios en la nutrición de los animales, como un mayor consumo de alimento, estimulación de la ingesta, mayor crecimiento y desarrollo, menor incidencia de enfermedades, mejora en los

parámetros reproductivos, aumento de la eficiencia alimenticia, incremento de la rentabilidad y reducción de emisiones de gases por parte de la ganadería (Chaturvedi et al., 2016; Lei et al., 2018; Razo et al., 2020).

Extractos de plantas como *Agaricus bisporus* han mostrado efectos antiparasitarios y antimicrobianos, mejorando la salud intestinal y la eficiencia alimenticia en animales, lo que los posiciona como aditivos naturales efectivos para aumentar la productividad sin comprometer la salud animal (Jankov et al., 2024). Otro caso relevante es el uso de extractos de equinácea y caléndula, que han demostrado estimular la microflora intestinal beneficiosa y mejorar las cualidades económicas y productivas en aves y ganado, sirviendo como una alternativa racional a los antibióticos (Ulrikh et al., 2018).

2.2.3 Clasificación de los fitobióticos

La amplia gama de sustancias fitoquímicas utilizadas como extractos vegetales funcionales (FPH) se clasifica según su fuente y método de extracción en: hierbas, que incluyen especies botánicas con y sin flores; especias, caracterizadas por ser hierbas aromáticas con sabor pronunciado que normalmente se incorporan a los platos culinarios para el consumo humano; aceites esenciales, que son sustancias lipófilas volátiles que se obtienen mediante procesos de destilación alcohólica o al vapor; y oleorresinas, que son extractos obtenidos con disolventes no acuosos (Ravindran et al., 2025).

2.2.4 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenológicos, a menudo denominados aditivos fitogénicos o fitobióticos, son sustancias derivadas de plantas que se integran en las dietas del ganado para mejorar la productividad y la calidad de los alimentos de origen animal. Estos compuestos se clasifican en función de sus estructuras fundamentales de carbono (Figura 3) que pueden consistir en un solo anillo de benceno; un anillo acompañado de una cadena de carbono que incluye entre uno y cuatro o siete átomos de carbono (denominado clase C6-Cn) o un marco en el

que la cadena de carbono está conectada a un anillo de benceno adicional (clase C6-Cn-C6) (Tsimogiannis & Oreopoulou, 2019).

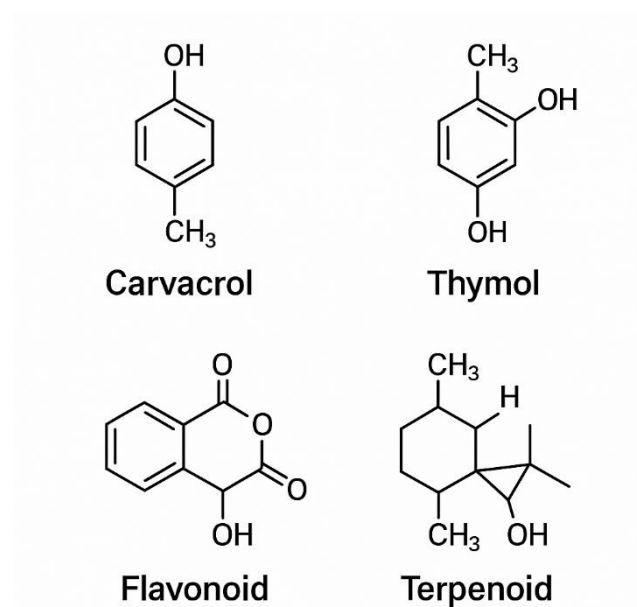


Figura 3. Representaciones moleculares de compuestos bioactivos presentes en aceites esenciales: carvacrol, timol, flavonoide y terpenoide (Tsiplakou et al., 2021).

Los aditivos herbales y fitobióticos pueden clasificarse de diversas maneras según sus propiedades, métodos de procesamiento y usos. Desde una perspectiva medicinal, se dividen en agentes antibacterianos, antifúngicos, antiinflamatorios, antioxidantes, antivirales, antiulcerosos, anticancerosos e inmunoestimulantes (Hashemi & Davoodi, 2010). Además, según su procesamiento, incluyen hierbas (plantas con flores no leñosas), especias (hierbas con aromas o sabores pronunciados), aceites esenciales (sustancias volátiles obtenidas por destilación o prensado) y oleorresinas (extractos con disolventes no acuosos) (Sugiharto, 2016). También se clasifican por la parte de la planta utilizada raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas, que puede influir en la concentración de compuestos bioactivos (Tsimogiannis & Oreopoulou, 2019), y por su forma de crecimiento, como pastos, arbustos y árboles,

dependiendo de su contexto ambiental (Windisch et al., 2008). Por último, su calidad está influenciada por factores como la época de cosecha y la procedencia geográfica, lo que los hace útiles en la industria alimentaria para mitigar la oxidación lipídica e inhibir el crecimiento microbiano en productos cárnicos (Nieto et al., 2010; Naghibi et al., 2010).

2.2.5 Metabolitos secundarios de plantas

Los extractos de plantas como el de *Allium sativum* (ajo) y *Thymus vulgaris* (tomillo) han sido ampliamente estudiados por sus efectos antimicrobianos y antioxidantes, mostrando un gran potencial para mejorar la salud y el rendimiento animal (Greathead, 2003). Estas propiedades se atribuyen a los metabolitos secundarios presentes en estas plantas, como compuestos fenólicos, alcaloides, saponinas y terpenoides, que actúan como defensas naturales contra patógenos y factores de estrés ambiental. En el contexto de la nutrición animal, estos metabolitos desempeñan un papel crucial al modular la microbiota ruminal, mejorar la eficiencia digestiva y promover un ecosistema gastrointestinal equilibrado, lo que contribuye a una mejor absorción de nutrientes y al fortalecimiento de las defensas inmunitarias, especialmente durante periodos de estrés (Valenzuela-Grijalva et al., 2017).

Además, los metabolitos secundarios han demostrado tener propiedades medicinales específicas, como la capacidad de reducir las poblaciones de arqueas metanogénicas, mejorar la respuesta inmune, inhibir la proliferación de microorganismos patógenos y disminuir los niveles de glucosa en sangre (Pattanayak et al., 2010; Díaz-Galván et al., 2021). Sin embargo, los mecanismos de acción de muchas hierbas vegetales funcionales (HPF) no se comprenden completamente debido a la complejidad de sus metabolitos secundarios, sus concentraciones, las dosificaciones óptimas y las interacciones con las dietas básicas de los animales. Esta falta de comprensión destaca la necesidad de investigaciones adicionales para maximizar sus beneficios en la producción animal.

La mejora en la absorción de nutrientes se debe en parte a la estimulación de secreciones salivales y biliares, junto con el aumento de la actividad enzimática, lo que incrementa la digestibilidad de nutrientes. Los compuestos nutraceuticos activos, como los flavonoides, contribuyen a estos beneficios debido a sus propiedades antioxidantes, metal-quelantes, antiinflamatorias, antialérgicas, hepatoprotectoras, antitrombóticas, antivirales y anticancerígenas (Tapas et al., 2008; Mandey & Sompie, 2021).

Incluir compuestos vegetales en la alimentación animal puede aumentar la ingesta de alimentos, estimular la digestión, mejorar el rendimiento del crecimiento, reducir la incidencia de enfermedades y mejorar la eficiencia alimenticia, lo que lleva a una rentabilidad general superior (Mandey & Sompie, 2021).

2.3 Plantas que integran DYSGUARD-S®.

2.3.1 Tomillo (*Thymus vulgaris*)

El tomillo es una planta aromática rica en compuestos bioactivos, como el timol, carvacrol y p-cimeno. El timol es un fenol con propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias, que ha mostrado eficacia contra una variedad de patógenos bacterianos y fúngicos. El carvacrol también posee fuertes propiedades antimicrobianas y antioxidantes, siendo eficaz en la inhibición de la proliferación de bacterias y hongos. El p-cimeno, un hidrocarburo aromático natural, aunque en menor proporción, también contribuye al perfil antioxidante de la planta de tomillo (Rodríguez-Sauceda, 2011).

Según Cepero-Briz (2006), la inclusión de tomillo en la dieta animal puede reducir la carga bacteriana patógena, promoviendo un ambiente intestinal más saludable. Estos efectos contribuyen a mejorar la absorción de nutrientes y a incrementar la eficiencia alimentaria, haciendo del tomillo una alternativa prometedora a los aditivos sintéticos en la producción animal.

Del mismo modo, Vlaicu et al. (2022) descubrieron que la incorporación del tomillo como aditivo natural en la alimentación de las aves mejora significativamente la calidad de la carne desde el punto de vista del consumo humano, como lo demuestra la notable mejora en las proporciones de ácidos grasos poliinsaturados, la proporción omega-6/omega-3 y la proporción de ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos saturados en el muslo.

2.3.2 Orégano (*Origanum vulgare*)

El orégano es ampliamente conocido por su alto contenido en carvacrol, timol y ácido rosmarínico. El carvacrol y el timol contribuyen significativamente a las propiedades antimicrobianas y antioxidantes del orégano. Se ha demostrado que estos compuestos son efectivos en la inhibición de bacterias, hongos y otros microorganismos patógenos (Leyva- López et al., 2017)

Gijón et al. (2023) destacan el uso del orégano en la alimentación animal por su capacidad para mejorar la respuesta inmune y reducir la inflamación. Además, su inclusión en dietas para ganado ha mostrado efectos positivos en la mejora de la digestibilidad y la absorción de nutrientes, lo que contribuye a mejorar el rendimiento productivo. El ácido rosmarínico es un potente antioxidante que no solo protege a las células del daño oxidativo, sino que también exhibe propiedades antiinflamatorias.

