



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA,
INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

FITOBÍOTICOS EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN FINALIZACIÓN

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

JERSAÍ CONCEPCIÓN HERNÁNDEZ REYES

Bajo la supervisión de: ALEJANDRO LARA BUENO, Dr.



Mayo de 2018

Chapingo, Estado de México

**FITOBÍOTICOS EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN FINALIZACIÓN**

Tesis realizada por **JERSAÍ CONCEPCIÓN HERNÁNDEZ REYES** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR: _____
DR. ALEJANDRO LARA BUENO

ASESOR: _____
DR. LUIS ALBERTO MIRANDA ROMERO

ASESOR: _____
DR. GERMÁN DAVID MENDOZA MARTÍNEZ

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
DEDICATORIAS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	ix
RESUMEN GENERAL.....	x
GENERAL ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	12
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1 Aditivos en la alimentación de animales	15
2.2 Antibióticos promotores del crecimiento	15
2.3 Alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento.....	18
2.3.1 Probióticos.....	20
2.3.2 Prebióticos.....	21
2.3.3 Enzimas exógenas	22
2.3.4 Fitobióticos	23
2.3.4.1 Clasificación de los fitobióticos.....	24
2.3.4.2 Metabolitos secundarios de las plantas.....	24
2.3.4.2.1 Terpenos.....	25
2.3.4.2.2 Saponinas	26
2.3.4.2.3 Fenoles	26
2.3.4.2.4 Flavonoides.....	27
2.3.4.2.5 Taninos	27
2.3.4.2.6 Alcaloides.....	28
2.3.4.2.7 Aceites esenciales	28
2.3.4.3 Modos de acción de los fitobióticos.....	30
2.4 Factores que determinan la calidad de la canal de corderos.....	40

2.4.1	Peso de la canal	41
2.4.2	Rendimiento en canal	41
2.4.3	Grasa de cobertura	42
2.4.4	Conformación de la canal	42
2.4.5	Uso de la ecografía para determinar la composición de la canal de corderos	43
2.5	Literatura citada	44
3	FITOBÍOTICOS EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN FINALIZACIÓN	54
3.1	Resumen.....	54
3.2	Abstract.....	55
3.3	Introducción	56
3.4	Materiales y métodos	57
3.4.1	Animales y tratamientos.....	57
3.4.2	Manejo y alimentación	58
3.4.3	Variables medidas y calculadas para el comportamiento productivo en la finalización	60
3.4.4	Mediciones de características de la canal.....	60
3.4.5	Fermentación y digestibilidad in vitro	60
3.4.6	Análisis de las muestras	62
3.4.7	Análisis estadístico	63
3.5	Resultados y discusión	64
3.6	Conclusiones	73
3.7	Recomendaciones	73
3.8	Literatura citada	74

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Efectos de los APC en la nutrición de animales.....	17
Cuadro 2. Ventajas e inconvenientes de las alternativas a los APC.....	19
Cuadro 3. Hierbas y especias frecuentemente usadas como aditivos fitobióticos en animales.....	35
Cuadro 4. Ingredientes y composición nutrimental de la dieta para corderos...	59
Cuadro 5. Medias por cuadrados mínimos y errores estándar de comportamiento productivo y características de la canal de corderos según tratamiento.....	67
Cuadro 6. Medias por cuadrados mínimos y errores estándar del comportamiento productivo de ovinos comiendo una dieta adicionada con Animunin, Peptasán y MagaCal, en cada periodo de alimentación.....	69
Cuadro 7. Parámetros de la cinética de fermentación in vitro (72 h) de las dietas experimentales para corderos en finalización adicionadas con aditivos fitobióticos	70
Cuadro 8. Fracciones fermentables de una dieta para corderos en finalización adicionada con fitobióticos estimadas mediante la técnica de producción de gas	71
Cuadro 9. Digestibilidad de la materia seca y orgánica, proporción fermentable de la materia digerida e índice de emisión potencial de gases de fermentación de dietas para ovinos en finalización adicionada con diferentes aditivos fitobióticos	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista transversal de la canal entre la 12 ^a y 13 ^a costilla.....	42
Figura 2. Conformación de las canales de ovinos	43
Figura 3. Vista trasversal del músculo en la doceava costilla con ultrasonido. .	44

DEDICATORIAS

A mi familia:

A mis padres J. Concepción Hernández Mariano y Dalel Reyes Martínez por su apoyo, confianza y por inculcarme ser una persona de bien.

A Elvira Barcelos, por ser parte fundamental en mi vida, por ayudarme a dar un paso más cada día, por confiar en mí y por apoyarme en la realización de mi tesis, gracias.

A mis hermanos David y Saíd por su afecto y motivación para seguir adelante.

A Susana Morales y María Elena Martínez, por su amistad, sus consejos y siempre contar con ustedes cuando más lo necesito.

A Dios por ser tan generoso y brindarme salud para obtener mis logros.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado durante mis estudios de Maestría en Ciencias.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Producción Animal, por brindarme la oportunidad para mi formación profesional.

Al Dr. Alejandro Lara Bueno, por su empeño en la dirección de este trabajo de investigación, por su apoyo en la fase experimental, sus valiosas enseñanzas y amistad, gracias.

Al Dr. Luis Alberto Miranda Romero y Dr. Germán David Mendoza Martínez por las valiosas aportaciones, observaciones y sugerencias para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Rufino López Órdaz, por su asesoría en el análisis estadístico.

A la empresa TechnoFeed, México, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co. por facilitarme los productos para la realización del experimento de este trabajo de investigación.

Al Ing. Oscar Almeraya por facilitarme los corderos para la realización del presente estudio.

A Laura y Carmen, por su apoyo en el trabajo de laboratorio.

A mis compañeros de generación del Posgrado en Producción Animal por su amistad, especialmente a Susana, María Elena, Juan Pablo, Miguel, Peralta, Marie y Ricardo que me ayudaron en la fase experimental.

A los alumnos del Departamento de Zootecnia: Michel, Mario, Tlaca, Darius, Frank, Margarito y Angélica por su apoyo en la fase experimental.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Jersaí Concepción Hernández Reyes

Fecha de nacimiento: 30 de agosto de 1991

Lugar de origen: Huitepec, Tlanchinol, Hidalgo, México.

CURP: HERJ910830HHGRYR01

Correo electrónico: c.jersaihr@gmail.com

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia



Formación académica

Bachillerato Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario, Huejutla, Hgo.

2009 Estudios: Técnico en Explotación Ganadera

Cédula Profesional: 6339653

Licenciatura Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México

2015 Estudios: Ingeniero Agrónomo Especializa en Zootecnia

Cédula Profesional: 9926898

RESUMEN GENERAL

FITOBIOÉTICOS EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN FINALIZACIÓN

Se evaluaron efectos de tres aditivos herbales fitobióticos, Animunin, Peptasán y MagaCal (TechnoFeed®, México, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co.), en el comportamiento productivo y características de la canal de corderos en finalización durante 56 días al sacrificio. Así como la cinética de fermentación, fracciones fermentables de gas y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS; %) de dietas para corderos en finalización. Se utilizaron 36 corderos Pelibuey (26.02±3.4 kg), de cuatro meses de edad y asignados aleatoriamente en corraletas individuales en cuatro tratamientos que consistieron en ofrecer diariamente en la mañana 1.5 g d⁻¹ de pellet: Testigo o conteniendo Animunin, Peptasán o MagaCal. Se ofreció una dieta base a libre acceso asignada dos veces al día (8:00 y 16:00 horas). Se registró el consumo diario de alimento y el peso de los corderos cada 14 días. Los datos para las variables del comportamiento productivo fueron analizados en un diseño completamente al azar con modelo de medidas repetidas en el tiempo y arreglo de tratamientos factorial 4x4, cuatro tratamientos y cuatro periodos. Las variables de calidad de la canal se analizaron en un diseño completamente al azar. En el experimento *in vitro* se utilizó un diseño de bloques generalizados considerando dos tiempos de preparación del alimento como criterio de bloqueo. No hubo diferencias ($p>0.05$) en peso vivo final, consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, rendimiento en canal, área del ojo de la chuleta de los animales al sacrificio, cinética de fermentación y % DIVMS. El espesor de grasa dorsal fue mayor ($p<0.05$) con la adición de Peptasán. Las fracciones fermentables rápida, lenta y total, fueron 24% mayores ($p<0.1$) con aditivos herbales fitobióticos. Los aditivos herbales Animunin, Peptasán y MagaCal no mejoran el comportamiento productivo de los corderos en finalización, ni las características de la canal, pero pueden aumentar el espesor de la grasa dorsal y la fermentación de la dieta.

Palabras clave: Fitogénicos, inmunología, dinámica ruminal, digestibilidad, fermentación *in vitro*.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Jersáí Concepción Hernández Reyes
Director de Tesis: Alejandro Lara Bueno

GENERAL ABSTRACT

PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF LAMBS IN FINALIZATION WHEN FED PHYTOBIOTICS

The effects of three phytobiotic herbal additives, Animunin, Peptasán and MagaCal (TechnoFeed®, Mexico, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co.), on the productive behavior and characteristics of lamb carcass in finalization during 56 days at slaughter were evaluated. As well as the fermentation kinetics, fermentable gas fractions and *in vitro* digestibility of the dry matter (DIVMS; %) of diets for lambs in finalization. Thirty-six Pelibuey lambs (26.02 ± 3.4 kg), four months old and randomly assigned in individual carriers, were used in four treatments that consisted of offering daily in the morning 1.5 g d^{-1} of pellet: Witness or containing Animunin, Peptasán or MagaCal. A free-access base diet assigned twice a day was offered (8:00 a.m. and 4:00 p.m.). The daily consumption of food and the weight of the lambs were recorded every 14 days. The data for the variables of productive behavior were analyzed in a completely randomized design with a model of measures repeated over time and a 4x4 factorial treatment arrangement, four treatments and four periods. The quality variables of the channel were analyzed in a completely randomized design. In the *in vitro* experiment, a generalized block design was used considering two times of preparation of the food as a blocking criterion. There were no differences ($p > 0.05$) in final live weight, feed intake, daily weight gain, feed conversion, feed efficiency, carcass yield, eye area of the chop of the animals at slaughter, fermentation kinetics and % DIVMS. Dorsal fat thickness was higher ($p < 0.05$) with the addition of Peptasán. The fast, slow and total fermentable fractions were 24% higher ($p < 0.1$) with phytobiotic herbal additives. The herbal additives Animunin, Peptasán and MagaCal do not improve the productive behavior of the lambs in finalization, nor the characteristics of the carcass, but they can increase the thickness of the dorsal fat and the fermentation of the diet.

Key words: Phytogenics, immunology, ruminal dynamics, digestibility, *in vitro* fermentation.

Thesis of Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Jersáí Concepción Hernández Reyes
Advisor: Alejandro Lara Bueno

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción ovina en México no ha cubierto la demanda por carne de cordero, lo que ha ocasionado repetidas importaciones de hasta 41,638 t de carne en canal en un solo año (SIAP-SAGARPA, 2016). Los rebaños tienen índices deficientes de producción, razón por la cual esta actividad ocupa uno de los últimos lugares por su impacto económico en la industria pecuaria nacional (Cuéllar-Ordaz, Tórtora-Pérez, Trejo-González, y Román-Reyes, 2012).

Los antibióticos como aditivos promotores de crecimiento (APC) en rumiantes, se usan para modificar los procesos digestivos y metabólicos, con el fin de mejorar la utilización del alimento y la ganancia de peso (Domínguez-Vara et al., 2009). Sin embargo, el uso de APC se ha asociado a la aparición de cepas bacterianas resistentes a antibióticos, potencialmente transferibles a humanos (Hashemi & Davoodi, 2011). Ante esta situación, la Sociedad Estadounidense de Microbiología (ASM), la Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA), la Asociación Médica Estadounidense (AMA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea (UE) han solicitado restricciones sobre el uso no terapéutico de antibióticos (Hashemi & Davoodi, 2011) y los consumidores demandan productos alimenticios libres de residuos químicos como los APC (Márquez-Lara, 2008; Bor, Aljaloud, Gyawali, & Ibrahim, 2016).

Una alternativa es el uso de productos vegetales con efecto antimicrobiano o fitobiótico (Dalle, Celia, & Szendrő, 2016). Esto ha aumentado la búsqueda de aditivos herbales (plantas enteras, hojas, semillas, raíces, corteza), y extractos de plantas con efecto benéfico en la salud intestinal y los parámetros productivos en la crianza de animales. Estos aditivos naturales deben mejorar la productividad animal, ofrecer un producto inocuo para los consumidores y generar valor agregado a la carne de ovinos (Padilla y Betancourt, 2009). Los derivados de plantas o aditivos herbales fitobióticos (AF) son productos naturales bioactivos, empleados en la alimentación animal como aperitivos, digestivos, estimulantes fisiológicos, colorantes y antioxidantes, para mejorar el desempeño

productivo e influir en el crecimiento y la salud de los animales (Dalle et al., 2016; Roofchae, Irani, Ebrahimzadeh, & Akbari, 2011). En comparación con los antibióticos sintéticos o químicos inorgánicos, los AF están libres de residuos contaminantes, no tóxicos y contienen factores de crecimiento que se pueden incluir en raciones para animales (Dalle et al., 2016; Falcão et al., 2007; Hashemi, Zulkifli, Hair-Bejo, Farida, & Somchit, 2008).

Los AF se han utilizado en la dieta de pollos de engorda para evaluar su efecto sobre la calidad de la carne, peso al sacrificio y rendimiento en canal (Luna, Lábaque, Zygadlo, & Marin, 2010; Roofchae et al., 2011; Symeon, Zintilas, Ayoutanti, Bizelis, & Deligeorgis, 2009); en cerdos, al ofrecer fitobióticos en la ración se mejoró la digestibilidad de los nutrientes, las características del hematocrito y mayor eliminación de parásitos fecales (Yan, Meng, & Kim, 2012); en conejos en engorda, la adición de fitobióticos en la dieta disminuyó la mortalidad de los gazapos, mejoraron el peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y ganancia diaria de peso (Ayala, Silvana, Zocarrato, y Gómez, 2011); en rumiantes, los fitobióticos disminuyeron la metanogénesis ruminal y aumentaron la digestibilidad del alimento (Vélez-Terranova, Campos-Gaona, y Sánchez-Guerrero, 2014); y en vacas lecheras que comieron esos aditivos naturales, se disminuyó el número de células somáticas de la leche, lo que se tradujo en una mejora del rendimiento, del estado de salud y la función metabólica (Hashemzadeh-Cigari et al., 2014). No obstante, existen controversias en otras especies y escasa literatura sobre la evaluación del comportamiento productivo y características de la carne de corderos con el uso de AF en la dieta.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de tres aditivos herbales fitobióticos, Animunin, Peptasán y MagaCal (TechnoFeed®, México, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co.) en el comportamiento productivo: peso vivo (PV); consumo de alimento (CM); ganancia diaria de peso (GDP); eficiencia alimenticia (EA); conversión alimenticia (CA), características de la canal: rendimiento en canal (RC); espesor de la grasa dorsal (EGD) y área del ojo de la

chuleta (AOC), en corderos Pelibuey durante la etapa de finalización, así como determinar la cinética de fermentación, fracciones fermentables de gas y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de dietas para corderos en finalización.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aditivos en la alimentación de animales

Un aditivo alimenticio es un producto adicionado a un nivel bajo en la dieta, con el propósito de incrementar la calidad nutricional del alimento, mejorar la calidad de los productos de origen animal o mejorar el comportamiento productivo y salud de los animales (Hashemi & Davoodi, 2011; Ravindran, 2010).

La proliferación de aditivos naturales de diversos orígenes para estimular las defensas y mejorar el estado de salud de los animales ha hecho prácticamente innecesaria la aplicación de antibióticos como promotores de crecimiento (Santomá, 1998). Los aditivos alimenticios, dependiendo de sus propiedades y funciones, se clasifican en cinco categorías (Carro y Ranilla, 2002; Ravindran, 2010): tecnológicos o auxiliares (antioxidantes, emulsificantes o acidificantes); sensoriales (aromas y pigmentos); nutricionales o suplementos (vitaminas, minerales traza, aminoácidos); promotores del crecimiento o modificadores digestivos (antibióticos, probióticos, enzimas, etc.); y, preventivos de enfermedades (coccidiostatos y otras sustancias medicamentosas). A estos compuestos hay que agregar activadores del sistema inmunitario, las inmunoglobulinas orales, los oligosacáridos bloqueadores de la adhesión de bacterias patógenas y los estimuladores de la flora intestinal benéfica (Santomá, 1998).

2.2 Antibióticos promotores del crecimiento

Los antibióticos promotores del crecimiento (APC) se administran en la ración para animales sanos en dosis subterapéuticas, para controlar e inhibir el crecimiento de bacterias patógenas causantes de enfermedades subclínicas en el tracto digestivo del animal, reducir la flora autóctona del intestino que compite con el huésped por los nutrientes, de esta forma permite el aprovechamiento más eficiente de los nutrientes, reduce la mortalidad animal, aumenta el rendimiento y la productividad, mejora la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia

hasta en 5 % (Cancho, García, y Simal, 2000; Sanit, 2002; Hernández, Madrid, García, Orengo, y Megías, 2004).

Sin embargo, el uso irracional de APC en la producción de alimentos de origen animal se ha asociado con la aparición de cepas de bacterias resistentes a los antibióticos, así como la transferencia de patógenos resistentes a humanos a través de la cadena alimenticia (Dibner & Richards, 2005; Hashemi & Davoodi, 2011). Lo anterior se atribuye a que los APC incrementan la presión selectiva sobre los microorganismos presentes en la microbiota intestinal de los animales; y se selecciona los que son más resistentes a los antibióticos.

La población de bacterias colonizantes del intestino, constituyen un reservorio de genes que codifican resistencia a los antibióticos (Brufau, 2012). Las evidencias demuestran que algunas cepas bacterianas resistentes no responden a los antibióticos comúnmente recetados, lo cual incrementa el riesgo potencial para la salud en humanos y animales (Dibner & Richards, 2005). El problema se agrava en virtud del riesgo de ofrecer al consumidor productos de origen animal contaminados con APC y bacterias resistentes en la cadena alimenticia, aspecto que no se puede ignorar y por ello se debe de evitar (Brufau, 2012).

Varias organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea (UE) han alertado sobre el uso no terapéutico de APC en producción animal (Brufau, 2012; Hashemi & Davoodi, 2011). Este hecho ha generado la necesidad de restringir el uso de APC en raciones para animales. Sin embargo, la eliminación de APC puede afectar negativamente el comportamiento productivo de los animales, fomentar el resurgimiento de patógenos que causan enfermedades y causar pérdidas económicas en las granjas (Alloui, Nabil, & Agabou, 2014). Algunos defensores de la prohibición consideran que los APC son innecesarios pues aumenta el costo de producción y de continuar usándose se posterga la salud humana en favor de los intereses económicos (Cepero, 2005).

En el ~~Cuadro 1~~ Cuadro 4 se resume la complejidad de las acciones de los APC. Las alternativas a estos tendrían que ser capaces de ejercer las mismas acciones, a un costo económico comparable.

Cuadro 1. Efectos de los APC en la nutrición de animales.

Efecto	Fisiológico	Nutricional	Metabólico
Aumentan	Absorción de nutrientes	Retención de energía y nitrógeno	Síntesis hepática de proteínas
	Consumo de alimento	Absorción de glucosa, ácidos grasos, calcio, vitaminas, micro elementos, nutrientes en plasma	Fosfatasa alcalina en intestino
Disminuyen	Tiempo de tránsito intestinal		Producción de amoniaco y aminos tóxicas
	Diámetro de la pared intestinal	Pérdida de energía en intestino	Fenoles aromáticos
	Multiplicación de células mucosas	Síntesis de vitaminas	Degradación biliar
	Humedad en excretas		Oxidación de ácidos grasos
			Excreción de grasas en excretas
			Ureasa microbiana intestinal

Fuente: Anderson et al., 2000.

Los APC funcionan mejor cuando las condiciones de explotación son deficientes, por el control que éstos ejercen sobre la microflora intestinal y por la mejora en la utilización de los nutrientes, por lo que se debe optimizar la capacidad de defensa del animal, especialmente en aquellas situaciones de inmunodepresión o inmunosupresión fisiológicas causadas por factores de manejo: destete precoz, transporte, altas densidades y restricciones nutritivas; por factores ambientales:

temperatura, ventilación y humedad relativa; o, por factores patológicos: virus inmuno-depresores (Santomá, 1998).

2.3 Alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento

Dos alternativas al uso de APC han sido propuestas: la implementación de nuevas estrategias de manejo para incrementar el confort y el bienestar de los animales, y la utilización de otras sustancias con efectos similares al de los APC sobre los niveles productivos y salud.

Las estrategias de manejo deben ir encaminadas a reducir la incidencia de enfermedades en los animales, de forma que se evite tanto la disminución de los niveles productivos como el uso de antibióticos con fines terapéuticos (Carro y Ranilla, 2002). Sobre la base de los cambios esperados en la producción pecuaria se destacan dos grupos de aditivos para su empleo en formulación de dietas: las enzimas exógenas, como alternativas a los APC, y los aminoácidos sintéticos que se prevé desempeñarán un papel clave en el futuro (Ravindran, 2010).

El *Committee on Drug Use in Food* (1999) señala que estas estrategias pueden agruparse en cuatro apartados: a) prevenir o reducir el estrés a través de estrictos controles de la higiene de los animales, de la calidad de los alimentos que reciben y las condiciones medioambientales en las que se crían; b) optimizar la nutrición de los animales, de forma que se mejore su estado inmunológico y se eviten cambios bruscos en las condiciones alimenticias; c) erradicar en la medida de lo posible algunas enfermedades; y d) seleccionar genéticamente animales resistentes a enfermedades.

En la nutrición de animales existen otros aditivos utilizados como APC alternativos (Cuadro 2 ~~Cuadro 2~~). Destacan como principales opciones las enzimas, ácidos orgánicos, microminerales, vitaminas principalmente aquellas relacionadas con la prevención de procesos oxidativos y de protección tisular, probióticos que mejoran los procesos digestivos a nivel ruminal o del sistema

Con form
Automát

digestivo general mediante microorganismos, prebióticos, oligosacáridos que son azúcares complejos no desdoblados por el sistema enzimático del animal, aditivos herbales y extractos vegetales con marcado carácter antimicrobiano y otros aditivos de carácter diverso (Mateos, Lazaro, y Medel, 2000; Carro y Ranilla, 2002).

Cuadro 2. Ventajas e inconvenientes de las alternativas a los APC

Aditivo	Ventajas	Inconvenientes
Probióticos	Inocuos para el animal y el consumidor	Elevado costo Eficacia variable
	Buena aceptación por el consumidor (excepto microorganismos genéticamente modificados)	Menor eficacia que los APC Posible transferencia de resistencia a antibióticos
Prebióticos	Inocuos para el animal y el consumidor	Resultados variables en las distintas especies
	Muy buena aceptación por el consumidor	Menor eficacia que los APC Resultados variables en rumiantes
Ácidos orgánicos	Inocuos para el animal y el consumidor	Difícil manejo de los ácidos
	Muy buena aceptación por el consumidor	Pueden disminuir el consumo de alimento Elevado costo Menor eficacia que los APC
Enzimas	Inocuos para el animal y el consumidor	Solo son efectivas en el sustrato adecuado
	Buena aceptación por el consumidor (posibles retencencias si provienen de microorganismos genéticamente modificados)	Menor eficacia que los APC Elevado costo
Extractos vegetales	Inocuos para el animal y el consumidor	Procesos de obtención costosos

Muy buena aceptación por el consumidor	Difícil control de su procedencia Pueden requerir altas dosis para ser efectivos
--	---

Fuente: Carro y Ranilla, 2002.

Las alternativas a los antibióticos presentan mayor seguridad, pero en ningún caso pueden llegar a tener los efectos que se derivan del empleo de APC en alimentación animal. Por tanto, no pueden definirse como sustitutos de los mismos (Cancho et al., 2000). Entre los posibles candidatos, los fitogénicos representan un nuevo e interesante grupo de aditivos para la nutrición de animales, originados principalmente de hierbas, especias u otras plantas (Hashemi & Davoodi, 2011).

2.3.1 Probióticos

Los probióticos son microorganismos vivos que se adicionan en el alimento y permanecen activos en el intestino en cantidad suficiente como para alterar la microbiota intestinal del huésped, tanto por implantación como por colonización. Cuando se suministran en cantidades adecuadas promueven beneficios en la salud del animal que los ingiere (Oliveira-Fuster y González-Molero, 2007).

La mayoría de las bacterias que se utilizan como probióticos en los animales pertenecen a las especies *Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus*, aunque también se utilizan levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y hongos (*Aspergillus oryzae*). Los probióticos producen mejoras en la ganancia de peso y conversión alimenticia de cerdos y aves similares a los obtenidos con APC. Sin embargo, la actividad de los probióticos es menos consistente que la de los APC, de tal forma que el mismo producto puede producir resultados variables y en casos, no tener ningún efecto de mejora (Hillman, 2001).

Los efectos de los probióticos son mayores en las primeras semanas de vida de los animales, especialmente en el período posterior al destete en el caso de los mamíferos. En los rumiantes adultos se ha observado que el uso de probióticos

(*Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*) puede incrementar la producción de leche (entre 1 y 2 kg animal d⁻¹) y la ganancia diaria de peso de terneros en finalización (hasta un 20 %), sin embargo, en estos animales la actividad de los probióticos tampoco es consistente y en muchos estudios no se ha observado efecto alguno de estos aditivos (Carro y Ranilla, 2002).

Los mecanismos de acción propuestos para los probióticos, es que éstos impiden a los microorganismos patógenos colonizar el tracto digestivo, reducen su concentración y producción de toxinas, asimismo, estimulan el sistema inmunológico del animal, ya que, al suministrar probióticos se han registrado aumentos en la concentración de inmunoglobulinas del tracto digestivo (Carro y Ranilla, 2002). Los principales inconvenientes de los probióticos son la falta de consistencia de su actividad y el precio es entre 20 y 30 % superior al de los APC (Carro y Ranilla, 2002).

2.3.2 Prebióticos

Los prebióticos son ingredientes no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento y/o actividad de una o varias especies bacterianas de la microbiota intestinal y que provocan una mejora de la salud del animal. Existen cientos de compuestos con interés potencial, la mayoría son hidratos de carbono, los más usados en animales son los oligosacáridos, carbohidratos de 3-10 unidades de azúcares monoméricos. Se distinguen según sus monómeros, el tipo de unión entre ellos, la estructura de la cadena y sus uniones a otras estructuras no hidrocarbonadas. La mayoría presentan un enlace glucosídico β entre sus unidades de azúcares, que no es degradada por las enzimas digestivas, pero sí por la microbiota intestinal. Los más estudiados son los fructo-oligosacáridos, los manano-oligosacáridos y los xilo-oligosacáridos. Los oligosacáridos pueden ser de origen natural, pero en su mayoría se obtienen por síntesis o hidrólisis enzimática (Cepero, 2005).

Entre sus mecanismos de acción son utilizados selectivamente como sustratos por bacterias intestinales sacarolíticas benéficas, como *Bifidobacter adolescent*,

pero no pueden ser utilizados por patógenos proteolíticos como *Clostridium*, *Staphylococcus* y *Escherichia coli*. Inhiben el crecimiento de bacterias patógenas. Los oligosacáridos indigestibles para el animal son fermentados por la flora y convertidos en ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato, principalmente), lactato, y gases (dióxido de carbono, metano e hidrógeno) que funcionan como sustancias antimicrobianas (Mul & Perry, 1994).

2.3.3 Enzimas exógenas

Las enzimas son proteínas que actúan como biocatalizadores de las reacciones bioquímicas; Las enzimas exógenas se utilizan para mejorar la digestibilidad de los alimentos para rumiantes y no rumiantes, sin embargo, las respuestas productivas han sido muy variables. La digestión eficiente de sustratos complejos en el rumen requiere de la acción combinada de muchas enzimas. La respuesta variable de los rumiantes al uso de enzimas exógenas se ha explicado con base en las características de la enzima, diversidad de productos enzimáticos en el mercado, condiciones experimentales y el método de ofrecer el complejo enzimático a los animales. Pero el rendimiento de los rumiantes se puede mejorar con una mezcla de enzimas exógenas, incluyendo amilasas, celulasas y xilanasas (Caja, González, Flores, Carro, y Albanell, 2003).

En rumiantes las enzimas exógenas podrían afectar la utilización de los alimentos a través de sus efectos en el alimento, por lo que se han sugerido cuatro modos de acción de las enzimas exógenas en rumiantes: las enzimas actúan sobre el alimento antes de ser consumido para pre digerir y reblandecer estructuras que impiden o reducen la digestión microbiana en el rumen; en el rumen las enzimas exógenas pueden hidrolizar directamente el alimento o bien actuar sinérgicamente con los microorganismos ruminales para mejorar la digestión del alimento; en el intestino delgado las enzimas exógenas pueden optimizar la absorción de nutrientes, reduciendo la viscosidad del quimo o hidrolizando sustratos que escaparon de la fermentación ruminal; en las heces las enzimas pueden incrementar la descomposición (McAllister, Hristov, Beauchemin, Rode, & Cheng, 2000).