2.3.3 Nicotinamida

La nicotinamida, también conocida como vitamina B3 o niacina, es fundamental en la nutrición animal debido a su papel en el metabolismo energético. Participa en la conversión de carbohidratos, grasas y proteínas en energía utilizable, actuando como componente esencial de coenzimas como NAD⁺ y NADP⁺. En rumiantes, aunque los microorganismos del rumen pueden sintetizar niacina, factores como el balance proteico en la dieta pueden influir en su producción, pudiendo requerir suplementación en ciertas condiciones. Por ejemplo, Tasdemir et al. (2011) evaluaron el efecto de la grasa dietética, L-carnitina y niacina en la producción y composición de la leche en vacas lecheras en lactación media,

encontrando que la suplementación con niacina no influyó significativamente en la producción y composición de la leche. Además, la niacina es importante en rumiantes porque es requerida en el hígado para la detoxificación de la sangre portal, en el paso de amonio a urea y en el metabolismo hepático de cetonas en casos de cetosis. Aunque normalmente es sintetizada en el rumen, factores como el balance proteico, la dieta energética y la calidad del alimento pueden afectar sus niveles, haciendo necesaria su suplementación en ciertas circunstancias (Westendorf, 2012). Por lo tanto, la suplementación adecuada de niacina puede mejorar la salud y el rendimiento productivo de los animales.

2.3.4 Lisozima encapsulada

Alarcón-Rojo et al. (2017) indica que el aceite esencial de orégano tiene beneficios potenciales en la nutrición animal, particularmente en cerdos y aves. Se enfoca en sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, que contribuyen al mejoramiento de la salud y el rendimiento animal. También actúa como un conservante natural para la carne, reduciendo la degradación y controlando el crecimiento microbiano, lo que lo convierte en una alternativa efectiva a los aditivos sintéticos.

2.3.5 Cilantro (*Coriandrum* sp.)

El cilantro, perteneciente al género *Coriandrum*, es otra planta con múltiples propiedades medicinales y nutricionales. Se ha identificado que contiene aceites esenciales ricos en linalool, geraniol y borneol, los cuales poseen propiedades antimicrobianas, antioxidantes y ansiolíticas (Burth, 2004).

Benzie y Strain (1996) desarrollaron un método para medir la capacidad antioxidante en plasma humano, demostrando que compuestos similares a los encontrados en el cilantro pueden contribuir significativamente a reducir el estrés oxidativo. Bhuiyan et al. (2009) analizaron la composición química del aceite esencial de las hojas y semillas de cilantro, identificando compuestos como el linalool, con propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Aunque su enfoque no se limita exclusivamente a animales o humanos, los resultados son relevantes

para ambas áreas dependiendo del contexto experimental y del objetivo nutricional. Por otro lado, Chithra y Leelamma (1997) encontraron que las semillas de cilantro tienen un efecto hipoglucemiante significativo, pero el estudio se centró en modelos relacionados con humanos.

Silva et al. (2020) evaluaron la capacidad del cilantro para eliminar metales pesados, destacando su potencial como agente desintoxicante en organismos vivos, ya sea en aplicaciones humanas o animales. Estos hallazgos demuestran la versatilidad del cilantro como aditivo natural tanto en nutrición humana como en producción animal.

2.4 Composición de la canal

La composición de la canal de corderos, en términos de proporción de músculo, grasa y hueso, varía significativamente dependiendo de factores como la raza, la dieta y el manejo del crecimiento. Brand et al. (2018) analizaron las características de la canal de corderos Merino, South African Mutton Merino y Dorper, destacando que los Dorper acumulan grasa subcutánea más rápidamente, mientras que las proporciones de músculo y hueso disminuyen con el tiempo en sistemas intensivos de engorde. Asimismo, Santana-Andrade et al. (2017) observaron que los corderos sacrificados con mayor grosor de grasa subcutánea presentaron una mayor proporción de grasa total en comparación con aquellos con menor grosor, lo que subraya la influencia de la grasa subcutánea en la composición regional y tisular de la canal. Por otro lado, Henriques da Nóbrega et al. (2013) destacaron cómo diferentes estrategias dietéticas pueden impactar el balance entre músculo, grasa y hueso, así como la distribución de grasa intramuscular y subcutánea, mejorando la calidad del producto final. Estos estudios enfatizan la importancia de la composición de la canal no solo para maximizar el rendimiento productivo, sino también para optimizar la calidad de la carne destinada al consumo humano.

2.4.1 Uso de ultrasonido en la composición de la canal

El uso de la ecografía para determinar la composición de la canal de corderos ha sido ampliamente investigado como una herramienta no invasiva para evaluar parámetros de calidad y rendimiento en tiempo real. Por ejemplo, Orman et al. (2008) evaluaron la efectividad de la ecografía en la determinación de la composición de la canal en corderos machos de la raza Awassi a diferentes pesos vivos. Los resultados mostraron que esta tecnología permite predecir con precisión la profundidad del músculo y el grosor de grasa subcutánea, correlacionándose significativamente con los rasgos reales de la canal. De manera similar, Dias et al. (2020) demostraron que la ecografía, combinada con mediciones en vivo en regiones lumbares y esternales, puede predecir eficazmente los depósitos de grasa corporal y la composición de la canal, destacando su utilidad en condiciones de campo. Estas investigaciones subrayan el potencial de la ecografía como una herramienta práctica y confiable para clasificar y seleccionar canales ovinas de alta calidad.

2.5 Medidas objetivas de calidad

La medición objetiva de la calidad de la canal en corderos incluye parámetros clave como el área del ojo de la chuleta (loin eye area, LEA) y el espesor de grasa dorsal (backfat thickness, BFT). Estas medidas son indicadores relevantes de la composición de la canal y su calidad para el consumo humano. Por ejemplo, Alves et al. (2023) evaluaron corderos Ile de France mediante ultrasonografía, mostrando que el peso y el estado corporal influyen significativamente en estas características, con una mayor LEA y BFT en animales de mayor peso, lo que valida la utilidad de la ultrasonografía en la evaluación no invasiva de la canal. Por otro lado, Menezes et al. (2015) destacaron la correlación entre la LEA y la proporción comestible de la canal, subrayando la importancia de medir con precisión esta área para la comercialización eficiente de la carne ovina. Finalmente, Fernandes et al. (2008) encontraron que los sistemas de alimentación en confinamiento generaban mayor espesor de grasa dorsal en

comparación con sistemas basados en pastoreo, lo que influye directamente en la calidad de la carne y las preferencias del consumidor.

2.6 Características de la carne

La calidad de la carne de cordero está influenciada por factores como la alimentación, el manejo y las características del animal. Huang et al. (2023) encontraron que los corderos alimentados con concentrados producen carne más tierna y jugosa en comparación con aquellos alimentados exclusivamente en pastoreo, debido a un mayor contenido de grasa intramuscular y menor dureza de las fibras musculares. De manera similar, Hoffman et al. (2020) destacaron que los sistemas de producción en confinamiento generan carne de cordero con mayor jugosidad y terneza, mientras que los sistemas de pastoreo libre presentan menor terneza, especialmente en corderos machos. Además, Smith & Kinsman (1979) demostraron que el estrés nutricional afecta significativamente la terneza de la carne, aunque las características sensoriales como jugosidad y sabor permanecen relativamente estables. Estos hallazgos subrayan cómo las prácticas de manejo y alimentación pueden optimizar la calidad sensorial y física de la carne destinada al consumo humano.

2.6.1 Color (L^* , a^* , b^*).

El color de la carne de cordero es una característica clave que influye en la percepción de calidad y el atractivo para el consumidor. Este se mide objetivamente a través de los parámetros L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), y b^* (amarillo-azul). Zullo et al. (2006) encontraron que factores como la estimulación eléctrica y la raza de los corderos influyen significativamente en estos valores, con corderos más jóvenes mostrando mayores valores de a^* y b^* . Costa et al. (2011) destacaron cómo la dieta impacta el brillo (L^*) y el nivel de enrojecimiento (a^*), observando que concentraciones dietéticas de hierro están correlacionadas con la intensidad de brillo. Asimismo, Jacob et al. (2014) estudiaron la estabilidad del color de la carne, indicando que características como el pH y la concentración de ácido linoleico influyen directamente en la percepción del color en carnes almacenadas y exhibidas.

2.6.2 Terneza

El impacto de los aceites esenciales y fitobióticos en el color de la carne de cordero ha sido ampliamente estudiado, destacando su capacidad para mejorar la calidad sensorial y preservar las características visuales. Simitzis et al. (2008) evaluaron la suplementación dietética con aceite esencial de orégano en corderos y observaron mejoras en la estabilidad y apariencia del color de la carne, lo que refuerza su aceptación durante el almacenamiento y la exhibición. De manera similar, Klupšaitė et al. (2020) investigaron el uso de aceite esencial de *Thymus vulgaris* en corderos Suffolk e Ile de France, encontrando que este tratamiento no solo mejoró la aceptabilidad del color de la carne cruda, sino también parámetros relacionados con la composición lipídica y la seguridad microbiológica. Estos hallazgos subrayan el potencial de los aceites esenciales como aditivos naturales para optimizar la calidad y la percepción del consumidor en la carne de cordero.

2.6.3 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) de la carne es un atributo clave que afecta su calidad y aceptación en el mercado. Kudryashov y Kudryashova (2023) enfatizaron que la CRA depende de la fuerza de los enlaces agua-carne y de la estructura del tejido muscular, destacando la importancia de la cohesión proteica para retener agua durante el procesamiento y almacenamiento. Por otro lado, Okuskhanova et al. (2017) evaluaron las variaciones en CRA entre diferentes tipos de carne, identificando valores más altos en carnes de maral (79.57%) en comparación con carnes de ave, lo que resalta cómo las propiedades musculares específicas influyen en la retención de agua. Adicionalmente, Den Hertog-Meischke et al. (1997) señalaron que factores fisiológicos, las condiciones de cría y los métodos de procesamiento impactan significativamente a CRA, subrayando la necesidad de prácticas de manejo óptimas para mejorar este parámetro en la producción animal.

2.6.4 pH final post mortem

El pH final post mortem es un indicador crucial de la calidad de la carne, ya que afecta directamente propiedades como la ternura, la capacidad de retención de agua y la estabilidad del color (Figura 4). Kaiser et al. (2022) evaluaron el pH final en canales de aves, observando una estabilización en 5.98 ± 0.06 para carne normal, en contraste con 5.72 ± 0.06 en carne pálida, blanda y exudativa (PSE), lo que resalta la importancia del pH en la clasificación y calidad de la carne. Asimismo, Manalo & Gabriel (2019) analizaron cómo las prácticas previas al sacrificio influyen en el pH post mortem en cerdo y pollo, demostrando que factores como el manejo y las condiciones de sacrificio pueden prevenir desviaciones hacia condiciones PSE o DFD (oscura, firme y seca). Finalmente, Garrido et al., (1994) destacaron que los métodos de aturdimiento y las tasas de enfriamiento posterior al sacrificio afectan significativamente el pH final en carne de cerdo, mejorando la calidad al reducir la desnaturalización de proteínas y potenciar la retención de agua.