2.3.4 Fitobióticos

Los fitobióticos (AF) o fitogénicos son grupo de aditivos naturales promotores de crecimiento que pueden contener amplia variedad de sustancias bioactivas derivadas de hierbas, especias y aceites esenciales, que se incorporan en el alimento para mejorar la productividad del ganado, a través de incrementar la digestibilidad, absorción de nutrientes, eliminar patógenos residentes en el tracto gastrointestinal y favorecer la salud animal (Hashemi & Davoodi, 2010; Windisch, Schedle, Plitzner, & Kroismayr, 2008). Además, estos productos naturales de origen vegetal son menos tóxicos, libres de residuos, respetuosos con el medio ambiente y son los aditivos ideales para los animales, en comparación con los antibióticos sintéticos o los químicos inorgánicos, por lo que se ha recomendado su utilización como alternativa al uso de antibióticos (Hashemi et al., 2008; Yitbarek, 2015; Sánchez-Ojeda, 2016).

Los AF contienen diversos compuestos bioactivos y metabolitos secundarios, los cuales son compuestos químicos orgánicos que se producen de forma natural en las plantas que funcionan como medio de defensa al ataque de insectos, microorganismos y tolerancia a condiciones ambientales adversas de temperatura, humedad e intensidad de luz, dichas sustancias pueden afectar positivamente el rendimiento y la salud de los animales (Hashemi & Davoodi, 2011; Ramakrishna & Aswathanarayana, 2011). Los compuestos bioactivos, tienen la capacidad de provocar efectos farmacológicos o toxicológicos en humanos y/o animales (Durmic & Blache, 2012).

Hashemi & Davoodi (2010) sostienen que la actividad biológica o terapéutica de una planta medicinal está estrictamente relacionada con los productos químicos de la planta, tales como aceites esenciales, alcaloides, ácidos, esteroides, taninos, saponinas, entre otros. La cantidad de estas moléculas varía dependiendo de la variedad de planta, las condiciones de cultivo, y tiempo de cosecha (Frankič, Voljč, Salobir, & Rezar, 2009).

Yitbarek (2015) afirma que las propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antivirales, antitoxigénicas, antiparasitarias e insecticidas de los fitobióticos derivan de sus moléculas bioactivas los cuales son compuestos fenólicos liposolubles como el carvacrol, timol, cineol, linalool, anetol, alicina, capsaicina, isotiocianato de alilo y piperina, obtenidos principalmente del orégano, tomillo, ajo, clavo, rábano, chile, pimienta, menta, canela, anís, romero y salvia.

Los beneficios potenciales del uso de fitobióticos en la nutrición de animales son: mayor consumo de alimento, estimulación de la digestión, mayor crecimiento y desarrollo, menor incidencia de enfermedades, mejora de los parámetros reproductivos, mejora de la eficiencia de alimentación, aumento de la rentabilidad y reducción de emisiones de gases en la avicultura (Yitbarek, 2015).

2.3.4.1 Clasificación de los fitobióticos

La gran variedad de compuestos vegetales utilizados como AF se clasifican según su origen y procesamiento en (Kamel, 2000; Yitbarek, 2015): hierbas, plantas con flores y herbáceas; especias, hierbas de olor y sabor intensos comúnmente agregados para condimentar alimentos para humanos como ajo, anís, canela, cilantro, orégano, chile, pimienta, romero y tomillo; aceites esenciales, compuestos lipofílicos volátiles obtenidos mediante destilación a vapor o alcohol; y, oleorresinas, extractos obtenidos con solventes no acuosos.

Windisch & Kroismayr (2006) clasifican a los AF según: parte que se usa, toda la planta, raíz, tallo, corteza, hoja, flores, fruta y semilla; hábito de crecimiento, gramíneas, hierbas, arbustos, trepadoras y árboles; hábitat, tropical, subtropical y templado; valor terapéutico, antibacterianos, antifúngicos, antiinflamatorios, antiulcerosos, antioxidantes, antivirales, anticancerígenos, inmunoestimuladores; y, vías de administración, maceración, jarabe, inhalación y tisanas.

2.3.4.2 Metabolitos secundarios de las plantas

Los metabolitos secundarios son moléculas biológicamente activas (compuestos bioactivos) que no están involucradas en procesos bioquímicos primarios como

el crecimiento, el desarrollo y la reproducción de las plantas. La biosíntesis de los metabolitos secundarios puede ser energéticamente costosa a través de vías estrechamente reguladas y que pueden estar relacionadas con estímulos ambientales, estacionales o externos (Patra & Saxena, 2010). La mayoría de los metabolitos secundarios poseen actividad biológica en otros organismos vivos, es decir, afectan algunos procesos metabólicos de animales y/o la tasa de crecimiento de algunos microorganismos. Por esa razón, las compañías farmacéuticas y de nutrición de animales analizan rutinariamente los compuestos bioactivos de las plantas para obtener nuevos medicamentos o aditivos alimenticios. Estas sustancias generalmente se pueden estructurar en terpenos, fenoles o alcaloides (Bodas et al., 2012).

2.3.4.2.1 Terpenos

El grupo de metabolitos secundarios más numeroso y diversificado son los terpenos, los cuales se encuentran en muchas hierbas y especias. Se sintetizan a partir de difosfato de isopentenilo (isopreno) y se clasifican en función del número de unidades de isopreno. Los monoterpenos (C₁₀) son las moléculas más representativas que constituyen 90 % de los aceites esenciales, consisten en varios tipos de compuestos con una variedad de radicales funcionales, tales como: carburos; alcoholes como geraniol, limoneno y mentol; aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, peróxidos y fenoles (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idaomar, 2008).

Los diterpenos (C₂₀) son ácidos que componen resinas de gimnospermas y compuestos tales como fitol, tocoferol y retinol. Los triterpenos (C₃₀) se clasifican en esteroides, saponinas triterpénicas o esteroideas y glucósidos cardiotónicos. Los esteroides estimulan el crecimiento de las plantas, mientras que las saponinas se usan en la industria farmacológica debido a su acción antiinflamatoria y antimicrobiana. Los glucósidos cardiotónicos también son de evidente interés farmacológico. Los tetraterpenos (C₄₀) consisten en carotenoides y xantofilas. Los carotenoides desempeñan funciones fisiológicas

claves en la fotosíntesis y parecen tener propiedades antitumorales debido a su actividad antioxidante (Graßmann, 2005).

2.3.4.2.2 Saponinas

Las saponinas son compuestos bioactivos encontrados en plantas, en algunos organismos marinos e insectos. Los tipos de saponinas más conocidas son las triterpénicas, especialmente en leguminosas. Sin embargo, se puede encontrar gran variedad de estos compuestos con diferentes propiedades biológicas dependiendo de la modificación en la estructura de su anillo y el número de azúcares adheridos (Patra & Saxena, 2010).

Las saponinas actúan sobre las membranas celulares de los protozoarios del rumen, lo que permite disminuir la metanogénesis al reducir indirectamente la población de estos microorganismos ruminales. Las saponinas favorecen la producción de propionato, resultando en menor oferta de hidrógenos necesarios para la producción de metano. El consumo de alimento no se afecta en gran medida por la inclusión de saponinas en la dieta, sin embargo, la digestibilidad y la metanogénesis dependen de las dosis de saponinas ingeridas (Patra & Saxena, 2010). Debido a que las saponinas tienen un efecto menor sobre el patrón de fermentación ruminal, en muchos casos se aumenta la eficiencia de utilización del alimento ya que se disminuye la relación acetato:propionato sin afectar la degradabilidad de los sustratos, lo cual mejora la productividad de los animales (Goel, Makkar, & Becker, 2008).

2.3.4.2.3 Fenoles

Los compuestos fenólicos se caracterizan por tener al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo, y se pueden clasificar en función de su origen biosintético. Se sintetizan a partir de la polimerización de unidades de acetil-CoA y se agrupan de acuerdo con el número de unidades de acetato como: tetrapéptidos, pentapéptidos, decapéptidos y otros (Bodas et al., 2012).

2.3.4.2.4 Flavonoides

Los flavonoides son una clase de compuestos polifenólicos que contienen 15 carbonos con dos anillos aromáticos conectados por un puente de tres carbonos. Las principales clases de flavonoides según los grupos funcionales que poseen son las chalconas, flavonas, flavonoles, flavandioles, antocianinas y taninos condensados (Bodas et al., 2012).

Los compuestos fenólicos son los más numerosos y se encuentran en todo el reino vegetal, están presentes en altas concentraciones en la epidermis de las hojas y cáscaras de las frutas. Los flavonoides tienen diferentes funciones, actúan en la regulación del metabolismo primario, proporcionan colores atractivos a las flores para ayudar a la polinización y tienen propiedades antimicrobianas (Crozier, Clifford, & Ashihara, 2006). Las plantas que contienen flavonoides reducen la producción de metano y estimulan el metabolismo microbiano (Bodas et al., 2012).

2.3.4.2.5 Taninos

Los taninos son polímeros polifenólicos de alto peso molecular, unidos por enlaces covalentes solubles en agua. La presencia de un gran número de grupos hidroxilo fenólicos les brinda la capacidad de formar complejos, principalmente con las proteínas, y en menor medida con iones metálicos, aminoácidos y polisacáridos, se encuentran en arbustos y árboles forrajeros, leguminosas, frutas, cereales y granos (Patra & Saxena, 2010).

Los taninos se dividen en dos grupos: hidrolizables y condensados. Los taninos hidrolizables son moléculas complejas con un poliol como núcleo central (glucosa, glucitol, ácidos quínico, quercitol, siquímico) los cuales son esterificados parcial o totalmente con un grupo fenólico, por ejemplo, el ácido gálico (3, 4, 5-trihidroxi benzoico; galotaninos). Los taninos condensados o proantocianidinas son principalmente polímeros de las unidades flavan-3-ol (epi) catequina y (epi) galocatequina, que están unidos por enlaces interflavonoides

C4-C8 y C4-C6. El número de unidades monoméricas pueden variar y determinan el grado de polimerización de di- tri- y tetraflavonoides a oligómeros superiores, éstos pueden generar una gran cantidad de estructuras químicas y producir diferentes propiedades biológicas (Patra & Saxena, 2010).

El efecto de los taninos sobre la metanogénesis aún no se entiende completamente. Se ha encontrado que pueden inhibir el crecimiento o la actividad de las bacterias metanogénicas y protozoarios del rumen por medio de mecanismos bactericidas o bacteriostáticos. También pueden afectar las bacterias celulolíticas y consecuentemente la fermentación de los carbohidratos a ácidos grasos de cadena corta, en especial la producción de acetato, de esta manera se reduce la formación de CO₂ y H₂ necesarios para la metanogénesis (Bodas et al., 2012).

2.3.4.2.6 Alcaloides

Son compuestos sintetizados a partir de aminoácidos, con frecuencia tienen efectos farmacológicos. Muchos son extremadamente tóxicos o teratogénicos para otros organismos. Hay diferentes clasificaciones de alcaloides por el tipo de plantas o la similitud del esqueleto de carbono. Los derivados de ornitina y lisina incluyen atropina, nicotina, nornicotina, anabasina y lupinina; los derivados de fenilalanina y tirosina incluyen tebaína, codeína, morfina, papaverina; y los derivados de triptófano incluyen ajmalina, vincristina, vinblastina, quinina y estricnina (Bruneton, 1999).

2.3.4.2.7 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos oleosos aromáticos, mezclas complejas de metabolitos secundarios volátiles lipofílicos que se obtienen del material vegetal a través de la destilación al vapor o con disolventes orgánicos y suelen tener el olor o sabor característico de la planta de la que se obtienen. Por lo general, son mezclas de metabolitos secundarios de plantas y pueden contener compuestos

fenólicos (timol, carvacrol y eugenol), terpenos (extractos de cítricos y piña), alcaloides (capsaicina), lectinas, aldehídos y polipéptidos (Thacker, 2013).

Los aceites esenciales presentan diversas composiciones químicas, naturales y propiedades biológicas. Los compuestos activos más importantes están incluidos en dos grupos químicos: terpenoides (monoterpenoides y sesquiterpenoides) y fenilpropanoides, estos dos grupos provienen de diferentes precursores del metabolismo primario y se sintetizan a través de diferentes vías metabólicas (Calsamiglia, Busquet, Cardozo, Castillejos, & Ferret, 2007).

Los aceites esenciales presentan una fuerte actividad antimicrobiana que inhibe el crecimiento y la supervivencia de la mayoría de microorganismos, en especial de bacterias. La reducción de la metanogénesis ruminal se produce dependiendo de la dosis en la dieta. Con dosis altas se puede observar una reducción en la producción de metano, pero también se afecta la fermentación ruminal y por tanto la formación de otros productos finales. Sin embargo, existen algunos aceites esenciales que han demostrado reducir la metanogénesis entre 20 y 60 % sin afectar la fermentación (Bodas et al., 2012).

El efecto de los aceites esenciales sobre los microorganismos ruminales se produce dado su naturaleza lipofílica, la cual genera una alta afinidad por las membranas celulares de los microorganismos en donde los grupos funcionales de los aceites interactúan con los componentes de las membranas, y como resultado se altera el transporte normal de iones (electrones) generando fallas en algunos procesos (translocación de proteínas, fosforilación, reacciones enzima dependientes); de esta manera, la membrana se altera y las enzimas microbianas son inactivadas. El principal problema es que también se afecta la actividad de algunos microorganismos benéficos para la fermentación ruminal (Benchaar & Greathead, 2011).

Los aceites esenciales presentan propiedades antioxidantes que permiten mejorar la calidad de los productos animales (Nieto, Díaz, Bañon, & Garrido, 2010). Entre los más estudiados están: timol (tomillo), carvacrol (orégano),

eugenol (clavo, canela), cinamaldehído (canela), anetol (anís, hinojo), bayas de enebro y aceite de menta (Bodas et al., 2012), obteniéndose a partir de flores, pétalos, hojas, tallos, frutos, raíces, y las concentraciones dependen de la etapa de crecimiento y condiciones ambientales (Calsamiglia et al., 2007).

2.3.4.3 Modos de acción de los fitobióticos

El principal modo de acción de los AF es a través de beneficiar al ecosistema de la microbiota gastrointestinal mediante el control de patógenos potenciales. La mejora de la capacidad digestiva en el intestino delgado puede considerarse un efecto secundario indirecto de la estabilización fitobiótica del equilibrio microbiano en el intestino. En consecuencia, los fitobióticos fortalecen la defensa inmune de los animales durante situaciones de estrés y aumentan la disponibilidad intestinal de nutrientes esenciales para la absorción, lo que ayuda a los animales a aumentar el crecimiento en el marco de su potencial genético (Hashemi & Davoodi, 2010).

Los mecanismos de acción no se conocen totalmente, varían dependiendo el tipo de metabolito secundario presente en la planta, concentración, dosis y su interacción con la dieta base de los animales (Frankič et al., 2009; Vélez-Terranova et al., 2014). De acuerdo con Figueiredo, Barroso, Pedro, & Scheffer (2008) el uso de AF de diferentes plantas sigue siendo limitado debido a que no se conoce el modo de acción, forma de aplicación, diversidad de origen botánico, transformación, composiciones de las plantas y sus extractos.

Xu, Zhou, Ji, Pei, & Xu, (2008) descubrieron que los aceites esenciales timol y carvacrol tienen la capacidad de alterar la membrana citoplasmática de los patógenos. Cristani et al. (2007) demostraron que la actividad antibacteriana se produce por acción de las sustancias activas de los aceites esenciales que cruzan la membrana celular y alteran las estructuras intracelulares. Por consiguiente, la reducción de patógenos dentro del intestino promueve una menor competencia de nutrientes y aumenta la disponibilidad de nutrientes para la utilización del animal y también se previenen enfermedades gastrointestinales.

No se ha establecido el modo exacto de acción de los aceites esenciales, pero la actividad puede estar relacionada con cambios en la solubilidad de los lípidos de la membrana externa de las bacterias patógenas. Los aceites esenciales que contienen compuestos fenólicos tienden a tener una mayor actividad antimicrobiana que los aceites que contienen otros compuestos (Thacker, 2013).

Un modo de acción sugerido para los aceites esenciales es un efecto sobre el patrón de colonización bacteriana en sustratos ricos en almidón, cuando ingresan al rumen. Un segundo modo posible de acción es la inhibición de las bacterias productoras de amoníaco involucradas en la desaminación de aminoácidos (Hart, Yáñez-Ruiz, Duval, McEwan, & Newbold, 2008).

A pesar de ello, se ha propuesto que los AF disminuyen la oxidación de los aminoácidos, ejercen una acción antimicrobiana sobre patógenos intestinales, favorecen la absorción intestinal, estimulan la secreción de enzimas digestivas, mejoran el estado inmunológico del animal, y aumentan la palatabilidad y el consumo de los alimentos (Carro y Ranilla, 2002). No obstante, los procedimientos de evaluación de sus efectos terapéuticos, toxicidad e interacciones con fármacos, tienen que ser mejorados (Alloui et al., 2014).

2.3.4.3.1 Efectos antioxidantes

Las propiedades antioxidantes de hierbas y especias han sido estudiadas por Ruberto, Baratta, Sari, & Kaâbeche (2002), Alloui et al. (2014) y Van der Klis (2015), y pueden contribuir a la protección de los lípidos en la dieta contra la oxidación (Cuppet & Hall, 1998). Sin embargo, es incierto si estos antioxidantes fitogénicos pueden reemplazar a los antioxidantes (α -tocoferol) comúnmente utilizados en dietas como prácticas comunes de alimentación (Alloui et al., 2014).

Las especias tomillo y orégano contienen grandes cantidades de monoterpenos, timol y carvacrol con propiedades antioxidantes (Rahimi, Teymouri, Karimi, Omidbaigi, & Rokni, 2011). Las plantas ricas en flavonoides como el té verde y

otras hierbas chinas han sido descritas como antioxidantes naturales (Nakatani, 2000; Piao et al., 2006).

La pimienta negra (*Piper nigrum*), el pimiento rojo (*Capsicum annuum* L.) y el chile (*Capsicum frutescens*) contienen también varios compuestos antioxidantes, pero en muchas de estas plantas las partes que contienen los principios activos son muy fragantes y/o con sabor picante que conduce a restricciones de uso en la alimentación de animales (Nakatani, 1997).

Las plantas de la familia *Labiatae* (como la menta) contienen componentes con propiedades antioxidantes que se deben a terpenos fenólicos (Cuppet & Hall, 1998). Se ha demostrado la actividad de estos compuestos fenólicos en la mejora de la estabilidad de productos de origen animal en pollos de engorda (Botsoglou, Grigoropoulou, Botsoglou, Govaris, & Papageorgiou, 2003; Giannenas et al., 2004).

El proceso de extracción de AF es costoso, por lo que su uso incrementa los costos de producción. Sin embargo, este impacto económico puede reducirse intensificando el cultivo de plantas con propiedades antioxidantes y desarrollando nuevos procesos tecnológicos de extracción (Alloui et al., 2014).

2.3.4.3.2 Efectos en la palatabilidad y digestión

El efecto estimulante de algunos AF sobre el consumo de alimento es probablemente debido a la mejora en la palatabilidad de la dieta resultado de la mejora del sabor y olor, especialmente con el uso de aceites esenciales (Frankic et al., 2009). Sin embargo, el número de estudios que han evaluado el efecto de los extractos de plantas sobre la palatabilidad es aún limitado (Alloui et al., 2014).

Windisch & Kroismayr (2006) observaron aumentos en el consumo de alimento y de las secreciones digestivas en animales suplementados con AF. En general, un aumento en el consumo de alimento en pollos es debido a aditivos tales como ácidos orgánicos, probióticos y prebióticos (Catala-Gregorl & Mallet, 2007). Por

tanto, la suposición de que hierbas, especias y extractos mejoran la palatabilidad del alimento no parece justificarse plenamente (Windisch et al., 2008).

Otros investigadores han demostrado que los aceites esenciales utilizados en aves han influido positivamente en la actividad enzimática de la tripsina y la amilasa (Lee et al., 2003; Jang et al., 2004; Jamroz, Wiliczekiewicz, Wertelecki, Orda, & Skorupińska, 2005). También se encontró que los aditivos fitogénicos tienen un efecto estimulante sobre el moco intestinal en pollos. Se supone que este efecto influye en la adhesión de patógenos y, en consecuencia, ayuda a estabilizar el equilibrio microbiano en el intestino del pollo (Jamroz, Wertelecki, Houszka, & Kamel, 2006). Estas mejoras pueden deberse a cambios morfológicos inducidos en el intestino, tales como las vellosidades y las dimensiones de las criptas en el yeyuno y el colon de los pollos que ingieren AF (Jamroz et al., 2006).

Lewis, Rose, Mackenzie, & Tucker (2003) demostraron que el aceite de ajo aumenta la ingesta de alimento y reduce las bacterias patógenas del tracto gastrointestinal, además de tener propiedades antitumorales y antioxidantes, lo cual explica las mejoras en el rendimiento de los pollos.

2.3.4.3.3 Efectos antimicrobianos e inmunes

Los AF son conocidos también por sus efectos antimicrobianos (Smith-Palmer, Stewart, & Fyfe, 1998). Los estudios muestran mayor sensibilidad de las bacterias *Gram+* en comparación con las bacterias *Gram-* (Zaika, 1988; Ceylan & Fung, 2004). Esto no significa que los extractos de plantas no sean activos en las bacterias *Gram-*, sólo que la dosis debe ser mayor. Además, la actividad antimicrobiana depende de las características fisicoquímicas de los compuestos vegetales y de las cepas bacterianas presentes en el tracto digestivo (Sari et al., 2006).

En condiciones *in vitro* extractos de bayas (*Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* L., *Ziziphus lotus* L., *Eleagnus angustifolia* L.), dátiles (*Phoenix*

dactylifera) y tomillo (*Thymus vulgaris*) para combatir las cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella typhimurium* en aves de corral, se registró que sólo el tomillo fue eficaz para el control de *Salmonella* (Ayachi et al., 2009). Los extractos de plantas de *Tulbaghia violacea* contrarrestaron algunos parásitos de aves, especialmente en *Eimeria spp* que causa coccidiosis (Naidoo, McGaw, Bisschop, Duncan, & Eloff, 2008).

La cúrcuma tiene un compuesto fenólico capaz de ejercer acción antimicrobiana y anticoccidial a través de su acción antioxidante sobre el sistema inmune e inhibe el crecimiento de bacterias patógenas, virus y hongos (incluyendo *Candida albicans*, *Candida krusei* y *Candida parasilosis*). La suplementación de alimento con 1 % de cúrcuma en pollos infectados con *Eimeria maxima*, mejoró el aumento de peso, disminuyó las lesiones intestinales y la excreción de oocistos (Saiz de Cos & Pérez-Urria, 2014).

El efecto de los fitobióticos en el sistema inmune, generalmente se debe al contenido de flavonoides, vitamina C y carotenoides. Las plantas que contienen moléculas que poseen propiedades inmunoestimulantes son *Echinacea angustifolia*, *Glycyrrhiza glabra*, *Allium sativum* y *Uncaria tomentosa*. Estas plantas pueden mejorar la actividad de linfocitos, macrófagos y células NK, aumentando la fagocitosis o estimulando la síntesis del interferón (Craig, 1999).

En el Cuadro 3 se muestran las principales plantas con actividad antibacteriana, las partes de las plantas utilizadas para extractos y los compuestos químicos presentes.

Cuadro 3. Hierbas y especias frecuentemente usadas como aditivos fitobióticos en animales

Especie	Sección	Componentes químicos	cantidad	Efecto	referencia
Tomillo <i>Thymus vulgaris</i> L.	hojas y flores	timol, carvacrol, flavonoides, taninos y triterpenos	0.6 mL/l	<i>Escherichia coli</i> O157: H7	(Burt & Reinders, 2003)
Romero <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	hoja	alcanfor, cineol, diterpenos, carnosol, flavonoides y fenoles.	2.2 mg/mL	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomona aeruginosa</i> , <i>Candida albicans</i> y <i>Aspergillus niger</i> .	(Santoyo et al., 2005)
Salvia <i>Salvia officinalis</i> L.	hoja	carnosol, flavonoides, ácidos rosmarínico, cafeico y clorogénico	4 mg/mL	Mejora la inocuidad y tiempo de vida útil de productos alimenticios.	(López, Castaño, y Mejía, 2013)
Albahaca <i>Ocimum basilicum</i> L.	hoja	linalol, estragol, eugenol, taninos y flavonoides	50 mg/mL	<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	(Rivas, Rivas, & Gamboa, 2015)
Clavo <i>Syzygium aromaticum</i> L. Merr. y Perry <i>Caryophyllus aromaticus</i> L.	yema	eugenol, taninos y flavonoides.	10 µL mL ⁻¹	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>Klebsiella spp</i> ,	(Deans, Noble, Hiltunen, Wuryani, & Pénzes, 1995)
Jambolan <i>Syzygium cumini</i> , Skeels,	hoja	flavonoides y taninos	extractos de hojas con alcohol a 92°	<i>Streptococcus uberis</i> , <i>Streptococcus agalactae</i> y <i>Streptococcus dysgalactae</i>	(Voigt-Mota et al., 2013)
Guayaba <i>Psidium guajava</i> L.	hoja y corteza	comarinas, flavonoides, triterpenos y elagitaninos.	extracto fluido en etanol al 40 %	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomona aeruginosa</i> .	(Martínez, Molina, y Boucourt, 1997)
Orégano <i>Origanum vulgare</i>	hoja	carvacrol y timol	0.6 mL/l	<i>Escherichia coli</i> O157: H7. <i>Salmonella spp.</i> <i>Candida albicans</i> .	(Koščová et al., 2006; Burt & Reinders, 2003)
Nuez <i>Juglandaceae</i>	hojas	esteroles y triterpenos	500 µg/mL	<i>Clostridium perfringens</i>	(Engberg, Jensen, & Hojberg, 2007).

2.3.4.3.4 Efectos en la metanogénesis ruminal

La fermentación microbiana de los alimentos en el rumen puede dar como resultado pérdidas considerables de proteínas y energía en la dieta como el nitrógeno amoniacal y el metano (Santra, Saikia, & Baruah, 2012). Actualmente, se considera el uso de metabolitos secundarios de las plantas como una alternativa viable natural para reducir la metanogénesis y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero dada la contribución de los rumiantes al calentamiento global a través de la producción de metano entérico, un gas cuyo potencial de calentamiento es 21 veces superior que el CO₂, y que se considera una pérdida energética para el animal (Vélez-Terranova et al., 2014).

Bodas et al. (2012) afirman que los metabolitos secundarios de las plantas son útiles para manipular algunos procesos metabólicos en los rumiantes y modular selectivamente la microbiota ruminal (bacterias, hongos y protozoarios) permitiendo mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y reducir la producción de metano, lo que resulta en una mejor utilización de energía y proteína. Sus principales efectos en el rumen incluyen la reducción de la degradación de proteínas y almidón, así como la inhibición de la degradación de aminoácidos, debido a la acción selectiva sobre ciertos microorganismos del rumen (Hart, Yáñez-Ruiz, Duval, McEwan, & Newbold, 2008). Entre los metabolitos que han demostrado influir en la producción de metano se encuentran: saponinas, taninos, aceites esenciales, ligninas, alcaloides, antioxidantes, compuestos organosulfurados, etc. (Santra et al., 2012).

Los mecanismos de acción de los metabolitos secundarios para reducir la metanogénesis se asocian con la inhibición en la actividad de las bacterias metanogénicas, mejorando así las reacciones metabólicas de fermentación hacia una mayor formación de propionato, con lo cual se disminuye la concentración de radicales H₂ disponibles para la producción de metano. Sin embargo, algunos metabolitos pueden afectar la tasa de fermentación ruminal lo que se traduce en menor eficiencia de utilización del alimento (Bodas et al., 2012). Estos efectos dependen del tipo de metabolito secundario presente y su concentración en la

planta, de la dosis suministrada, y de la interacción con los componentes de la dieta base (Vélez-Terranova et al., 2014).

Vélez-Terranova et al. (2014) afirmaron que la reducción en las emisiones de metano son mas efectivas en sistemas de producción con rumiantes en pastoreo, en donde es factible la manipulación de especies de plantas que presentan compuestos bioactivos (taninos, saponinas, etc.) para que sean consumidas directamente por los animales y de esta manera implementar diferentes estrategias que permitan reducir significativa y sosteniblemente las emisiones de gases entéricos.

2.3.4.3.5 Efectos en la calidad de la canal

Los AF mejoran la calidad microbiológica y la conservación de la carne en canal, en relación con sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Aksit, Goksoy, Kok, Ozdemir, & Ozdogan, 2006; Botsoglou, Christaki, Fletouris, Florou-Paneri, & Spais, 2002). La actividad antimicrobiana efectiva de los aceites esenciales extraídos de plantas y especias, adicionados en fase líquida o en vapor a la carne para consumo humano, ha sido estudiada durante los últimos años (Reyes-Jurado, Palou, y López-Malo, 2012). Sin embargo, se requieren aún más estudios para validar estos métodos de descontaminación y su acción efectiva y confiable (Alloui et al., 2014; Dalle et al., 2016).

El uso de AF como antioxidantes no sólo es importante para la salud animal, sino también para la estabilidad oxidativa de sus productos (carne). La suplementación de alimento para pavo con 200 mg de extracto de orégano kg^{-1} de alimento, disminuyó significativamente la oxidación lipídica durante el almacenamiento refrigerado de carne fresca y cocida (Botsoglou et al., 2003).