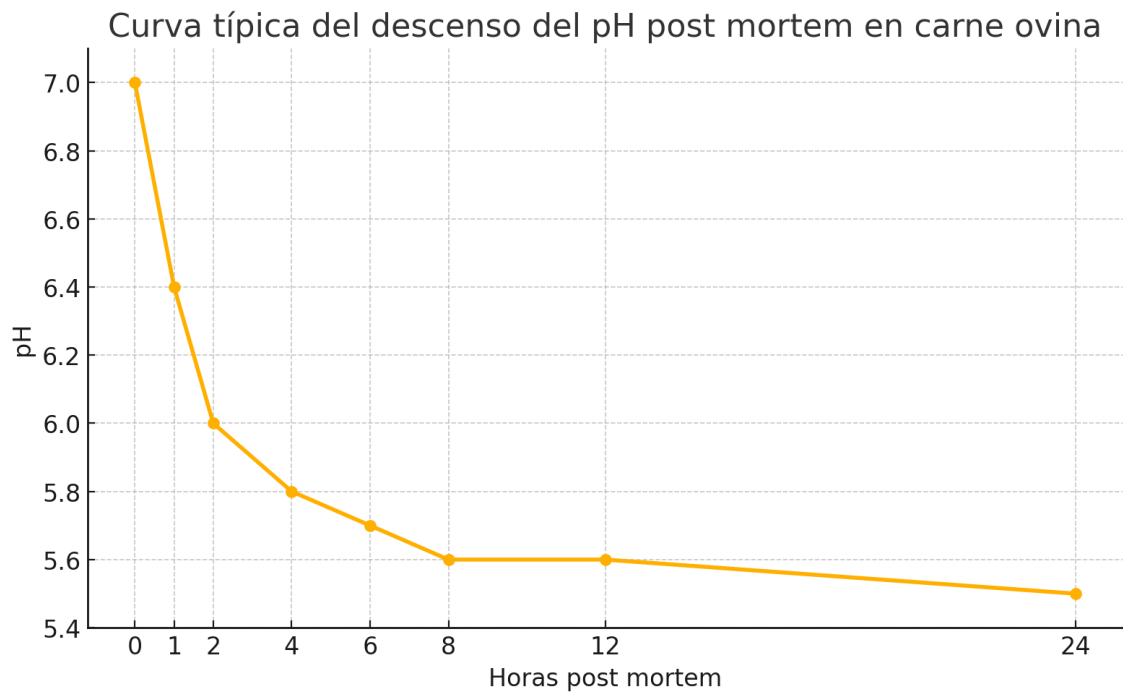


Figura 4. Curva típica del descenso del pH post mortem en carne ovina. Se observa una disminución progresiva del pH durante las primeras 24 horas post mortem. Datos Adaptados de Devine et al. (2006) y Kadim et al. (2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el módulo de ovinos de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. La investigación se llevó a cabo en primavera, durante los meses de abril a junio, en condiciones climáticas cálidas y húmedas.

Los protocolos para la supervisión y el manejo de las ovejas jóvenes se implementaron de acuerdo con las normas establecidas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1995).

3.1 Mezcla Poliherbal

El producto herbal dosificado en las dietas de tratamientos fue DYSGUARD-S® (Lapisa SA de CV. Michoacán, México) es un producto formulado a partir de ingredientes de origen natural, destacando por su combinación equilibrada de aceites esenciales. Entre sus componentes principales se encuentran el tomillo (*Thymus vulgaris*), rico en timol, carvacrol y p-cimeno; el orégano (*Origanum vulgare*), fuente de carvacrol, timol y ácido rosmarínico; y el cilantro (*Coriandrum* sp.), que aporta linalool y α -terpineol. Estos compuestos se caracterizan por sus propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes (Ficha técnica de Lapisa, s.f.).

3.2 Rendimiento productivo

La alimentación se llevó a cabo dos veces al día, a las 08:00 y a las 16:00 horas. Los animales tuvieron acceso al agua de bebida *ad libitum* durante todo el experimento.

En la fase experimental, se registró el peso corporal (PC) de cada cordero una hora antes de la alimentación matutina los días 1, 14, 28, 42 y 56 utilizando una báscula digital marca WeiHeng® (modelo WH-C100, Guangzhou Weiheng Electronics Co., Ltd., Guangzhou, China). La ganancia diaria de peso (GDP) se

calculó como la diferencia entre el peso final y el peso inicial, dividida entre el número de días transcurridos entre cada pesaje. La conversión alimenticia (CA) se determinó dividiendo la cantidad total de alimento consumido por cada cordero durante el periodo experimental entre su respectiva GDP.

3.3 Sacrificio y características de la canal

El área de chuleta (AC) y espesor de grasa dorsal (EG) se midieron el día 53 del experimento en el músculo *Longissimus dorsi* utilizando un equipo de ultrasonido Sonovet 600® (Medison Inc., Cypress, CA, EE. UU.) con un transductor de 7.5 MHz (Lozano-Sánchez et al., 2021).

En el último pesaje previo al sacrificio, realizado el día 56 del experimento, los corderos fueron sometidos a un ayuno de 18 horas. Todos los animales fueron sacrificados el mismo día en un matadero comercial, siguiendo los procedimientos establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-033-SAG/ZOO-2014). El proceso incluyó aturdimiento con perno cautivo, desangrado y desuello.

Posteriormente, se registró el peso de la canal en caliente (PCC). Las canales se almacenaron a 4 °C durante 24 horas para obtener el peso de la canal fría (PCF). El rendimiento de la canal caliente (RCC) se calculó según Zimmerman et al., (2008) mediante la fórmula:

$$RCC = \left(\frac{PCC}{PVAS} \right) \times 100$$

PVAS = peso vivo del cordero antes del sacrificio

Adicionalmente, se empleó la metodología de Daza (1997) para evaluar parámetros de morfometría corporal, incluyendo la longitud externa de la canal (LEC), longitud interna de la canal (LIC), longitud de la pierna (LP) y circunferencia de la pierna (CP).

Finalmente, se pesaron por separado los órganos y componentes no convencionales del cordero: piel, cabeza, patas, testículos, rumen vacío, hígado,

bazo, riñones, corazón, pulmones, intestino delgado e intestino grueso, siguiendo la recomendación de evaluar cada componente individualmente para establecer relaciones entre nutrición, metabolismo y desarrollo tisular (Owens et al., 1993).

3.4 Calidad de la canal

Una hora post-mortem se extrajeron muestras del músculo *Longissimus dorsi* (LD), ubicado entre la séptima y la undécima costilla, utilizando un bisturí. Estas muestras fueron recolectadas directamente de la canal y utilizadas para la evaluación de pH, color, composición química y pérdida por cocción (PPC). Se obtuvieron aproximadamente 400 g de músculo LD por canal, los cuales fueron congelados a -2°C hasta su posterior análisis de calidad de carne. Para la determinación de la PPC, las muestras fueron descongeladas durante 24 horas en refrigeración, protegidas de corrientes de aire. Posteriormente, se analizaron por triplicado. El análisis de calidad de carne se realizó en el laboratorio del Posgrado en Producción Animal y en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo.

Para determinar la pérdida por cocción, se asaron filetes de aproximadamente 2.5 cm de grosor en una parrilla eléctrica (Toastermaster Cool-Edge-Grill®, Macon, MO, EE. UU.) hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C , la cual fue monitoreada mediante un termómetro digital (Brannan & Sons®, Cleator Moor, Cumbria, Reino Unido). Una vez alcanzada la temperatura deseada, los filetes fueron retirados de la parrilla y dejados enfriar a temperatura ambiente ($20\text{--}25^{\circ}\text{C}$) mediante el procedimiento descrito por Cañeque & Sañudo (2005).

El color de la carne se determinó en cortes del músculo *Longissimus dorsi* utilizando un colorímetro HunterLab (MiniScan XE Plus 45/0-L, EE. UU.), inmediatamente después del sacrificio. Los resultados se expresaron en términos de luminosidad (L), ángulo de tono (Hue°) e índice de saturación (croma), todos en grados. Las coordenadas de color fueron obtenidas a partir del promedio de tres mediciones por muestra, de acuerdo con el procedimiento descrito por McGuire (1992) (Figura 5).

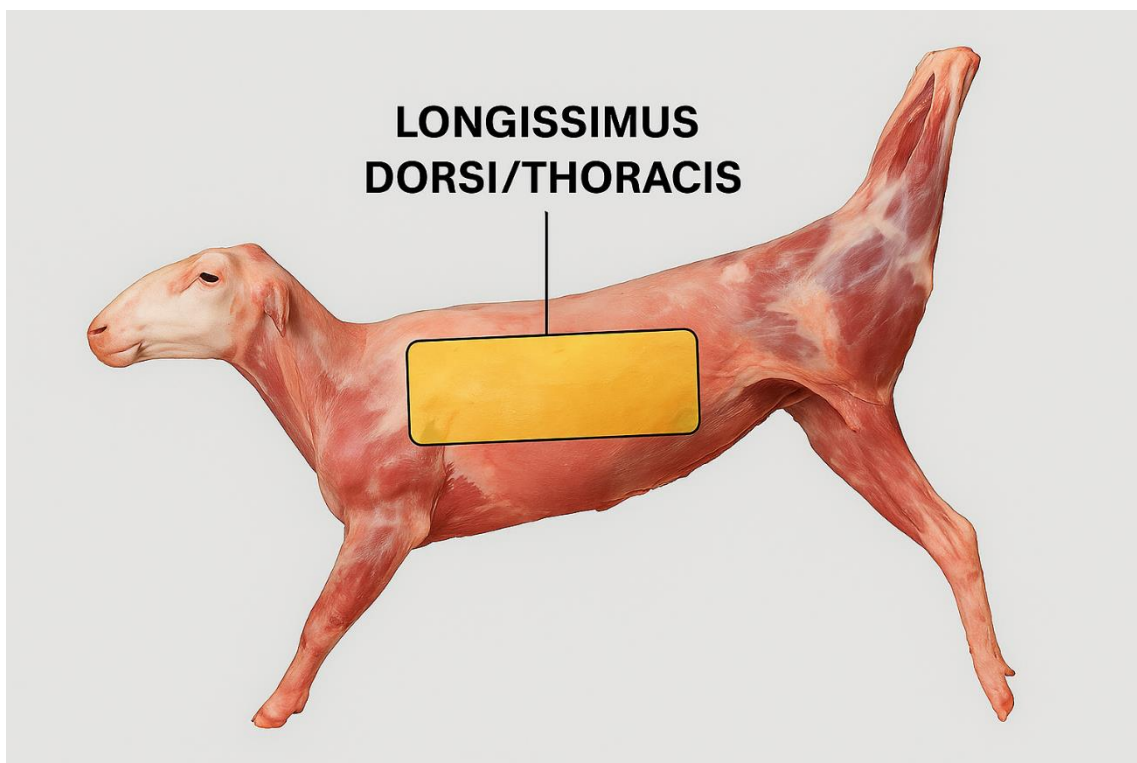


Figura 5. Ubicación del músculo *Longissimus dorsi/thoracis* en la canal ovina. Elaboración propia.

El pH de la carne se midió siguiendo la metodología descrita por Negrete et al., (2017). Para ello, se homogeneizaron 3 g de músculo *Longissimus dorsi* en 20 mL de agua desionizada utilizando una licuadora Waring 51BL32 (modelo 700, Torrington, CT, EE. UU.). La medición del pH se realizó con un potenciómetro digital Hanna® (modelo HI 98127, Woonsocket, RI, EE. UU.).

Previo al análisis proximal, las muestras de carne fueron descongeladas durante 24 horas a una temperatura de 4 °C. Luego, se procedió a retirar la grasa subcutánea y el tejido conectivo con bisturí. Las muestras fueron trituradas y homogeneizadas durante cinco minutos en una licuadora. Posteriormente, se analizaron por triplicado, utilizando 180 g por muestra para determinar el contenido de proteína, grasa, humedad y colágeno (expresados en g·kg⁻¹), mediante un espectrofotómetro de infrarrojo cercano FOSS FoodScan™, según la metodología de Andersen et al. (2018).

3.5 Animales, dietas y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo con 32 corderos criollos, distribuidos en cuatro niveles de inclusión del aditivo herbal DYSGUARDS® (0, 80, 160, y 240 g/100 kg MS); con ocho animales por nivel (cuatro hembras y cuatro machos en cada uno), con peso promedio inicial de 25.31 ± 0.09 kg, y fueron alojados en corraletas individuales lo que permitió un control preciso de las condiciones experimentales.

El periodo experimental fue de 60 días, durante el cual se evaluaron cuatro niveles de inclusión: una dieta basal sin aditivo y tres dietas basales suplementadas con 800 g, 1600 g y 2400 g del aditivo herbal por tonelada de alimento, respectivamente. Antes de iniciar el experimento, todos los corderos fueron desparasitados con Ivermectina (Ivomec F®).

En el Cuadro 1 se presentan los porcentajes de la dieta basal suministrada a los corderos en base. Todos los corderos tuvieron agua limpia y fresca a voluntad.

La composición química de las dietas experimentales (Cuadro 2), se determinó en el Laboratorio Bromatológico del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo mediante la metodología propuesta por AOAC, 2005) y Van Soest et al. (1991).

Cuadro 1. Composición química de la dieta basal con adición de distintas dosis del aditivo herbal.

Variable	Nivel de inclusión de DYSGUARD [®] S® (g/100 kg MS)			
	0	80	160	240
MS, %	93.0	93	91	91
Cenizas, %	5.5	5.5	5.5	5.5
PC, %	14.5	14.5	14.5	14.5
FDN.%	42.0	42.0	42.0	42.0
FDA,%	25.0	25.0	25.0	25.0
EE,%	2.5	2.5	2.5	2.5
EM,Mcal kg	2.65	2.65	2.65	2.65

Nota: MS, materia seca; PC, proteína cruda; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; EE, extracto etéreo, EM, la energía metabolizable fue estimada a partir del NRC (2007).

Cuadro 2. Porcentajes de los ingredientes de la dieta basal.

Ingrediente	%
Paja de avena	19.4
Sorgo molido	24.1
Pasta de soya	25.1
Maíz molido	30.3
Salvado de trigo	7.1
Carbonato de calcio	1.0
Sal común	0.5
Mezcla mineral	0.5
Grasa de sobrepaso	2.3
Gluten de maíz	1.6

3.6 Análisis Estadístico

Todos los datos se analizaron con el software estadístico SAS (SAS, 2017). Los datos sobre el comportamiento productivo se analizaron con el procedimiento PROC MIXED, utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado

con medidas repetidas en el tiempo, en el que cada cordero se consideró una unidad experimental. La covariable peso vivo inicial no fue incluida en el modelo estadístico por ser no significativa en análisis previos ($p > 0.05$). El modelo estadístico se ajustó probando diferentes estructuras de varianza-covarianza, y el mejor ajuste se obtuvo con la estructura de simetría compuesta, ya que se detectaron los valores más bajos de AIC y BIC (Littell et al., 1998). Los datos de características de canal, órganos y calidad de carne se analizaron con el procedimiento PROC GLM con un diseño completamente al azar considerando cada cordero como unidad experimental.

Se aplicaron contrastes ortogonales polinomiales para evaluar los efectos lineales y cuadráticos de los niveles de inclusión de DYSGUARDS® (0, 80, 160, y 240 g/100 kg MS). Estos contrastes permitieron identificar tendencias específicas en la respuesta productiva y en las características de canal y calidad de carne conforme aumentaba el nivel de suplementación. Los contrastes fueron generados utilizando el comando CONTRAST dentro del procedimiento PROC GLM de SAS. Se consideraron significativas las tendencias lineales o cuadráticas con un valor de $p < 0.05$ (Kaps y Lamberson, 2004).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 3 muestra los resultados del comportamiento productivo de corderos en finalización suplementados con DYSGUARD'S®. No se encontraron diferencias significativas en el peso vivo inicial ni final ($p > 0.05$), lo que indica que los tratamientos partieron de condiciones homogéneas y que el efecto de la suplementación no afectó el peso final de los corderos durante el periodo evaluado.

La ganancia diaria de peso (GDP) mostró una tendencia favorable en la adición de aditivo 0 y 80 g/kg de MS, aunque sin significancia estadística ($p = 0.12$). Sin embargo, la adición con 80 g/kg de MS registró mejor conversión alimenticia (4.93 kg/kg), lo cual fue significativo en el análisis de contraste lineal ($p = 0.01$). Este resultado sugiere que niveles bajos de aceites esenciales pueden mejorar la

eficiencia de utilización del alimento, lo cual ha sido documentado por autores como Oliveira et al. (2020), quienes observaron mejoras en la conversión alimenticia en corderos suplementados con aceites esenciales bajo condiciones intensivas.

Asimismo, Chaves et al. (2008) mencionan que los aceites esenciales pueden modular la fermentación ruminal al reducir la producción de metano y alterar la proporción de ácidos grasos volátiles, lo que se traduce en un uso más eficiente de la energía metabolizable. Esta mejora en la eficiencia energética podría explicar los resultados observados en la dosis 80 g/kg de MS, donde se obtuvo mejor aprovechamiento del alimento.

En cuanto al consumo de materia seca, se detectó un efecto cuadrático significativo ($p = 0.004$), con reducción en la dosis de adición 80 g/kg de MS e incremento posterior en las dosis 160 y 240 g/kg de MS. Este patrón podría estar relacionado con la palatabilidad o el efecto fisiológico de los aceites esenciales, ya que dosis moderadas tienden a mejorar la palatabilidad y aceptación del alimento, mientras que concentraciones más elevadas pueden provocar efectos contrarios, como sugieren Benchaar et al. (2008) y González-Ronquillo et al. (2017).

En el presente estudio, la dosis con 240 g/kg de MS del aditivo DYSGUARDS utilizadas, no afectaron la conversión alimenticia (6.54 kg/kg), lo que podría deberse a efectos antinutricionales por alteración del microbioma o disminución de la digestibilidad de nutrientes, como fue reportado por Castaneda et al., (2021) al evaluar extractos vegetales en rumiantes. Estos hallazgos refuerzan la idea de que los aceites esenciales presentan efectos dosis-dependiente, y que su eficacia puede verse comprometida cuando se superan niveles óptimos. Por tanto, es necesario considerar no solo el tipo de compuesto utilizado, sino también su concentración, duración del tratamiento y la edad fisiológica de los animales, como factores que pueden modificar la respuesta productiva.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de corderos en finalización suplementados con un aditivo herbal.

Variable	Nivel de inclusión				EEM	Valor <i>p</i>	
	(g/100 kg MS)					Lineal	Cuadrático
	0	80	160	240			
Peso vivo inicial, kg	25.59	25.08	25.29	25.75	1.119	0.88	0.82
Peso vivo final, kg	37.80	37.55	37.07	37.07	1.248	0.63	0.92
Ganancia diaria de peso, kg	0.234	0.236	0.214	0.208	0.012	0.12	0.79
Consumo de materia seca, kg	1.206	0.974	1.164	1.184	0.025	0.42	0.004
Conversión alimenticia	5.65	4.93	6.04	6.54	0.306	0.01	0.06

EEM= error estándar de la media; nivel de significancia ($p > .05$). El aditivo herbal utilizado fue DYSGUARD´S® (Lapisa SA de CV. México)

La suplementación con el aditivo durante la fase de finalización no tuvo efectos estadísticamente significativos ($p > 0.05$) sobre el espesor de grasa dorsal, el área del músculo *Longissimus dorsi*, el peso y el rendimiento de la canal, ni sobre las medidas morfométricas como el largo y perímetro de la canal (Cuadro 4). No obstante, se observó una tendencia lineal ($p = 0.09$ y $p = 0.10$) a un mayor rendimiento de canal caliente y fría en la dosis de 80 g/kg de MS.