Mamoun, Mukhtar, & Tabidi (2014) evaluaron las características de la canal y algunos atributos del suero sanguíneo de pollo al adicionar harina de semillas de alholva (*Trigonella foenum-graecum*) a varios niveles en dietas de engorda,

observándose incrementos del rendimiento y la salud en comparación con el grupo no suplementado.

Nieto et al. (2010a) encontraron que la suplementación de ovejas con hojas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) mejoró la calidad microbiológica de la carne, el color de la grasa y redujo el olor rancio al final de un periodo de evaluación de 21 días. Nieto et al. (2010b) encontraron resultados similares con la adición de hojas de tomillo (*Thymus zygis* ssp.) en dietas para ovejas en donde además se observaron bajos recuentos de bacterias, lo que se atribuye a la capacidad antimicrobiana de los fitobióticos.

2.3.4.3.6 Efectos en el comportamiento productivo

Los efectos de los AF en producción animal han mostrado resultados positivos principalmente en aves (Alloui et al., 2014). El ajo (*Allium sativum*), comúnmente usado como suplemento alimenticio, fue suministrado como AF en dietas para aves de corral, el cual mejoró el crecimiento, la eficiencia alimenticia, la producción y la calidad del huevo, así como la estimulación del sistema inmune y la disminución de los niveles de colesterol en sangre en pollos de engorde y gallinas ponedoras (Khan, Nikousefat, & Tufarelli, 2012).

López, Sánchez, Cortes, Órnelas, y Ávila (2009) encontraron resultados similares al comparar el efecto de suministrar en la dieta de pollos de engorda extractos de plantas y aceites esenciales como alternativas a los antibióticos colistina y bacitracina zinc, con incrementos en la ganancia de peso y conversión alimenticia, por lo que plantean que el uso de AF representan una alternativa al uso de antibióticos.

Navid, Mozaffar, & Kazem (2013) en contraste, no detectaron efectos significativos en el rendimiento y respuesta inmunológica al adicionar AF en dietas para pollos. Se asume que las diferencias en los resultados son consecuencias del tipo y parte de la planta utilizada, de sus propiedades físicas y químicas, del tiempo de cosecha, método de preparación del AF, métodos de

extracción y compatibilidad con los otros componentes del alimento (Hashemi et al., 2008).

La inclusión de una mezcla de aceites esenciales de *Lupinus albus* L., *Trigonella foenum-graecum* L., *Cassia senna* L. y *Thymus vulgaris* L. como promotores de crecimiento en dietas para conejos tuvo un efecto antimicrobiano sobre *Clostridium coccoides* y *Clostridium leptum* en el ciego (Dalle et al., 2016).

En la producción de terneros, vacas lecheras, novillas y ganado de carne, algunas mezclas de aceites esenciales mejoraron el consumo de alimento, la función inmune, la salud y la fermentación ruminal (Cardozo, Calsamiglia, Ferret, & Kamel, 2005; Greathead, 2003; Wawrzyńczak, Kraszewski, Wawrzyński, & Kozłowski, 2000).

Ryan, Quinn, Mullally, & Leek (2003) demostraron que los extractos de planta de yuca (*Yucca spp.*) contienen saponinas que se unen al amoníaco estimulando la fermentación ruminal y aumentan la producción de ácidos grasos de cadena corta durante la fermentación *in vitro* del heno.

Tiwary & Pandey (2010) evaluaron el efecto de hojas frescas, semillas y corteza de neem (*Azadirachta indica*) como alternativas para la desparasitación de ecto y endoparásitos en cabras y ovejas, y demostraron ser eficaces contra la incidencia de coccidiosis e infestaciones por garrapatas.

2.3.4.4 Limitantes de los aditivos fitobióticos

Los aditivos fitogenéticos no son fácilmente cuantificables y estandarizados debido a su compleja composición. La localización, tipo de suelo, condiciones climáticas, altitud, estación de cultivo, procedimiento de cosecha y las condiciones de almacenamiento, pueden afectar la composición de las plantas. Aunque la mayoría de las hierbas son estables, hay varios fitobióticos que son foto lábiles y termo lábiles. La identificación, composición, efectividad, toxicidad, residualidad, trazabilidad y manipulación de esos productos herbales son los factores principales a considerar durante el proceso de fabricación.

Independientemente de la parte de la planta utilizada, los aditivos fitobióticos pueden incluirse en las dietas en dosis de $0.01-30 \text{ g kg}^{-1}$ de alimento, mientras que la dosis para los aceites esenciales debe ser de 500 mg kg^{-1} de alimento para un mejor rendimiento (Yitbarek, 2015). Sin embargo, las posibles sobredosis de aditivos fitogenéticos pueden ser dañinos para los animales (Jacela, DeRouchey, Tokach, Goodband, & Nelssen, 2010).

2.4 Factores que determinan la calidad de la canal de corderos

De acuerdo con la norma mexicana (NMX-FF-106-SCFI-2006) se denomina canal ovina al cuerpo del animal sacrificado, desangrado y sin piel, abierto a lo largo de la línea media desde el xifoides hasta el pubis; separado de la cabeza a nivel de la articulación atlanto-occipital, de los miembros anteriores a nivel de la articulación carpo metacarpiana y miembros posteriores a nivel de la articulación tarso metatarsiana; sin vísceras, excepto testículos, riñones y grasa perirrenal.

Los corderos finalizados con dietas a base de granos presentan menor edad, mayor peso al sacrificio y mejor conformación muscular; por tanto, el rendimiento en canal es superior a los corderos que provienen de pastoreo. Es importante que el peso al sacrificio se determine de acuerdo con la raza o cruce utilizada, de ello dependerá la eficiencia y rentabilidad de la engorda y sobre todo el tipo de corte o patrón de consumo de los consumidores finales. Los corderos de 40 a 45 kg de peso vivo permiten obtener cortes de buena calidad, con características deseables para el consumidor, como el tamaño y peso de las piezas, el área del ojo del lomo, la acumulación de grasa y características fisicoquímicas como el color, sabor y suavidad de la carne (Gómez, 2008).

Con el propósito de orientar y fortalecer la cadena de producción, transformación, comercialización y consumo de carne de ovino a través de la definición de las características de calidad que deben reunir las canales para su comercialización, en 2006 se emitió la norma mexicana (NMX-FF-106-SCFI-2006) de clasificación de la carne de ovino en canal. Ésta se basa en cuatro criterios para clasificar las

canales de ovinos: edad, peso de la canal, grosor de la grasa de cobertura y conformación (Martínez, 2008).

2.4.1 Peso de la canal

De acuerdo con la NMX-FF-106-SCFI-2006 el peso en pie es el peso expresado en kilogramos de un ovino al sacrificio. El peso de la canal caliente es la cantidad expresada en kilogramos de una canal después del proceso de sacrificio y faenado, previa al lavado final de la misma. El peso de la canal fría es la cantidad expresada en kilogramos de una canal que permanece en un sistema de conservación térmico, que le permite alcanzar temperaturas en el centro de la masa muscular entre 0°C y 4°C, a las 24 h después del sacrificio.

2.4.2 Rendimiento en canal

Un parámetro inicial que se emplea en la determinación de la calidad es el rendimiento comercial en canal, que se obtiene al dividir el peso de la canal caliente entre el peso vivo antes del sacrificio y multiplicar el resultado por 100. A pesar de que el rendimiento en canal es un concepto que se emplea muy frecuentemente, este parámetro puede ser muy variable por depender de diversos aspectos, dentro de los cuales sobresalen los siguientes: peso de la piel, peso y tamaño de las vísceras y el contenido del tracto gastrointestinal. Por lo anterior, es preferible expresar el rendimiento en canal fría para evitar la variación en el peso que se presenta cuando la canal va perdiendo temperatura a medida que se enfría; por esto, se recomienda determinar el rendimiento en la canal refrigerada a 4 °C durante 24 h (Partida, 2008a).

El rendimiento en canal también se modifica con el tiempo transcurrido entre la última vez que el animal ingirió alimento y agua, y la hora del sacrificio: entre más largo sea el tiempo de espera previo a la matanza, el animal eliminará una mayor cantidad del contenido gastrointestinal y se elevará su rendimiento en canal. Por ser el contenido gastroentérico muy variable, es recomendable expresar el rendimiento en canal con base en el peso vivo vacío, es decir, eliminando el peso

del contenido gastrointestinal. A este resultado se le denomina rendimiento verdadero de la canal (Partida, 2008a).

2.4.3 Grasa de cobertura

Es la grasa superficial presente en la canal. El lugar de medición en los ovinos se ubica en el último espacio intercostal, entre la 12ª y 13ª costilla (

Figura 1

Figura 1) a una distancia de 3.8 cm de la línea media dorsal. En este lugar se mide el área del lomo y la grasa subcutánea o de cobertura. Es pertinente resaltar que se puede hacer otra valoración de la grasa subcutánea, en el mismo espacio intercostal, pero a una distancia de 11.5 cm de la línea media, en el llamado punto “GR”, lugar en el que es más abundante el depósito de grasa (Partida, 2008b).

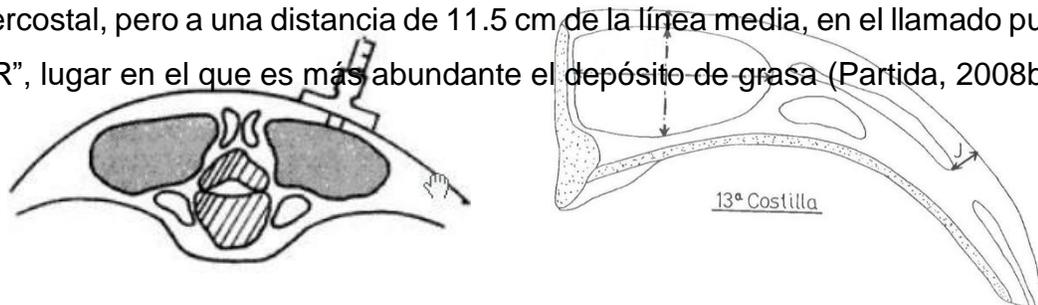


Figura 1. Vista transversal de la canal entre la 12ª y 13ª costilla

2.4.4 Conformación de la canal

Para la determinación de la conformación de la canal se sigue un patrón fotográfico (Figura 2) y las siguientes características: canales excelentes poseen músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de la misma, amplio llenado de las piernas y los cuartos delanteros; canales buenas poseen músculos moderados en comparación con la longitud de la misma, piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados; canales deficientes poseen músculos delgados en comparación con la longitud de la misma, piernas y cuartos delanteros delgados y cóncavos (Martínez, 2008).



Figura 2. Conformación de las canales de ovinos

Conjuntando los cuatro factores de evaluación, finalmente se clasifican en cuatro categorías: México extra; México 1 (selecta); México 2 (comercial); Fuera de clasificación (Martínez, 2008).

2.4.5 Uso de la ecografía para determinar la composición de la canal de corderos

La ecografía o ultrasonografía es una herramienta de diagnóstico, no invasiva ni destructiva, que se puede utilizar para conocer la composición corporal de los ovinos vivos, sin afectar su integridad física (Figura 3). Le proporciona al productor un criterio de selección que se basa en la cantidad y calidad de carne que el animal produce durante sus diversas etapas de desarrollo. Esto garantiza que se seleccionen los mejores sementales de la raza, con base en su potencial real de producción cárnica. Permite efectuar una evaluación previa de los animales destinados al abasto y realizar una comercialización “certificada” por la calidad, que se basa en la composición corporal del animal. Posterior al sacrificio, el uso de la ecografía permite estimar la calidad de la canal, de predecir el porcentaje de cortes magros y de pronosticar el valor comercial; todo ello, sin realizar cortes ni dañar alguna parte de la canal (Partida, 2008b).

Con for



Figura 3. Vista transversal del músculo en la doceava costilla con ultrasonido.

Las principales mediciones que se realizan en ovinos con ultrasonido en tiempo real son: profundidad, anchura y área del músculo del lomo (ojo de chuleta); también se mide el espesor de la grasa subcutánea o de cobertura, y se puede realizar la evaluación del espesor de la grasa que cubre el pecho. Por lo general, las mediciones del lomo se asocian con la composición de la canal, mientras que las de la grasa indican el grado de finalización del animal (Partida, 2008b).

2.5 Literatura citada

- Aksit, M., Goksoy, E., Kok, F., Ozdemir, D., & Ozdogan, M. (2006). The impacts of organic acid and essential oil supplementations to diets on the microbiological quality of chicken carcasses. *European Poultry Science*, 70(4), 168-173.
- Alloui, N., Nabil Alloui, M., & Agabou, A. (2014). Application of herbs and phytogetic feed additives in poultry production. A Review. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 2(3), 234-243.
- Anderson, D., McCracken, V., Aminovi, R., Simpson, J., Mackie, R., Verstegen, M., & Gaskins, H. (2000). Gut Microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Nutrition abstracts and reviews, series B. Livestock Feeds and Feeding*, 70(2), 101-108.
- Ayachi, A., Alloui, N., Bennoune, O., Yakhlef, G., Amiour, S. D., Bouzid, W., & Abdessemed, H. (2009). Antibacterial activity of some fruits; berries and medicinal herb extracts against poultry strains of Salmonella. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 6(1), 12-15.
- Ayala, L., Silvana, N., Zocarrato, I., & Gómez, S. (2011). Use of vulgar oregano (*Origanum vulgare*) as phytobiotic in fattening rabbits. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(2).
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils. A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446–475. doi:10.1016/j.fct.2007.09.106

- Benchaar, C., & Greathead, H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 338-355.
- Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F., & López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176, 78-93.
- Bor, T., Aljaloud, S. O., Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2016). Antimicrobials from herbs, spices, and plants. En R. Ross Watson, & P. Victor R., *Fruits, Vegetables, and Herbs*, 551-578. Academic Press.
- Botsoglou, N. A., Grigoropoulou, S. H., Botsoglou, E., Govaris, A., & Papageorgiou, G. (2003). The effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat Science*, 65(3), 1193-200. doi:10.1016/S0309-1740(03)00029-9
- Botsoglou, N. A., Christaki, E., Fletouris, D., Florou-Paneri, P., & Spais, A. (2002). The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science*, 62(2), 259-265.
- Brufau, J. (2012). Prohibición del uso de antibióticos promotores del crecimiento, valoración de productos alternativos y nueva visión de la aplicación de aditivos en el marco de la unión europea. España. *Jornadas Profesionales de Avicultura*, 2012.
- Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants*. Paris, France: Intercept Limited, Andover, UK.
- Burt, S. A., & Reinders, R. D. (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against Escherichia coli O157: H7. *Letters in applied microbiology*, 36(3), 162-167. doi:10.1046/j.1472-765X.2003.01285.x
- Caja, G., González, E., Flores, C., Carro, M., & Albanell, E. (2003). Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. *Producción Animal*, 194, 2-23.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580-2595.
- Cancho, G. B., García, F. M., & Simal, G. J. (2000). El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 39-47.
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2005). Selección de los efectos de extractos naturales de plantas a diferentes pH in vitro fermentación microbiana ruminal de una dieta concentrada alta para ganado de carne. *Journal of Animal Science*, 83(11), 2572-2579. doi:10.2527 / 2005.83112572x