Este comportamiento sugiere un posible efecto positivo del suplemento sobre la eficiencia alimenticia y el aprovechamiento de nutrientes. Esto es congruente con lo reportado por Chaves et al. (2008), quienes señalaron que la suplementación con mezclas de aceites esenciales puede mejorar la fermentación ruminal, incrementando así el rendimiento productivo. Asimismo, Benchaar et al. (2008) mencionan que la inclusión de compuestos fitoquímicos en la dieta de rumiantes puede tener efectos variables en el desempeño animal, dependiendo de factores como el tipo de aceite, su concentración y la duración del tratamiento. De manera similar, Oliveira et al. (2020) tampoco encontraron diferencias significativas en las características de canal de corderos suplementados con aceites esenciales, aunque sí observaron mejoras en la digestibilidad de la dieta y tendencias positivas en la eficiencia productiva. Esto respalda la hipótesis de que los efectos

de estos aditivos pueden no manifestarse de manera evidente en variables morfométricas, pero sí influir en aspectos fisiológicos o metabólicos que favorecen la conversión de alimento en masa corporal.

Resultados semejantes fueron descritos por Estrada-Angulo et al. (2021), quienes evaluaron mezclas de aceites esenciales solas o combinadas con α -amilasa en dietas de corderos en engorda, reportando mejoras en la digestibilidad y el rendimiento productivo sin alteraciones significativas en las características de canal. Por su parte, Muñoz-Cuautle et al. (2022) estudiaron la inclusión de aceite esencial de orégano y no observaron efectos sobre el área del *Longissimus dorsi* ni sobre el espesor de grasa dorsal, aunque sí encontraron mejoras en la actividad antioxidante de la carne. Esto coincide con otros hallazgos donde los beneficios de los aceites esenciales se manifiestan más en aspectos funcionales que estructurales (Zamora-Ledezma et al. 2021).

Los valores obtenidos del área del músculo *Longissimus dorsi* y del espesor de grasa dorsal se mantuvieron dentro de los rangos considerados adecuados para corderos alimentados en sistemas intensivos (Safari et al. 2001). Estos autores también establecen que niveles moderados de grasa subcutánea pueden ser benéficos para mantener la jugosidad de la carne sin comprometer su rendimiento comercial.

Cuadro 4. Características de la canal de corderos en finalización suplementados con un aditivo herbal.

Variable	Nivel de inclusión de DYSGUARD´S® (g/100 kg MS)				EEM	Valor <i>p</i>	
	0	80	160	240		Lineal	Cuadrático
Espesor de grasa dorsal, mm	6.70	7.95	6.37	6.72	1.119	0.38	0.20
Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> , cm ²	8.75	8.35	9.07	9.03	0.283	0.22	0.53
Peso de canal caliente, kg	19.67	19.57	18.73	19.41	0.681	0.59	0.57
Rendimiento de canal caliente, %	53.88	54.42	52.18	51.93	0.660	0.09	0.87
Peso de canal fría, kg	18.23	18.03	17.28	17.90	0.649	0.55	0.53
Rendimiento de canal fría, %	49.93	50.13	48.13	48.82	0.712	0.10	0.73
Largo externo de canal, cm	58.00	58.87	58.12	57.62	0.849	0.62	0.42
Largo interno de canal, cm	58.00	58.00	58.75	59.12	0.824	0.27	0.82
Circunferencia de pecho, cm	68.62	67.75	69.25	69.62	1.806	0.58	0.73
Largo de pierna, cm	40.50	41.87	39.75	40.12	0.904	0.42	0.58
Perímetro de pierna, cm	39.50	36.75	36.62	39.25	1.127	0.58	0.73

EEM= error estándar de la media; nivel de significancia ($p > .05$). El aditivo herbal utilizado fue DYSGUARD´S® (Lapisa SA de CV. México)

En el Cuadro 5 se muestran los pesos de órganos internos y estructuras secundarias de los corderos suplementados. En general, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre niveles de inclusión de DYSGUARD´S® en la mayoría de las variables, con excepción de pulmones y la tráquea, que presentaron un efecto cuadrático significativo ($p = 0.01$).

Cuadro 5. Pesos de los órganos de corderos en finalización suplementados con un aditivo herbal.

Nivel de inclusión de DYSGUARD´S®							
Variable	(g/100 kg MS)				EEM	Valor <i>p</i>	
	0	80	160	240		Lineal	Cuadrático
Complejo estomacal vacío, kg	1.554	1.541	1.547	1.633	0.071	0.44	0.49
Intestino delgado, kg	0.677	0.694	0.694	0.737	0.061	0.09	0.32
Pulmones y tráquea, kg	0.677	0.721	0.769	0.559	0.046	0.15	0.01
Corazón, kg	0.219	0.191	0.212	0.196	0.015	0.59	0.50
Hígado, kg	0.789	0.833	0.888	0.853	0.035	0.13	0.26
Riñones, kg	0.116	0.112	0.110	0.127	0.007	0.32	0.12
Bazo, kg	0.081	0.083	0.090	0.089	0.007	0.37	0.85
Testículos, kg	0.596	0.522	0.534	0.536	0.058	0.52	0.92
Piel, kg	3.367	3.059	3.493	3.384	0.145	0.56	0.58
Patas, kg	0.885	0.872	0.856	0.901	0.095	0.15	0.18
Cabeza, kg	1.794	1.960	1.863	1.931	0.058	0.24	0.41

EEM= error estándar de la media; nivel de significancia ($p > .05$). El aditivo herbal utilizado fue DYSGUARD´S® (Lapisa SA de CV. México)

El comportamiento cuadrático observado en los pulmones y tráquea puede estar relacionado con posibles efectos fisiológicos de los aceites esenciales sobre el sistema respiratorio. Algunos compuestos como el eucaliptol y el timol, presentes en aceites de orégano, eucalipto y menta, tienen propiedades expectorantes y broncodilatadoras, lo que podría influir en la morfología o el desarrollo de estos órganos (Benchaa et al. 2008). Este tipo de efecto no es ampliamente reportado en estudios productivos y requiere mayor investigación histológica para confirmarse.

El peso del intestino delgado mostró una tendencia a incrementar con la suplementación ($p = 0.09$), especialmente en la dosis de 240 g/kg de MS. Este resultado es consistente con lo reportado por Oliveira et al. (2020), quienes observaron un incremento en la masa intestinal de corderos suplementados con aceites esenciales, posiblemente debido al aumento en la actividad digestiva y en la superficie de absorción. Lo anterior podría explicar, al menos parcialmente, la mayor conversión alimenticia observada en los niveles de inclusión de DYSGUARD´S® con menor eficiencia (ver Cuadro 5), ya que un intestino más

desarrollado podría implicar mayores requerimientos energéticos para mantenimiento.

El resto de los órganos evaluados (corazón, hígado, riñones, bazo, testículos) no mostraron alteraciones importantes ($p > 0.05$), lo cual es un resultado positivo desde el punto de vista fisiológico y sanitario, ya que indica que el aditivo DYSGUARD´S® utilizado no provocó hipertrofias, inflamaciones ni alteraciones funcionales en los tejidos internos. Esto concuerda con lo reportado por Ünal y Kocabağlı (2014), quienes evaluaron el efecto del aceite esencial de orégano en corderos destetados y encontraron que, a pesar de la suplementación (250–500 ppm), no se observaron diferencias significativas en los pesos de órganos viscerales ni en parámetros sanguíneos ($p > 0.05$).

Finalmente, la ausencia de cambios en estructuras externas como piel, cabeza y patas también es relevante, ya que estas contribuyen al peso de la canal no comestible, y su estabilidad sugiere que los niveles de inclusión del aditivo no alteraron la proporción entre tejidos útiles y no útiles.

En conjunto, los resultados del Cuadro 5 indican que la suplementación con DYSGUARD´S® en corderos no afecta negativamente los pesos relativos de órganos internos, aunque podrían existir respuestas fisiológicas específicas en el sistema digestivo y respiratorio, que deben ser evaluadas con más profundidad en estudios futuros.

No generó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en los parámetros de calidad de carne evaluados (Cuadro 6). Sin embargo, se observaron tendencias positivas en algunas variables, especialmente en el contenido de proteína y en el enrojecimiento de la carne (a^*), lo cual podría indicar efectos funcionales leves atribuibles a la suplementación.

En cuanto al contenido de proteína, se detectó una tendencia lineal creciente ($p = 0.06$), con valores más altos en los niveles de inclusión con DYSGUARD´S® (160 y 3240 g/kg de MS). Esta tendencia coincide con lo reportado por Oliveira

et al. (2020), quienes observaron un incremento en la deposición proteica en corderos alimentados con aceites esenciales, posiblemente relacionado con una mayor eficiencia digestiva y una mejora en la absorción de aminoácidos. De manera similar, Chaves et al. (2008) destacaron que estos compuestos pueden modular la microbiota ruminal, favoreciendo procesos metabólicos que incrementan la síntesis de proteína corporal.

Cuadro 6. Calidad de carne de corderos en finalización suplementados con un aditivo herbal.

Nivel de inclusión de DYSGUARD´S®							
Variable	(g/100 kg MS)				EEM	Valor <i>p</i>	
	0	80	160	240		Lineal	Cuadrático
Proteína, %	20.91	20.83	21.41	21.62	0.306	0.06	0.63
Grasa, %	4.27	3.79	3.96	3.48	0.386	0.21	0.99
Humedad, %	72.77	73.48	72.81	72.93	0.548	0.93	0.59
Colágeno, %	1.55	1.64	1.51	1.66	0.080	0.60	0.69
pH	6.07	6.11	6.12	5.88	0.118	0.30	0.25
Luminosidad (L*)	27.65	27.10	28.20	25.53	4.369	0.44	0.17
Enrojecimiento (a*)	12.69	11.00	10.84	12.80	0.956	0.97	0.07
Amarillamiento (b*)	8.96	8.06	8.09	8.64	0.925	0.82	0.44
Pérdida por cocción, %	30.88	29.68	26.92	28.37	2.025	0.26	0.51

EEM= error estándar de la media; nivel de significancia ($p > .05$). El aditivo herbal utilizado fue DYSGUARD´S® (Lapisa SA de CV. México)

Se observó una ligera reducción del contenido de grasa en la carne de los corderos que fueron suplementados. Este patrón es consistente con lo descrito por Benchaar et al. (2008), quienes indicaron que algunos aceites esenciales, como los ricos en timol o carvacrol, pueden inhibir la lipogénesis en animales rumiantes, favoreciendo así un perfil de carne más magra. No obstante, esta respuesta depende del tipo y dosis del aceite esencial, lo cual podría explicar la falta de significancia en el presente estudio.

El pH de la carne, así como los valores de humedad y colágeno, no mostraron alteraciones relevantes, lo cual es deseable desde el punto de vista tecnológico, ya que su estabilidad sugiere que la suplementación no afectó adversamente la integridad estructural del músculo ni sus propiedades de conservación. Además,

todos los valores se mantuvieron dentro de los rangos óptimos descritos para carne de cordero en condiciones intensivas (Safari et al., 2001).

En cuanto a la colorimetría, el enrojecimiento (a^*) de la carne presentó una tendencia de comportamiento cuadrático ($p = 0.07$), lo cual indica que los niveles de inclusión intermedios pudieron modificar favorablemente esta característica. El color rojo es un atributo sensorial crucial que influye directamente en la aceptabilidad de la carne ovina por parte del consumidor. Este comportamiento concuerda con lo observado por Aouadi et al. (2014), quienes reportaron que la suplementación con aceites esenciales de *Artemisia herba alba* y *Rosmarinus officinalis* mejoró el estado antioxidante del músculo sin alterar significativamente los indicadores de oxidación lipídica, lo que sugiere una posible estabilización de la oximioglobina, favoreciendo el color rojo deseado.

Finalmente, aunque la pérdida por cocción no fue significativamente diferente entre los niveles de inclusión del aditivo, se observó una tendencia a la baja en los valores de los corderos suplementados, lo cual puede interpretarse como una mejora en la retención de agua durante la cocción. Este resultado coincide con estudios que indican que ciertos aceites esenciales pueden preservar la estructura muscular y mejorar la jugosidad de la carne al limitar la oxidación de lípidos y proteínas (Benchaar et al., 2008). A su vez, Souto da Silva et al. (2024), en una revisión sistemática y metaanálisis, reportaron que los aditivos fitogénicos aumentaron significativamente la digestibilidad de la proteína cruda ($p = 0.011$) y mostraron una tendencia positiva en el área del ojo de bife (+8.9%, $p = 0.053$), sin afectar la ingesta ni el rendimiento de canal. Esto sugiere que los efectos más notorios de estos aditivos podrían expresarse a nivel metabólico o funcional más que estructural.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que, aunque los efectos no fueron estadísticamente significativos, la suplementación con DYSGUARD´S® puede influir positivamente en algunos parámetros relacionados con la calidad de la carne, especialmente en términos de contenido proteico, características sensoriales y retención de agua. Esto se alinea con lo reportado por Mendoza-

Martínez et al., (2024), quienes concluyeron que la inclusión de mezclas polihierbales como BioCholine Powder mejora el peso corporal diario, el peso final y la producción de leche en rumiantes, además de modulares metabolitos relacionados con la función hepática y energética, sin comprometer la integridad productiva ni la calidad de los productos cárnicos. Se recomienda continuar evaluando diferentes dosis, combinaciones de aceites y tiempos de aplicación para optimizar estos efectos.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio, la suplementación dietética con dosis bajas (80 g/100 kg MS) de aceites esenciales (DYSGUARDS®) mejora la eficiencia alimenticia en corderos en finalización, sin afectar la ingesta de materia seca, el peso vivo final, la ganancia diaria de peso, las características de la canal, los pesos de las vísceras ni la calidad de la carne. Asimismo, la suplementación dietética con dosis altas (>80 g/100 kg MS) de aceites esenciales no afectan el rendimiento productivo, las características de la canal, los pesos de las vísceras, ni la calidad de la carne de corderos en finalización.

6. LITERATURA CITADA

- Aidara-Kane, A., Angulo, F. J., Conly, J. M., Minato, Y., Silbergeld, E. K., McEwen, S. A., ... & WHO Guideline Development Group Hanan Balkhy Peter Collignon John Conly Cindy Friedman Aidan Hollis Samuel Kariuki Hyo-Sun Kwak Scott McEwen Gérard Moulin Antoinette Ngandjio Bernard Rollin Flávia Rossi David Wallinga. (2018). World Health Organization (WHO) guidelines on use of medically important antimicrobials in food-producing animals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 7, 1-8.
- Alanís, G. C., Martínez, J. E., & Ramírez, L. J. (2022). Tendencias en el consumo de productos animales libres de residuos químicos. *Revista Mexicana de Producción Animal*, 24(3), 45–56.
- Alarcón-Rojo, A. D., Janacua-Vidales, H., & Rentería-Monterrubio, A. (2017). Oregano essential oil in animal production. En H. A. El-Shemy (Ed.), *Active Ingredients from Aromatic and Medicinal Plants* (pp. 225–229). *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/66703>
- Alves, J. F., Teixeira de Carvalho, S. R. S., & Pereira Cinachi, M. C. (2023). Utilização da ultrassonografia para avaliação de características de carcaça em cordeiros da raça Ile de France. *Conjecturas*, 23(1), 282–297. <https://doi.org/10.53660/CONJ-2330-23B31>.
- Andersen, P. V., Wold, J. P., Gjerlaug-Enger, E., & Veiseth-Kent, E. (2018). Predicting post-mortem meat quality in porcine longissimus lumborum using Raman, near infrared and fluorescence spectroscopy. *Meat Science*, 145, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.016>
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists.

- Aouadi, D., Luciano, G., Vasta, V., Nasri, S., Brogna, D. M. R., Abidi, S., Priolo, A., & Ben-Salem, H. (2014). The antioxidant status and oxidative stability of muscle from lambs receiving oral administration of *Artemisia herba alba* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Meat Science*, 97(2), 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.005>
- Barton, M. D. (2000). Antibiotic use in animal feed and its impact on human health. *Nutrition research reviews*, 13(2), 279-299. <https://doi.org/10.1079/095442200108729106>
- Benchaa, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., & Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1–4), 209–228. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014>
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bhuiyan, M. N. I., Begum, J., & Sultana, M. (2009). Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 4(2), 150–153. <https://doi.org/10.3329/bjp.v4i2.2095>
- Brand, T. S., van der Westhuizen, E. J., van der Merwe, D. A., & Hoffman, L. C. (2018). Analysis of carcass characteristics and fat deposition of Merino, South African Mutton Merino and Dorper lambs housed in a feedlot. *South African Journal of Animal Science*, 48(No. 1), 103–114. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i1.12>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review. *International Journal of Food*

- Cañeque, V., & Sañudo, C. (2005). Metodología para el estudio de la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasas) en rumiantes (Monografías INIA No. 1). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
- Castaneda, L., Ortiz, A., & Corral, R. (2021). Effects of phytogenic additives on feed efficiency and ruminal fermentation in lambs. *Small Ruminant Research*, 200, 106393. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448821000936>
- Cepero-Briz, R. (2006). Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la Unión Europea: causas y consecuencias. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Disponible en https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1142587453a.pdf
- Chaturvedi, I., Dutta, T. K., & Singh, P. K. (2016). Effect of Indian herbs as feed additives on in-vitro rumen fermentation. *Journal of Science*, 1(4). Disponible en https://www.researchgate.net/publication/303820770_Effect_of_Indian_herbes_as_feed_additives_on_in-vitro_rumen_fermentation.pdf.
- Chaves, A. V., Stanford, K., Dugan, M. E. R., Gibson, L. L., McAllister, T. A., Van Herk, F., & Benchaar, C. (2008). Effects of essential oil mixtures on rumen fermentation and microbial populations in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1–4), 396–408. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.062>
- Chithra, V., & Leelamma, S. (1997). Hypoglycemic effect of coriander seeds (*Coriandrum sativum*): Mechanism of action. *Plant Foods for Human Nutrition*, 51(2), 167–172. <https://doi.org/10.1023/A:1007917200093>

- Clarke, T. B., Davis, K. M., Lysenko, E. S., Zhou, A. Y., Yu, Y., & Weiser, J. N. (2010). Recognition of peptidoglycan from the microbiota by Nod1 enhances systemic innate immunity. *Nature Medicine*, 16(2), 228–231. <https://doi.org/10.1038/nm.2087>
- Commun, L., Mialon, M. M., Martin, C., Baumont, R., & Veissier, I. (2009). Risk of subacute ruminal acidosis in sheep with separate access to forage and concentrate. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3372–3379. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1968>
- Costa, R., Michel dos Santos, N., Sousa, W. H., Queiroga, R. D. C. R. D. E., & Cartaxo, F. Q. (2011). Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso: concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(8), 1828–1835. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000800023>
- Cromwell, G. L. (2002). Why and how antibiotics are used in swine production. *Animal Biotechnology*, 13(1), 7–27. <https://doi.org/10.1081/ABIO-120005767>
- Daza, A. A. (1997). *Reproducción y sistemas de explotación del ganado ovino* (160 p.). Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Den Hertog-Meischke, M. J. A., van Laack, R., & Smulders, F. J. M. (1997). The water-holding capacity of fresh meat. *Meat Science*, 45(2), 141–155. <https://doi.org/10.1080/01652176.1997.9694767>
- Devine, C. E., Graafhuis, A. E., Muir, P. D., & Chrystall, B. B. (2006). Post mortem muscle changes and meat quality. *Meat Science*, 74(1), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Dias, L., Silva, S. R., & Teixeira, A. (2020). Simultaneously prediction of sheep and goat carcass composition and body fat depots using in vivo

ultrasound measurements and live weight. *Veterinary Science*, 133, 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.024>

Díaz Galván, C., Méndez Olvera, E. T., Martínez Gómez, D., Gloria Trujillo, A., Hernández García, P. A., Espinosa Ayala, E., ... Velázquez Cruz, L. A. (2021). Influence of a polyherbal mixture in dairy calves: Growth performance and gene expression. *Veterinary Science*, 7, 623710. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.623710>.