- Carro, M. D., & Ranilla, M. J. (2002). Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/01-aditivos_antibioticos_promotores.pdf
- Catala-Gregorl, P., & Mallet, S. T. (2007). Un extrait de plantes et un prebiotique sont aussi efficaces que l'avilamycine pour ameliorer les performances du poulet de chair. *Actes des 7èmes Journées de la Recherche Avicole*, (pp. 202-206). Tours, France. Obtenido de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2011/20113330735.pdf>
- Cepero, B. R. (2005). Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la Unión Europea: causas y consecuencias. *XII Congreso Bienal Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Avícola (AMENA)*. México.
- Ceylan, E., & Fung, D. C. (2004). Antimicrobial activity of spices. *Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology*, 12(1), 1-55. doi:10.1111/j.1745-4581.2004.tb00046.x
- Council, National Research; Agriculture, Board on; Animals, Committee on Drug Use in Food; Panel on Animal Health, Food Safety, and Public Health. (1999). *The Use of Drugs in Food Animals: Benefits and Risks*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:<https://doi.org/10.17226/5137>
- Craig, W. (1999). Health-promoting properties of common herbs. *The American journal of clinical nutrition*, 70(3), 491-499.
- Cristani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M., Micieli, D., & Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6300-6308. doi:<https://doi.org/10.1021/jf070094x>
- Crozier, A., Clifford, M. N., & Ashihara, H. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: an overview. In *Plant Secondary Metabolites Occurrence Structure and Role in the Human Diet* (pp. 371). Chennai, India: Blackwell Publishing.
- Cuéllar-Ordaz, J. A., Tórtora-Pérez, J., Trejo-González, A., & Román-Reyes, P. (2012). La producción ovina en México, particularidades y complejidades (1ª ed.). México: Ariadna.
- Cuppet, S. L., & Hall, C. A. (1998). Antioxidant activity of the Labiatae. In Taylor S. L. (Ed.), *Advances in food and nutrition research* (pp 245-271). Lincoln, Nebraska: Academic Press.
- Dalle, Z. A., Celia, C., & Szendrő, Z. (2016). Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science*, 189, 82-90. doi:10.1016/j.livsci.2016.04.024

- Deans, S. G., Noble, R. C., Hiltunen, R., Wuryani, W., & Péntzes, L. G. (1995). Antimicrobial and antioxidant properties of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry: Impact upon bacteria, fungi and fatty acid levels in ageing mice. *Flavour Fragrance Journal*, *10*(5), 323-328. doi:10.1002/ffj.2730100507
- Dibner, J. J., & Richards, J. D. (2005). Antibiotics growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry Science*, *84*(4), 634–643.
- Domínguez-Vara, I. A., Mondragón-Ancelmo, J., Gonzales-Ronquillo, M., Salazar-García, F., Bórquez-Gastelum, J. L., & Aragón-Martínez, A. (2009). Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *Ciencia Ergo Sum*, *16*(3), 278-284.
- Durmic, Z., & Blache, D. (2012). Bioactive plants and plant products: Effects on animal function. *Health and Welfare*, *176*(1-4), 150-162.
- Engberg, R. M., Jensen, B. B., & Hojberg, O. (2007). Plant of the Juglandaceae family as alternative to antibiotic growth promoters in broiler production. *Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition* (pp. 293-296). Strasbourg, France: World Poultry Science Association.
- Falcão-E-Cunha, L., Castro-Solla, L., Maertens, L., Marounek, M., Piheiro, V., Freire, J., & Mourão, J. (2007). Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: a review. *World Rabbit Science*, *15*, 127-140. doi: <https://doi.org/10.4995/wrs.2007.597>
- Figueiredo, A., C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, Johannes, J. C. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, *23*(4), 213-226. doi:10.1002/ffj.1875
- Frankič, T., Voljč, M., Salobir, J., & Rezar, V. (2009). Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta argiculturae Slovenica*, *94*(2), 95-102.
- Giannenas, I. A., Florou-Paneri, P., Papazahariadou, M., Botsoglou, N. A., Christaki, E., & Spais, A. B. (2004). Effect of diet supplementation with ground oregano on performance of broiler chickens challenged with *Eimeria tenella*. *European Poultry Science*, *68*(6), 247-252.
- Goel, G., Makkar, H., & Becker, K. (2008). Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal of Applied Microbiology*, *105*(3), 770–777. doi:10.1111/j.1365-2672.2008.03818.x
- Gómez, M. J. (2008). Rendimiento de la canal en cortes y su diferenciación según el mercado. In PROSAP S. F. *Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos* (pp. 53-62). México.
- Graßmann, J. (2005). Terpenoids as Plant Antioxidants. *Vitamins & Hormones*, *72*, 505-535.

- Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279-290. doi:10.1079/PNS2002197
- Hart, K. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S. M., McEwan, N. R., & Newbold, C. J. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1), 8-35. doi:https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2010). Phytochemicals 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
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35(3), 169-180. doi:10.1007/s11259-010-9458-2
- Hashemi, S. R., Zulkifli, I., Hair-Bejo, M., Farida, A., & Somchit, M. N. (2008). Acute Toxicity Study and Phytochemical Screening of Selected Herbal Aqueous Extract in Broiler Chickens. *International Journal of Pharmacology*, 4(5), 352-360.
- Hashemzadeh-Cigari, F., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Kadivar, M., Riasi, A., & Zebeli, Q. (2014). Effects of supplementation with a phytobiotics-rich herbal mixture on performance, udder health, and metabolic status of Holstein cows with various levels of milk somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7487-7497.
- 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.
- Hillman, K. (2001). Bacteriological aspects of the use of antibiotics and their alternatives in the feed of non-ruminant animals. Garnsworthy and J. Wiseman (Eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition* (pp.107-134) Nottingham, UK.
- Jacela, J., DeRouchey, J., Tokach, M., Goodband, R., & Nelssen, S. (2010). Feed additives for swine: Fact sheets – prebiotics and probiotics, and phytochemicals. *Journal of Swine Health and Production Journal of Swine Health and Production*, 18(3), 132-136.
- Jamroz, D., Wertelecki, T., Houszka, M., & Kamel, C. (2006). Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90(5-6), 255-268. doi:10.1111/j.1439-0396.2005.00603.x
- Jamroz, D., Wiliczkiwicz, A., Wertelecki, T., Orda, J., & Skorupińska, J. (2005). Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *British Poultry Science*, 46(4), 485-493. doi:10.1080/00071660500191056

- Jang, I., Ko, Y., Yang, H., Ha, J., Kim, J., Kim, J., & Lee, C. (2004). Influence of Essential Oil Components on Growth Performance and the Functional Activity of the Pancreas and Small Intestine in Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17(3), 394-400. doi:10.5713/ajas.2004.394
- Kamel, C. (2000). A novel look at a classic approach of plant extracts. *Feed Mix: The International Journal on Feed, Nutrition and Technology*, 9(6), 19-24.
- Khan, R., Nikousefat, Z., & Tufarelli, V. (2012). Suplementación de ajo (*Allium sativum*) en dietas avícolas: efecto en la producción y fisiología. *Revista Mundial de Ciencias Avícolas*, 68(3), 417-424.
- Koščová, J., Nemcová, R., Gancarčíková, S., Jonecová, Z., Sciranková, L., Bomba, A., & Buleca, V. (2006). Effect of two plant extracts and *Lactobacillus fermentum* on colonization of gastrointestinal tract by *Salmonella enterica* var. *Düsseldorf* in chicks. *Biología*, 61(6), 775-778. doi:10.2478/s11756-006-0156-z
- Lee, K. W., Everts, H., Kappert, H. J., Frehner, M., Losa, R., & Beynen, A. C. (2003). Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British Poultry Science*, 44(3), 450-457. doi:10.1080/0007166031000085508
- Lewis, M. R., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., & Tucker, L. A. (2003). Effects of dietary inclusion of plant extracts on the growth performance of male broiler chickens. *British Poultry Science*, 44(1), 43-44. doi:10.1080/713655281
- López Aguilar, A. E., Sánchez Herrera, I., Cortes Cuevas, A., Órnelas, M., & Ávila González, E. (2009). Uso de dos promotores naturales como alternativas a antibióticos promotores en el comportamiento productivo del pollo de engorda. FMVZ-UNAM, México.
- López-De Ávila, L., Castaño-Peláez, H., & Mejía-Gómez, C. (2013). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de salvia officinalis L. sobre microorganismos patógenos transmitidos por alimentos. *Actualidades Biológicas*, 35(98), 77-83.
- Luna, A., Lábaque, M., Zygadlo, J., & Marin, R. (2010). Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poultry Science*, 89(2), 366-370. Obtenido de <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00130>
- Mamoun, T., Mukhtar, M., & Tabidi, M. (2014). Effect of fenugreek seed powder on the performance, carcass characteristics and some blood serum attributes. *Advance Research in Agriculture and Veterinary Science*, 1(1), 6-11.
- Marquez-Lara, D. (2008). Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1), 124-135.

- Martínez, M. J., Molina, N., & Boucourt, E. (1997). Evaluación de la actividad antimicrobiana del *Psidium guajava* L. (guayaba). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 2(1), 12-14.
- Martínez, R. L. (2008). Criterios para clasificar las canales de ovinos. In PROSAP S. F. *Frotalecimiento del Sistema Producto Ovinos* (pp. 47-52). México.
- Mateos, G. G., Lazaro, R., & Medel, P. (2000). El manejo de la nutrición animal sin antibioticos promotores de crecimiento. *Presentación Oral en la III conferencia de Fabricantes de Pienso del Mediterráneo*. Reus, Tarragona, España.
- McAllister, T. A., Hristov, A. N., Beauchemin, K. A., Rode, L. M., & Cheng, K. J. (2000). Enzymes in ruminant diets. En M. R. Bedford, & G. G. Partridge (Eds.), *Enzymes in farm animal nutrition* (pp 273-298). Wallingford, UK. doi:10.1079/9780851993935.0273
- Mul, A., & Perry, F. (1994). role of fructo-oligosaccharides in animal nutrition. In P. C. Garnsworthy, & C. J. A., (Eds.), *Recent advances in animal nutrition* (pp. 57-79). Nottingham, United Kingdom.
- Naidoo, V., McGaw, L., Bisschop, S., Duncan, N., & Eloff, J. (2008). The value of plant extracts with antioxidant activity in attenuating coccidiosis in broiler chickens. *Veterinary Parasitology*, 153(3-4), 214-219. doi:10.1016/j.vetpar.2008.02.013
- Nakatani, N. (1997). Antioxidants from spices and herbs. In Shahidi F. (Ed) *Natural antixidants, chemistry, healt effects, and applications* (pp. 64-75). Champaign, Illinois: AOCS Press.
- Nakatani, N. (2000). Phenolic antioxidants from herbs and spices. *BioFactors*, 13(1-4), 141-146. doi:10.1002/biof.5520130123
- Navid, J., Mozaffar, M., & Kazem, K. (2013). Effect of dietary medicinal herbs on Performance, egg quality and immunity response of laying hens. *Advances in Environmental Biology*, 7(13), 4382-4389.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañon, S., & Garrido, M. (2010a). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84(1), 23-29.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañon, S., & Garrido, M. (2010b). Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat Science*, 85(1), 82-88.
- NMX-FF-106-SCFI-2006. (2006). *Productos Pecuarios. Clasificación de Carne de Ovino en Canal*.
- Olveira-Fuster, G., & González-Molero, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 22(2), 26-34.
- Padilla, S. A., & Betancourt L. L. (2009). *Efecto de la inclusión de aceites esenciales de oregano en la dieta de pollos de engorde sobre la*

digestibilidad y parámetros productivos. Tesis de licenciatura, Universidad de la Salle, Zootecnia, Colombia.

- Partida, D. L. (2008a). Algunos factores ambientales que afectan el rendimiento y la calidad de la canal. In PROSAP S. F. *Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos*. (pp. 37-41). México.
- Partida, D. L. (2008b). Uso de la ecografía para determinar la composición corporal de los ovinos. In PROSAP S. F. *Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos* (pp. 63-67). México.
- Patra, K. A., & Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, *71*, 1198-1222. doi:10.1016/j.phytochem.2010.05.010
- Piao, X.L., Piao, X. S., Kim, S. W., Park, J. H., Kim, H. Y., & Cai, S.Q. (2006). Identification and Characterization of Antioxidants from *Sophora flavescens*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, *29*(9), 1911-1915. doi:10.1248/bpb.29.1911
- Rahimi, S., Teymouri Zadeh, Z., Karimi Torshizi, M., Omidbaigi, R., & Rokni, H. (2011). Effect of the three herbal extracts on growth performance, immune system, blood factors and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *13*(4), 527-539.
- Ramakrishna, A., & Aswathanarayana, G. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plantas Signaling & Behavior*, *6*(11), 1720-1731.
- Ravindran, V. (2010). Aditivos en alimentación animal: presente y futuro. XXVI curso de especialización FEDNA, Massey University, Institute of food, nutrition and animal health, España. Obtenido de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/44-10CAP_I.pdf
- Reyes-Jurado, F., Palou, E., & López-Malo, A. (2012). Vapores de aceites esenciales: alternativa de antimicrobianos naturales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, *6*(1), 29-39.
- Rivas, K., Rivas, C., & Gamboa, L. (2015). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Multiciencias*, *15*(3), 281-289.
- Roofchae, A., Irani, M., Ebrahimzadeh, M. A., & Akbari, M. R. (2011). Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, *10*(32), 6177-6183. doi:10.5897/AJB10.2596
- Ruberto, G., Baratta, M. T., Sari, M., & Kaâbeche, M. (2002). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from Algerian *Origanum glandulosum* Desf. *Flavour and Fragrance Journal*, *17*(4), 251-254. doi:10.1002/ffj.1101

- Ryan, J., Quinn, T., Mullally, J., & Leek, B. (2003). The Effects of Different Fractions of Yucca Plant Extract (De-Odorase) on the Fermentation of Hay in Ovine Ruminant Fluid In Vitro. *The International Journal of Applied Research In Veterinary Medicine*, 1(2), 132-135.
- Saiz de Cos, P., & Pérez-Urria, E. (2014). Cúrcuma longa (Curcuma longa L.). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 84-99. Obtenido de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1738/1766>
- Sánchez Ojeda, M. I. (2016). *Aceites esenciales y fenoles de Allium cepa Var. Red creole (Cebolla Morada) en la producción de pollos broiler*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Sanit, G. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino? *Editoriales*, 16(2), 109-112. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/gsv16n2/edit02.pdf>
- Santomá, G. (1998). Estimuladores de la inmunidad. *XIV Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. España. Sitio Argentino de Producción Animal*, 117-140.
- Santoyo, S., Cavero, S., Jaime, L., Ibañez, E., Señoráns, F., & Reglero, G. (2005). Chemical composition and antimicrobial activity of Rosmarinus officinalis L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of food protection*, 68(4), 790-795.
- Santra, A., Saikia, A., & Baruah, K. (2012). Scope of rumen manipulation using medicinal plants to mitigate methane production. *Journal of Pharmacognosy*, 3(2), 115-120.
- Sari, M., Biondi, D. M., Kaâbeche, M., Mandalari, G., D'Arrigo, M., Bisignano, G., Ruberto, G. (2006). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of several populations of Algerian Origanum glandulosum Desf. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(6), 890-898. doi:10.1002/ffj.1738
- SIAP-SAGARPA. (2016). *Carne en canal por estado*. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera con información de la de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Obtenido de <http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario>
- Smith-Palmer, Stewart, & Fyfe. (1998). Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 26(2), 118-122. doi:10.1046/j.1472-765X.1998.00303.x
- Symeon, G., Zintilas, C., Ayoutanti, A., Bizelis, J., & Deligeorgis, S. (2009). Effect of dietary oregano essential oil supplementation for an extensive fattening period on growth performance and breast meat quality of female medium-growing broilers. *Canadian journal of animal science*, 89(3), 331-334.