Díaz-Patiño, C. C. (2013). Estrategias de comunicación interna y su incidencia en la motivación del personal de la empresa Plásticos Rimax S.A. [Tesis de maestría, Universidad de La Sabana]. Intellectum Repositorio Institucional. <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/9330>

Dutta, T., Yadav, S., & Chatterjee, A. (2019). Antibiotics as feed additives for livestock: Human health concerns. *Indian Journal of Animal Health*, 58(2, Special Issue), 121–136. <https://doi.org/10.36062/ijah.58.2SPL.2019.121-136>

Ellison, R. T., & Giehl, T. J. (1991). Killing of gram-negative bacteria by lactoferrin and lysozyme. *Journal of Clinical Investigation*, 88(4), 1080–1091. <https://doi.org/10.1172/JCI115407>

Estrada-Angulo, A., Plascencia, A., Calderón-Cortés, J. F., & Zinn, R. A. (2021). Evaluation of a blend of essential oils with or without α -amylase supplementation on growth performance, nutrient digestion and carcass characteristics in feedlot lambs. *Animals*, 11(6), 1705. <https://doi.org/10.3390/ani11061705>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2002). Probiotics in food, Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Report of a Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. Roma, Italia.

- FAO. (2016). The FAO Action Plan on Antimicrobial Resistance 2016–2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fejzuli, L., Solomun Kolanović, B., Šušković, J., Kos, B., & Bilandžić, N. (2018). Aminoglycoside antibiotics – application in veterinary and control in food of animal origin. *Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 13(3–4), 95–106.
- Fernandes, M. M., Monteiro, A. L. G., Poli, C. H. E. C., Barros, C. S., Prado, O. R., & Natel, A. S. (2008). Características do lombo e cortes da carcaça de cordeiros Suffolk terminados em pasto e confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(2), 1–10. Disponible en <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/253573/000659671.pdf>
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(Supplement 1), S15–S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>
- Garrido, M., Pedauyé, J., Bañón, S., Marques, F., & Laencina, J. (1994). Pork quality affected by different slaughter conditions and post mortem treatment of the carcasses. *Food Science and Technology International*, 1(3), 181–188. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(94\)71034-6](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(94)71034-6)
- Gijón, D., Reyes-Becerril, M., Armenta, M., Junco, E., & Angulo, C. (2020). Uso de hierbas aromáticas en la producción animal. *Revista Digital de Divulgación Científica*, (6)(2), 23–29. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2020.06.06.02.0003>
- Glück, T. (2014, June 5). Weight gain from antibiotic treatment: Not just in animals! Journal Watch (Infectious Disease). *Journal of Medicine*. Disponible en <https://www.jwatch.org/na34870/2014/06/05/weight-gain-antibiotic-treatment-not-just-animals>

- González-Ronquillo, M., Becerril, C. M., & Miranda-Romero, L. A. (2017). Efecto de aceites esenciales en parámetros productivos de corderos bajo sistema estabulado. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 85–96.
- Gosh, S., & Mehla, R. K. (2012). Influence of prebiotics on immune response of animals: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(3), 383–396. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11294>.
- Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279–290. <https://doi.org/10.1079/PNS2002188>
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2010). Phyto-genics as new class of feed additive in poultry industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(17), 2295-2304. doi:10.3923/javaa.2010.2295.2304
- Henriques da Nóbrega, G., Cezar, M., Pereira Filho, J. P., Sousa, W. H. D., Sousa, O. B., Cunha, M. G. G., & dos Santos, J. R. S. (2013). Diet for compensatory gain of feedlot lambs: Commercial composition of carcass cuts and tissues. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 373–380. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200024>
- Hernández, F., Madrid, J., García, V., Orengo, J., & Megías, M. D. (2004). Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Science*, 83(2), 169–174. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.169>
- Hernández-Reyes, J. C. (2018). Fitobióticos en el comportamiento productivo y características de la canal de corderos en finalización (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/490>

- Hoffman, L. C., Claasen, B., Van der Merwe, D. A., Cloete, S. W. P., & Cloete, J. J. E. (2020). The effects of production system and sex on the sensory quality characteristics of Dorper Lamb. *Foods*, 9(6), 725. <https://doi.org/10.3390/foods9060725>
- Huang, Y., Liu, L., Zhao, M., Zhang, X., Chen, J., Zhang, Z., Cheng, X., & Ren, C. (2023). Feeding regimens affecting carcass and quality attributes of sheep and goat meat—A comprehensive review. *Animal Bioscience*, 36(9), 1314–1326. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0051>
- Jacob, R. H., D'Antuono, M. F., Gilmour, A. R., & Warner, R. D. (2014). Phenotypic characterisation of colour stability of lamb meat. *Meat Science*, 96(2 Pt B), 1040–1048. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.031>
- Jankov, M., Leguillier, V., Gašić, U. M., Vidic, J., & cols. (2024). Antibacterial activities of *Agaricus bisporus* extracts and their synergistic effects with the antistaphylococcal drug AFN-1252. *Foods*, 13(11), e1715. <https://doi.org/10.3390/foods13111715>
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Khalaf, S. K., & Al-Sinawi, S. S. H. (2009). Effect of slaughter age on composition and quality of meat from male Dhofari goats. *Animal*, 3(3), 391–397. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003620>
- Kaiser, T. R., Coró, F. A. G., Ramos, P. M., Miranda, A., Kato, T., Barreiros de Souza, R., Cardines, P. H. F., & Pedrão, M. R. (2022). pH post-mortem on poultry carcasses in a slaughter line for industrial identification of PSE (Pale, Soft, Exudative) and normal meat. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 21(4), 429–437. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2022.1067>

- Kaps, M., & Lamberson, W. R. (2004). Biostatistics for animal science (6th ed.). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851998206.0000>
¿cual es la revista o el titulo?
- Karášková, K., Suchý, P., & Straková, E. (2015). Current use of phytogenic feed additives in animal nutrition: a review. *Journal of Animal Science*, 60, 521–530. <https://doi.org/10.17221/8594-CJAS>
- Klupšaitė, D., Zavistanaviciute, P., Sakiene, V., Lele, V., Mozurienė, E., Klementavičiūtė, J., ... Bartkienė, E. (2020). Evaluation of the use of lactic acid bacteria and Thymus vulgaris essential oil on Suffolk and Ile de France lamb breed (Musculus gluteus) quality parameters. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(11), 3538–3547. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14679>
- Kondrashova, K. S. (2020). Biologically active compounds as alternatives to antibiotics in animal feed. *Russian Agricultural Biology*, 6(3), 1073–1095. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-128>
- Kudryashov, L., & Kudryashova, O. (2023) Water-holding and water-holding capacity of meat and methods of its determination. *Russian Journal of Meat Science*, 8(1), 62–70.
- Kuralkar, P., & Kuralkar, S. V. (2021). Role of herbal products in animal production - An updated review. *Journal of Ethnopharmacology*, 278(114246). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114246>
- Lapisa. (s.f.). DysGuard-S., Disponible en:
<https://lapisa.com/productos/dysguard-s>
- Lei, X. J., Yun, H. M., Kang, J. S., & Kim, I. H. (2018). Effects of Herbiotic FS supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and faecal scores in weanling pigs. *Journal of Applied Animal*

<https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1386108>

- Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vázquez-Olivo, G., & Heredia, J. B. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules*, 22(6), 989. <https://doi.org/10.3390/molecules22060989>
- Littell, R. C., Henry, P. R., & Ammerman, C. B. (1998). Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1216–1231. <https://doi.org/10.2527/1998.7641216x>
- Looft, T., Johnson, T. A., Allen, H. K., Bayles, D. O., Alt, D. P., Stedtfeld, R., ... Stanton, T. B. (2012). In-feed antibiotic effects on the swine intestinal microbiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(5), 1691–1696. <https://doi.org/10.1073/pnas.1120238109> FALTA LA REVISTA
- Lozano-Sánchez, M., Mendoza-Martínez, G. D., Martínez-García, J. A., de la Torre-Hernández, M. E., Chamorro-Ramírez, F. H., Martínez-Aispuro, J. A., Cordero-Mora, J. L., Sánchez-Torres, M. T., Hernández-García, P. A., & Jones, R. (2021). Evaluation of polyherbal with vitamin C activity on lamb performance and meat characteristics. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, Article e20200166. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200166>
- Madec, J. Y. (2024). Development of antibiotic resistance in animals not receiving antibiotic therapy [Review]. *Comptes Rendus Biologies*, 346(S1), 9–12. <https://doi.org/10.5802/crbiol.116>
- Manalo, M. R., & Gabriel, A. (2020). Influence of antemortem and slaughtering practices on the pH of pork and chicken meats. *Philippine Journal of Science*, 149(1), 1–19. <https://doi.org/10.56899/149.01.01>

- Mandey, J. S., & Sompie, F. N. (2021). Phytogetic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in poultry nutrition. In *Advanced studies in the 21st century animal nutrition*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99401>
- Manicassamy, S., Reizis, B., Ravindran, R., Nakaya, H., Salazar-Gonzalez, R. M., Wang, Y. C., & Pulendran, B. (2010). Activation of β -catenin in dendritic cells regulates immunity versus tolerance in the intestine. *Science*, 329(5993), 849–853. <https://doi.org/10.1126/science.1188510>
- Markowiak-Kopeć, P., & Śliżewska, K. (2020). The Effect of Probiotics on the Production of Short-Chain Fatty Acids by Human Intestinal Microbiome. *Nutrients*, 12(4), 1107. <https://doi.org/10.3390/nu12041107>
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254–1255. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>.
- Mendoza-Martínez, G. D., Orzuna-Orzuna, J. F., Roque-Jiménez, J. A., Gloria-Trujillo, A., Martínez-García, J. A., Sánchez-López, N., ... & Lee-Rangel, H. A. (2024). A polyherbal mixture with nutraceutical properties for ruminants: A meta-analysis and review of Biocholine Powder. *Animals*, 14(5), 667. <https://doi.org/10.3390/ani14050667>
- Menezes, M. C., Brito, P. D., Lima, T. de S., Magalhães, J. M. de, Albuquerque, J. F. G., & Freitas, C. I. A. (2015). Evaluación comparativa entre métodos de obtención de la medida del área del ojo de lomo en ovinos (*Ovis aries* L). *Ciência Veterinária nos Trópicos*, 18(2), 205–208. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/vti-482967>.
- Morad, M. A., Eissa, B., & Hassan M. S. (2018). Influence of dietary probiotics supplementation on body weight and selected ruminal parameters in

lamb. *Journal of Current Veterinary Research*, 12(1), 43–51.
<https://doi.org/10.21608/jcvr.2018.39274>

Muñoz-Cuautle, A. A., Martínez-Ruiz, N. R., Gómez-Salazar, A., & Alarcón-Zúñiga, B. (2022). Effects of oregano essential oil on productive performance, carcass characteristics and antioxidant activity in lamb meat. *Agro Productividad*, 15(6), 82–87.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v15i6.2232>

Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, S., & Ghorbani, A. (2010). Labiatae family in folk medicine in Iran: From ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 9(2), 63–79. <https://doi.org/10.22037/ijpr.2010.619>

National Research Council. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>

Negrete, J., Macías-Cruz, U., Correa-Calderón, A., Mellado, M., & Avendaño-Reyes, L. (2017). Effects of heat stress on meat quality and physiology of hair sheep. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 321–333.