- Thacker, P. A. (2013). Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 4-35. doi:10.1186/2049-1891-4-35
- Tiwary, M., & Pandey, A. (2010). Feeding neem (*Azadirachta indica*) products to small ruminants as anthelmintics. *Food Science and Technology Letters*, 1(1), 10.
- Van der Klis, J. D. (2015). *Contrarrestar el aumento del coste de pienso con aditivos fitogénicos*. Delacon Biotechnik GmbH. Product Manager de Aditivos en Barentz-Campi y Jové S.L. Obtenido de <https://nutricionanimal.info/download/BIOSTRONG-Contrarrestar-coste-pienso-broiler.pdf>
- Vélez-Terranova, M., Campos-Gaona, R., & Sánchez-Guerrero, H. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 489-499.
- Voigt-Mota, F., Damé-Schuch, L., Lambrecht-Gonçalves, C., Faccin, Â., Almeida-Schiavon, D., Conrad-Bohm, B., & Ferreira-Lessa, L. (2013). Actividad antibacteriana de los extractos de *Syzygium cumini* (L.) Skeels (jambolán) frente a los microorganismos asociados a la mastitis bovina. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(3), 495-501.
- Wawrzyńczak, S., Kraszewski, J., Wawrzyński, M., & Kozłowski, J. (2000). Effect of herb mixture feeding on rearing performance of calves. *Annals of Animal Science*, 27(3), 133-142.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal Animal Science*, 86(14), 140-148. doi:10.2527/jas.2007-0459
- Windisch, W., & Kroismayr, A. (2006). The effects of phytobiotics on performance and gut function in monogastrics. In Proc. World nutrition forum: the future of animal nutrition (pp. 85-90). Vienna, Austria.
- Xu, J., Zhou, F., Ji, B. P., Pei, R. S., & Xu, N. (2008). The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. *Letters in Applied Microbiology*, 47(3), 174-179. doi:10.1111 / j.1472-765X.2008.02407.x
- Yan, L., Meng, Q., & Kim, I. (2012). Effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and fecal microbial shedding in weanling pigs. *Livestock Science*, 145(1-3), 189-195.
- Yitbarek, M. B. (2015). Phytogenics As Feed Additives In Poultry Production: A Review. *International Journal of Extensive Research*, 3, 49-60.
- Zaika, L. L. (1988). Spices and herbs: their antimicrobial activity and its determination. *Journal of Food Safety*, 9(2), 97-118. doi:10.1111/j.1745-4565.1988.tb00511.x

3 FITOBIÓTICOS EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN FINALIZACIÓN

3.1 Resumen

Se evaluaron efectos de tres aditivos herbales fitobióticos, Animunin, Peptasán y MagaCal (TechnoFeed®, México, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co.), en el comportamiento productivo y características de la canal de corderos en finalización durante 56 días al sacrificio. Así como la cinética de fermentación, fracciones fermentables de gas y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS; %) de dietas para corderos en finalización. Se utilizaron 36 corderos Pelibuey (26.02 ± 3.4 kg), de cuatro meses de edad y asignados aleatoriamente en corraletas individuales en cuatro tratamientos que consistieron en ofrecer diariamente en la mañana 1.5 g d^{-1} de pellet: Testigo o conteniendo Animunin, Peptasán o MagaCal. Se ofreció una dieta base a libre acceso asignada dos veces al día (8:00 y 16:00 horas). Se registró el consumo diario de alimento y el peso de los corderos cada 14 días. Los datos para las variables del comportamiento productivo fueron analizados en un diseño completamente al azar con modelo de medidas repetidas en el tiempo y arreglo de tratamientos factorial 4×4 , cuatro tratamientos y cuatro periodos. Las variables de calidad de la canal se analizaron en un diseño completamente al azar. En el experimento *in vitro* se utilizó un diseño de bloques generalizados considerando dos tiempos de preparación del alimento como criterio de bloqueo. No hubo diferencias ($p > 0.05$) en peso vivo final, consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, rendimiento en canal, área del ojo de la chuleta de los animales al sacrificio, cinética de fermentación y % DIVMS. El espesor de grasa dorsal fue mayor ($p < 0.05$) con la adición de Peptasán. Las fracciones fermentables rápida, lenta y total, fueron 24% mayores ($p < 0.1$) con aditivos herbales fitobióticos. Los aditivos herbales Animunin, Peptasán y MagaCal no mejoran el comportamiento productivo de los corderos en finalización, ni las características de la canal, pero pueden aumentar el espesor de la grasa dorsal y la fermentación de la dieta.

Palabras clave: Fitogénicos, inmunología, dinámica ruminal, digestibilidad, fermentación *in vitro*.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Jersáí Concepción Hernández Reyes
Director de Tesis: Alejandro Lara Bueno

3 PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF LAMBS IN FINALIZATION WHEN FED PHYTOBIOTICS

3.2 Abstract

The effects of three phytobiotic herbal additives, Animunin, Peptasán and MagaCal (TechnoFeed®, Mexico, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co.), on the productive behavior and characteristics of lamb carcass in finalization during 56 days at slaughter were evaluated. As well as the fermentation kinetics, fermentable gas fractions and *in vitro* digestibility of the dry matter (DIVMS; %) of diets for lambs in finalization. Thirty-six Pelibuey lambs (26.02 ± 3.4 kg), four months old and randomly assigned in individual carriers, were used in four treatments that consisted of offering daily in the morning 1.5 g d^{-1} of pellet: Witness or containing Animunin, Peptasán or MagaCal. A free-access base diet assigned twice a day was offered (8:00 a.m. and 4:00 p.m.). The daily consumption of food and the weight of the lambs were recorded every 14 days. The data for the variables of productive behavior were analyzed in a completely randomized design with a model of measures repeated over time and a 4x4 factorial treatment arrangement, four treatments and four periods. The quality variables of the channel were analyzed in a completely randomized design. In the *in vitro* experiment, a generalized block design was used considering two times of preparation of the food as a blocking criterion. There were no differences ($p > 0.05$) in final live weight, feed intake, daily weight gain, feed conversion, feed efficiency, carcass yield, eye area of the chop of the animals at slaughter, fermentation kinetics and % DIVMS. Dorsal fat thickness was higher ($p < 0.05$) with the addition of Peptasán. The fast, slow and total fermentable fractions were 24% higher ($p < 0.1$) with phytobiotic herbal additives. The herbal additives Animunin, Peptasán and MagaCal do not improve the productive behavior of the lambs in finalization, nor the characteristics of the carcass, but they can increase the thickness of the dorsal fat and the fermentation of the diet.

Key words: Phytochemicals, immunology, ruminal dynamics, digestibility, *in vitro* fermentation.

Thesis of Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Jersái Concepción Hernández Reyes
Advisor: Alejandro Lara Bueno

3.3 Introducción

Las condiciones orográficas y climatológicas en las que se desarrolla la ovinocultura en México son muy diversas, y los recursos naturales que pueden aprovecharse en distintos sistemas de producción son múltiples. Esta situación genera discrepancias en los mercados que demandan calidad y uniformidad de los productos ovinos, lo cual coloca a los productores mexicanos en una posición desventajosa con la competencia internacional (Partida, Ríos, De La Cruz, Dominguez, y Buendía, 2017). Actualmente, la alimentación de ovinos hace uso de aditivos promotores del crecimiento con la finalidad de mejorar la palatabilidad de la dieta y la calidad de la carne, prevenir enfermedades y aumentar la eficiencia de producción (Van der Klis, 2015).

La utilización de antibióticos como promotores de crecimiento presenta ventajas que afectan, no sólo el comportamiento productivo, sino también a la calidad de la carne (Domínguez-Vara et al., 2009). El uso de antibióticos adicionados al alimento se ha asociado con la resistencia bacteriana que afecta incluso a los consumidores. Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea y Estados Unidos de Norteamérica promueven restricciones del uso no terapéutico de antibióticos en la producción animal (Hashemi & Davoodi, 2011). Esto ha motivado la búsqueda de nuevos aditivos naturales como son los fitobióticos (Dalle-Zotte et al., 2016). Los fitobióticos son compuestos bioactivos derivados de plantas que, empleados en la alimentación animal, contribuyen a mejorar el crecimiento, el desempeño productivo y la salud de los animales (Méndez et al., 2015).

Estudios recientemente en el uso de fitobióticos contemplan evaluaciones relacionadas con la fermentación ruminal (Vélez-Terranova et al., 2014), comportamiento productivo en conejos (Ayala et al., 2011); calidad de la canal en aves (Roofchae et al., 2011); y digestibilidad del alimento en cerdos (Yan et al., 2012). Sin embargo, es necesario generar información del uso de fitobióticos en la finalización de corderos. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los aditivos herbales fitobióticos, Animunin, Peptasán y MagaCal

(TechnoFeed®, México, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co) en el comportamiento productivo y características de la canal de corderos Pelibuey durante la etapa de finalización, así como determinar la cinética de fermentación, fracciones fermentables, y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de dietas para corderos en finalización.

3.4 Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Módulo de Investigación Ovina de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en las coordenadas 19°48'23" N y 98°53'112" O, a una altitud de 2250 msnm. El clima es templado subhúmedo de tipo C(w₀) (w) b, con temperatura media anual de 15.2 °C y precipitación media anual de 645 mm (García, 2004).

3.4.1 Animales y tratamientos

En el estudio se utilizaron 36 corderos machos de la raza Pelibuey de cuatro meses de edad, con un peso inicial promedio de 26±3.4 kg. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con arreglo factorial 4 x 4, cuatro tratamientos y periodos de evaluación, los tratamientos fueron tres aditivos herbales más la dieta de finalización y un testigo que fue la dieta de finalización sin la adición de algún aditivo herbal. Los corderos fueron distribuidos al azar en uno de los tratamientos (n=9) y cada cordero constituyó la unidad experimental.

En el estudio se utilizaron tres mezclas o aditivos herbales (fitobióticos) provenientes de la India: Animunin, Peptasán y MagaCal (TechnoFeed®, México, Nuproxa Suiza, Indian Herbs Co). Animunin es una mezcla de *Adhatoda vasica*, *Solanum xanthocarpum*, *Curcuma longa*, *Hedychium spicatum*, *Boerhavia diffusa*, *Piper longum* y *Albezia lebbeck*, la cual contiene terpenoides y celulosa para mantener las funciones respiratorias normales y un rendimiento óptimo de crecimiento y producción; Peptasán está compuesto de *Holarhena antidysenterica*, *Berberis aristata*, *Embelia ribes*, *Acorus calamus*, y contiene alta concentración de saponinas que controlan el desarrollo de coccidias, además,

promueve el crecimiento y mejora la salud de los animales y; MagaCal contiene *Cissus quadrangularis*, *Emblica officinalis*, *Terminalia arjuna*, que contienen taninos condensados y aceites esenciales, permiten la biodisponibilidad y utilización de calcio, fósforo y magnesio en la dieta.

Cada fitobiótico se ofreció peletizado a los corderos, para lo cual se hizo una mezcla compuesta de harina de guácima (60%), harina de trigo (10%), melaza (10%) y fitobiótico (20%), de modo que cada 7.5 g de pellet tuviera 1.5 g del fitobiótico en base seca. La mezcla se compactó en una peletizadora (Pellet Mill® KL120B) a un diámetro de 2.5-10 mm, controlando la temperatura y la humedad en el proceso de peletizado. El pellet que se usó como tratamiento testigo estuvo libre de fitobiótico y la proporción de los ingredientes fue: harina de guácima (75%), harina de trigo (12.5%) y melaza (12.5%).

Los tratamientos consistieron en ofrecer 1.5 g d⁻¹ de pellet: testigo o conteniendo Animunin, Peptasán o MagaCal. Se ofrecieron diariamente en la mañana, antes de suministrar el alimento para asegurar su consumo. La dosis de los fitobióticos se asignó de acuerdo con lo establecido por la empresa proveedora.

3.4.2 Manejo y alimentación

Los corderos fueron identificados y alojados en corraletas individuales donde se les suministró durante tres días una dieta de recepción compuesta de heno de avena (60%), maíz molido (15%), sorgo molido 10%, pasta de soya (5%), salvado de trigo (5), melaza (3%) y premezcla de minerales y vitaminas (2%). En este tiempo, los corderos se desparasitaron con Ivermectina (1 mL por cada 50 kg de peso vivo, vía intramuscular) y Closantel más Sulfóxido de Albendazol (1 mL por cada 5 kg de peso vivo, vía oral); y se les aplicó una vacuna contra *Clostridium perfringens* tipo C y D (Ultabac-8, 2.5 mL por cordero, vía subcutánea).

Posteriormente, se suministró *ad libitum* una dieta de adaptación durante 14 días, la cual consistió en forraje de heno de avena picada más 20% de la dieta basal más 15 g d⁻¹ de pellet conteniendo el fitobiótico respectivo. Durante el periodo de

adaptación, el heno de avena fue sustituido paulatinamente por la dieta base hasta el 100%. Al finalizar el periodo de adaptación, los corderos fueron pesados individualmente en una báscula digital (Torrey®, México), considerado éste como el peso inicial.

El periodo experimental consideró animales totalmente adaptados a consumir la dieta base y los pellets con fitobióticos y tuvo una duración de 56 días. Durante este periodo se ofreció a los corderos la dieta base formulada para una ganancia diaria de peso de 300 g d⁻¹ de acuerdo con las recomendaciones del NRC (2007; Cuadro 4). La dieta se asignó a libre acceso dos veces al día (8:00 y 16:00 horas). El primer día se les asignó a los corderos 1.5 kg de alimento y después la cantidad de alimento ofrecido fue 15% mayor al consumo previo registrado, para garantizar consumos *ad libitum*. Se proporcionó agua limpia y fresca diariamente en recipientes de 18 litros de capacidad.