Nie, C., Hu, Y., Chen, R., Guo, B., Li, L., Chen, H., Chen, H., & Song, X. (2022). Effect of probiotics and Chinese medicine polysaccharides on meat quality, muscle fibre type and intramuscular fat deposition in lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 811–820.
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2067489>

Niegowska, M., & Wögerbauer, M. (2022). Improving the risk assessment of antimicrobial resistance (AMR) along the food/feed chain and from environmental reservoirs using qMRA and probabilistic modelling. *EFSA Journal*, 20, e200407..
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.e200407>

- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., & Garrido, M. D. (2010). Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat Science*, 85(1), 82–88.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.009>
- Okuskhanova, E., Rebezov, M., Yessimbekov, Z., Suychinov, A., Semenova, N., Rebezov, Y., Gorelik, O., & Zinina, O. (2017). Study of water binding capacity, pH, chemical composition and microstructure of livestock meat and poultry. *Annual Research & Review in Biology*, 14(3), 1–7.
<https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/34413>
- Oliveira, L. S., Carvalho, G. G. P., Leão, A. G., Ribeiro, M. D., Rodrigues, C. S., Lima, J. M., & Detmann, E. (2020). *Effect of palm kernel cake inclusion on intake, digestibility, nitrogen balance, feeding behavior, and weight gain of feedlot heifers*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 53, e20230132.
<https://doi.org/10.37496/rbz5320230132>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2017). Directrices para el uso de antimicrobianos en la producción ganadera. Ginebra: OMS.
- Orman, A., Çalışkan, G. Ü., Dikmen, S., Üstüner, H., Ogan, M. M., & Çalışkan, C. (2008). The assessment of carcass composition of Awassi male lambs by real-time ultrasound at two different live weights. *Meat Science*, 80(4), 1031–1036.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.022>
- Ortíz, P. B. R., Martínez, G. D. M., García, P. A. H., Silva, G. V., Galván, C. D., & Ayala, E. E. (2023). Fórmulas poliherbales en la alimentación de corderos para mejorar el comportamiento productivo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Suplemento), 187–190.
<https://doi.org/10.53588/alpa.310533>

- Owens, F. N., Dubeski, P., & Hanson, C. F. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71(11), 3138–3150. <https://doi.org/10.2527/1993.71113138x>
- Pattanayak, P., Behera, P., Das, D., & Panda, S. K. (2010). *Ocimum sanctum* Linn.: a reservoir plant for therapeutic applications—an overview. *Pharmacognosy Reviews*, 4(7), 95–105. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.65323>
- Ravindran, A., Jayashree, E., & Anees, K. (2025). Recent Advances in the Extraction of Spice Essential Oil and Oleoresin: A Review. *Agricultural Reviews*, –(1), 1–9. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2519>
- Razo, O. P. B., Mendoza, M. G. D., Silva, G. V., Osorio, T. A. I., González, S. J. F., Hernández, G. P. A., de la Torre, H. M. E., & Espinosa, A. E. (2020). Polyherbal feed additive for lambs: effects on performance, blood biochemistry and biometry. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1):419-424. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1814786>
- Rodríguez-Sauceda, E. N. R. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Revista Ra Ximhai*, 7(1), 153-170. <https://doi.org/10.35197/rx.07.01.2011.14.er>
- Safari, E., Fogarty, N. M., Ferrier, G. R., Hopkins, D. L., & Gilmour, A. R. (2001). Genetic parameters for carcass and meat quality traits in sheep: A review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(8), 681–698. <https://doi.org/10.1071/AR01045>
- Saleem, A. M., Zounouny, A. I., & Singer, A. M. (2017). Growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites of lambs fed diets supplemented with probiotics during pre- and post-weaning periods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(4), 523–530. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0691>.
- Santana-Andrade, A. C. S., de Macedo, F. D. A. F., de Arruda Santos, G. R., de Oliveira Queiroz, L., Mora, N. H. A. P., & Macedo, T. G. (2017). Regional

composition of carcass and tissue composition of cuts from lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4), 2019-2028. Disponible en: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p2019>

Santomá, G. (1998). Estimuladores de la inmunidad. En P. García Rebollar, C. de Blas y G. G. Mateos (Eds.), *Avances en nutrición y alimentación animal: XIV Curso de Especialización* (pp. 117–140). Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Disponible en: <https://www.fundacionfedna.org/wp-content/uploads/2022/02/98CAPVII.pdf>

SAS (Statistical Analysis System). SAS/STAT User's Guide (Release 6.4); SAS Inst.: Cary, NC, USA, 2017.

Schulz, L. L., & Rademacher, C. J. (2017). Food and Drug Administration Guidance 209 and 213 and Veterinary Feed Directive regulations regarding antibiotic use in livestock: A survey of preparation and anticipated impacts in the swine industry. *Journal of Swine Health and Production*, 25(5), 247-255.

Schwarz, S., & Chaslus-Dancla, E. (2001). Use of antimicrobials in veterinary medicine and mechanisms of resistance. *Veterinary research*, 32(3-4), 201–225. <https://doi.org/10.1051/vetres:2001120>

Silva, M. A. P., de Oliveira, A. C., de Oliveira, C. A., & Pinheiro, N. M. (2020). Evaluation of heavy metal removal by *Coriandrum sativum* L. *Journal of Environmental Management*, FALTA EL VOLUMEN 261, 110213. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110213>

Simitzis, P. E., Deligeorgis, S. G., Bizelis, J. A., Dardamani, A., Theodosiou, I., & Fegeros, K. (2008). Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat science*, 79(2), 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.09.005>

- Smith, M. O., & Kinsman, D. M. (1979). Muscle characteristics and meat quality of lambs grown on different nutritional planes. *Agricultural and Biological Chemistry*, 43(3), 455–461. <https://doi.org/10.1080/00021369.1979.10863493>.
- Souto da Silva, N. I., de Oliveira Lima, P., Cavalcante Souza, F. J., Filgueira Pereira, M. W., Rufino Moreira, R. H., & Guimarães, A. M. (2024). Phytogenic additives increase the performance and improve the tenderness of lamb meat: A systematic review and meta-analysis. *Semina: Ciências Agrárias*, 45(1), e32881. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2024v45n1e32881>
- Sugiharto, S. (2016). Herbal products as feed additives for broiler chickens: A review. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 41(3), 157 – 164. <https://doi.org/10.14710/jitaa.40.3.157-164>
- Tapas, A. R., Sakarkar, D. M., & Kakde, R. B. (2008). Flavonoids as nutraceuticals: A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1089–1099. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v7i3.14693>
- Tasdemir, A. R., Görgülü, M., Serbest, U., & Yurtseven, S. (2011). Influencia de la grasa dietética, L-carnitina y niacina en la producción y composición de la leche de vacas lecheras en lactación media. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 123-130.
- Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2019). Classification of phenolic compounds in plants. In R. R. Watson (Ed.), *Polyphenols in plants* (2nd ed., pp. 263–284). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813768-0.00026-8>
- Tsiplakou, E., Pitino, R., Manuelian, C. L., Simoni, M., Mitsiopoulou, C., De Marchi, M., & Righi, F. (2021). Plant feed additives as natural alternatives to the use of synthetic antioxidant vitamins in livestock animal products yield, quality, and oxidative status: A review. *Antioxidants*, 10(5), 780. <https://doi.org/10.3390/antiox10050780>

- Ulrikh, E., Khaliullin, R., Ganieva, I., Izhmulkina, E., & Arzjutov, M. N. (2018). The content of biologically active substances in phytobiotics used for agricultural animals and poultry. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(3.14), 445–449. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.14.17040>
- Ünal, A., & Kocabağlı, N. (2014). Effect of different dosages of oregano oil on performance and some blood parameters in lambs. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 61(3), 199–204. https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002629
- Valenzuela-Grijalva, N. V., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazán, A., Domínguez-Díaz, D., & González-Ríos, H. (2017). Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production: A review. *Journal of Animal Science and Technology*, 59, 8. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0133-9>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., Turcu, R. P., Saracila, M., Panaite, T. D., & Cornescu, G. M. (2022). Nutritional composition and bioactive compounds of basil, thyme and sage plant additives and their functionality on broiler thigh meat quality. *Foods*, 11(8), 1105. <https://doi.org/10.3390/foods11081105>
- Westendorf, J. (2012). Scientific opinion on the safety and efficacy of niacin (nicotinic acid and nicotinamide) as a feed additive for all animal species based on a dossier submitted by VITAC EEIG. *EFSA Journal*, 10(10), 2885. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2885>

- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86(suppl_14), E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>.
- Yáñez-Ruiz, D. R., & Belanche, A. (2020). Uso de metabolitos secundarios para mejorar la fermentación ruminal. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 580503. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.580503>
- Zamora-Ledezma, C., Romero-Barranco, C., & Araujo-Pinzon, L. M. (2021). Antioxidant activity and meat quality in lambs fed diets with essential oils: A systematic review. *Meat Research*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.48161/meatresearch.2021.1.1.001>
- Zimerman, M., Domingo, E., & Lanari, M. R. (2008). Carcass characteristics of Neuquén Criollo kids in Patagonia region, Argentina. *Meat Science*, 79(3), 453–457. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.019>
- Zullo, A., Barone, C., Girolami, A., Colatruglio, P., Consolante, D., & Matassino, D. (2006). Effect of electrical stimulation and other genetic and environmental factors on colour of lamb meat. *Italian Journal of Animal Science*, 5(3), 183–193. <https://doi.org/10.4081/ijas.2006.183> ouci.dntb.gov.ua+5orcid.org+5poldicadicalabria.it+5