Cuadro 4. Ingredientes y composición nutrimental de la dieta para corderos

Ingrediente	%
Paja de avena	19.4
Sorgo molido	24.1
Pasta de soya	8.1
Maíz molido	30.3
Salvado de trigo	7.1
Carbonato de calcio	0.3
Sal común	0.5
Mezcla mineral	0.5
Grasa de sobrepaso	2.3
Gluten de maíz	7.4
Composición nutrimental^z	
MS, %	92.0
Cenizas, %	5.5
PC, %	15.8
FDN, %	62.3
FDA, %	13.5
EE, %	3.7
EM, Mcal kg ⁻¹ ^Y	2.7

^zMS, materia seca; PC, proteína cruda; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; EE, extracto etéreo; ^YEM, energía metabolizable, estimada a partir de (NRC, 2007, Ortiz et al., 2013).

3.4.3 Variables medidas y calculadas para el comportamiento productivo en la finalización

Para calcular el consumo de materia seca (CMS) se pesó diariamente el alimento ofrecido y el rechazado con una báscula electrónica marca L-EQ Torrey®, México. Los corderos se pesaron en ayuno cada 14 días para calcular la ganancia diaria de peso (GDP) como promedio catorcenal, realizando cuatro pesajes a lo largo del experimento, que conformaron los periodos de evaluación. La eficiencia alimenticia (EA) se obtuvo como resultado de dividir GDP entre CMS promedio, cada catorce días; la GDP y EA finales se estimaron considerando las diferencias de peso vivo final e inicial y el consumo de alimento promedio a los 56 días del periodo de evaluación. La conversión alimenticia (CA) se estimó dividiendo los valores promedio de CMS diario entre la GDP en cada periodo de evaluación.

3.4.4 Mediciones de características de la canal

En el día 56 de finalización, después que los corderos fueron pesados individualmente y previo al sacrificio, se determinó el espesor de la grasa dorsal y el área del ojo de la chuleta de cada uno de los corderos, con ultrasonido (SonoVet 600®, KeeboMed Inc, Illinois, USA) con transductor de 7.5 MHz. El procedimiento consistió en rasurar la piel del cordero en el último espacio intercostal del lado izquierdo entre la décimo segunda y décimo tercera costilla para colocar el transductor y registrar la evaluación correspondiente.

Después del sacrificio, se registró el peso de la canal de cada cordero (sin piel, vísceras, cabeza y patas) para determinar el rendimiento de la canal caliente en relación con el peso vivo final medido poco antes del sacrificio.

3.4.5 Fermentación y digestibilidad *in vitro*

Al concluir el periodo de engorda y antes del sacrificio de los corderos, se tomó por tratamiento y aleatoriamente una muestra de líquido ruminal de tres corderos, mediante una sonda vía esófago-rumen para succionar líquido ruminal con una bomba de vacío (Felisa® FE1500L 500 mm Hg). Una vez colectado el líquido

ruminal, éste fue colocado en un matraz kitasato, y después vertido en frascos de 100 mL. Previamente a la extracción del líquido ruminal, se tomaron muestras del alimento ofrecido a los corderos para su análisis *in vitro* mediante la técnica de producción de gas. Las muestras de alimento fueron molidas en un molino de marca Wiley®, Thomas, New Jersey, USA, con criba de 2 mm.

La fermentación de las muestras de alimento correspondientes a cada tratamiento se realizó mediante la técnica de producción de gas *in vitro* (Menke & Steingass, 1998). En frascos de vidrio de 50 mL de capacidad, se adicionó 500 mg de la dieta base y cuatro miligramos del pelet previamente molido. Posteriormente, se les agregó simultáneamente 40 mL de inóculo ruminal y un flujo continuo de CO₂. Los frascos se cerraron herméticamente con un tapón de goma y aro de aluminio, y se incubaron en baño maría a 39°C. Adicionalmente, se incluyeron tres frascos como blanco conteniendo únicamente líquido ruminal. Los volúmenes de gas se midieron a 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48, 60 y 72 h de incubación.

Con los valores del volumen acumulado de gas por tiempo de incubación, se estimaron los parámetros de la cinética de producción de gas: volumen máximo (Vm; mL g⁻¹), tasa de producción de gas (S, h⁻¹) y fase lag o de retardo (L, h) de la producción de gas, mediante el modelo $V_0 = V_m / (1 + e^{2-4 \cdot s \cdot (t-L)})$ propuesto por Schofield & Pell (1995) y el procedimiento NLIN de SAS versión 9.4 (SAS, 2009).

Las fracciones fermentables (g kg⁻¹) rápida (FR; g kg⁻¹), media (FM; g kg⁻¹) y lenta (FL; g kg⁻¹) se obtuvieron a partir del volumen fraccional de gas acumulado (g kg⁻¹ de sustrato) a los intervalos de tiempo de 0 a 8 (Vf0-8); 8 a 24 (Vf8-24) y 24 a 72 (Vf24-72) horas y de acuerdo con los modelos de regresión siguientes: (FR=Vf0-8/0.4266); (FM=Vf8-24/0.6152); y (FL=Vf24-72/0.3453) (Miranda-Romero et al., 2015; Tirado-Estrada, Ramos-Mijangos, Miranda-Romero, Tirado-González, Salem et al., 2018). La fracción fermentable total (FT) se obtuvo mediante la suma de las tres fracciones anteriores.

Al término de la incubación, el residuo de las muestras de alimento contenidas en los frascos se filtró a través de papel filtro Watman número 3 y se secaron a 65°C por 48 horas para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y de la materia orgánica (DIVMO), calculando el porcentaje de la MS o MO digeridas. Estas últimas se obtuvieron por diferencia de la MS o MO inicial menos MS o MO residual.

El índice de emisión potencial de gases de fermentación se calculó en función de la materia seca y orgánica digerida (EPGFMSD, EPGFMOD) (mL g^{-1}), considerando el volumen gas acumulado (V_{a72h}) medido durante las 72 h de incubación en cada frasco, dividido entre la cantidad respectiva de MS o MO digerida (g).

La proporción fermentable de la materia seca u orgánica digerida (FTDIVMS, FTDIVMO) (%), se determinó a partir de la proporción de la fracción fermentable total (FT, %) en función de la DIVMS y DIVMO, respectivamente.

3.4.6 Análisis de las muestras

La composición química del alimento ofrecido en la dieta basal fue analizada en el Laboratorio de Nutrición Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Las muestras de alimento colectadas en tres etapas del periodo experimental fueron molidas en un molino Wiley®, Thomas, New Jersey, USA, con criba de 2 mm de diámetro y, posteriormente, se secaron en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 h (AOAC, 1997) para determinar la materia seca parcial. Para determinar la composición de los nutrientes las muestras de alimento se secaron a 105°C en estufa de precisión durante 24 h (AOAC, 1997). Las variables obtenidas fueron: materia orgánica, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

El contenido de materia orgánica y ceniza se obtuvo mediante la combustión de la muestra del alimento seco en una mufla a 550 °C durante 3 h. El contenido de proteína se determinó utilizando el método Kjeldahl, multiplicando el contenido

de $N \times 6.25$ (AOAC, 1997). El extracto etéreo (EE) se determinó mediante el método Soxhlet (AOAC, 1997). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron usando el equipo ANKOM200 FIBER ANALYZER, siguiendo el protocolo del proveedor (Ankom, 2015).

3.4.7 Análisis estadístico

La asignación de tratamientos a las unidades experimentales (corderos) fue completamente aleatoria, de manera que cada cordero tuvo la misma oportunidad de ser asignado a uno de los cuatro tratamientos.

Los datos de peso vivo, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia fueron analizados usando el procedimiento MIXED de SAS (2009), utilizando un diseño completamente al azar con un modelo de medidas repetidas en el tiempo, con arreglo de tratamientos factorial 4×4 mediante el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + (TP)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta para el i -ésimo tratamiento, en el j -ésimo periodo, y la k -ésima repetición.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento en la variable de respuesta ($i=1,2,3,4$).

P_j = Efecto del j -ésimo periodo ($j=1,2,3,4$)

$(TP)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo periodo.

ε_{ijk} = Error aleatorio

Las medias de cada mezcla herbal contra el testigo fueron comparadas usando la prueba de Tukey (Steel & Torrie, 1992). Los resultados fueron expresados como medias de mínimos cuadrados y errores estándar ($\bar{Y} \pm EEM$) en las unidades de medida originales.

En el experimento de producción de gas *in vitro* el análisis estadístico consideró un diseño de bloques generalizados, en el cual la dieta preparada en dos tiempos fue el criterio de bloqueo y dentro de cada bloque se encuentran las repeticiones de tratamientos. Los datos fueron analizados con el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta para el *i*-ésimo tratamiento, en el *j*-ésimo bloque, y la *k*-ésima repetición.

μ = Media general.

T_i = Efecto del *i*-ésimo tratamiento en la variable respuesta ($i=1,2,3,4$).

B_j = Efecto del *j*-ésimo bloque en la variable respuesta ($j=1,2,3,\dots,6$).

$(TB)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo tratamiento y el *j*-ésimo bloque.

ε_{ijk} = Error aleatorio.

Las variables de peso de la canal caliente, rendimiento en canal, espesor de grasa dorsal y área del ojo de la chuleta se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 2009) con el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1,2,3,\dots,t \quad j=1,2,3,\dots,r$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta para el *i*-ésimo tratamiento, en la *j*-ésima repetición.

μ = Media general.

T_i = Efecto del *i*-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error aleatorio; $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

3.5 Resultados y discusión

Las características productivas y de la canal de corderos en finalización no fueron afectadas por la adición de los fitobióticos en la dieta ($p > 0.05$; [Cuadro 5](#)); excepto el espesor de la grasa dorsal (EGD) el cual fue 7.3, 18.7 y 7.3% mayor ($p < 0.05$) con las mezclas herbales Animunin, Peptasán y MagaCal, en relación al testigo, respectivamente.

Los valores promedios para las características productivas de los corderos fueron: PVF, 43.44 kg; CMS, 1370.94 g cordero⁻¹ d⁻¹; GDP, 311.04 g d⁻¹; EA, 231.29; CA, 4.88. Asimismo, las canales tuvieron valores promedio del orden de: PCC, 23.80 kg; RCC, 51.26 %; y AOC, 11.28 cm². Estos valores promedio de consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, son congruentes con los reportados por Macedo, Arredondo, Rodríguez, Rosales y Larios (2009) y Ortiz, Miranda, Lara, Martínez, Sánchez y Aranda (2013), para corderos Pelibuey alimentados con raciones altas en granos.

Aunque la información sobre los efectos de los fitobióticos o sus componentes en la producción de rumiantes es limitada, las características del comportamiento productivo y de la canal de corderos del presente estudio, coinciden con lo reportado por Bampidis et al. (2005) en el que no observaron cambios en el consumo de MS, GDP, CA, PCC y RCC, cuando los corderos fueron alimentados con dietas isoenergéticas e isoproteicas y suplementados con aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) con un nivel de 288 mg kg⁻¹ MS. Asimismo, Chaves, Stanford, Gibson, McAllister, & Benchaar, (2008c) tampoco observaron diferencias estadísticas en el CMS, GDP y características de la canal de corderos Arcott canadiense suplementados con aceites esenciales (Phodé S.A., Albi, Francia) que contenían carvacrol y cinamaldehído a 200 mg kg⁻¹ MS en dietas con cebada o maíz. Estos autores sugieren que los efectos de los aceites esenciales y sus componentes en el consumo de alimento de los rumiantes varían según el tipo y la dosis de los aceites esenciales y la dieta base que se ofrece a los animales.

Chaves, Stanford, Dugan, Gibson, McAllister et al. (2008b) informaron que la suplementación (200 mg kg⁻¹ de MS) en la dieta de corderos con aceites esenciales (cinamaldehído, ajo y enebro) no afectó el CMS, PCC y el perfil de ácidos grasos de la grasa dorsal. De manera similar, Simitzis, Bronis, Charismiadou, Mountzouris, & Deligeorgis, (2014) no encontraron diferencias significativas en el comportamiento productivo y características de la canal de corderos Karagouniki al suplementar con aceite de canela (*Cinnamomum*

zeylanicum; 1 mL kg⁻¹ de alimento concentrado). De igual manera, Smeti, Hajji, Mekki, Mahouachi, & Atti, (2018) tampoco encontraron diferencias significativas en el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y composición química de la carne al suplementar (0.6 mL d⁻¹) aceite esencial de romero en la dieta de corderos Barbarine, no obstante, se mejoró el perfil de ácidos grasos y el sabor de la carne. De acuerdo con Benchaar & Greathead, (2011) la inclusión de aceites esenciales en la dieta puede estar limitada por la adaptación de los microorganismos ruminales, ésta puede ser una posible razón de la ausencia de diferencias significativas en las variables estudiadas en este experimento, además de los factores asociados al ambiente, manejo, raza, alimentación, etapa fisiológica, y estado sanitario de los animales.

En contraste, Cherif, Ben, & Abidi, (2018) reportaron que la adición de semillas de *Nigella sativa* (12 g kg⁻¹) en la dieta aumentó significativamente el consumo de MS y la ganancia diaria de peso, mejorando así la conversión alimenticia de corderos Barbarine, mientras que el rendimiento de la canal caliente no se vio afectada por la adición de este aditivo natural en la dieta.

Benchaar, Duynisveld, & Charmley, (2006) tampoco encontraron respuestas significativas en el consumo de MS y GDP en bovinos de carne alimentados con una ración totalmente mezclada basada en ensilaje de gramíneas y leguminosas suplementada con 2 y 4 g d⁻¹ de una mezcla de aceites esenciales que contenían timol, eugenol, vainillina y limoneno. Sin embargo, la mezcla de aceites esenciales (2 g día⁻¹) mejoró ($p < 0.05$) la eficiencia alimenticia de los toretes en engorda. En contraste, Wawrzyńczak, Kraszewski, Wawrzyński, & Kozłowski, (2000) adicionaron plantas de *Mentha piperita*, *Thymus vulgaris*, *Salvia officinalis*, *Viola tricolor*, *Chamomilla recutita* y *Urtica dioica* al 0.5 y 1.0% en la dieta de terneros a 120 días de edad y observaron que el peso vivo final fue mayor (en 12.0 vs 7.1 kg en machos y 11.0 vs 7.1 kg en hembras con respecto al grupo testigo, respectivamente) y la ganancia diaria de peso mayor (100 vs 60 g d⁻¹ en machos y 63 y 93 g d⁻¹ en hembras, respectivamente). Estos resultados demuestran el potencial del uso de fitobióticos en la producción animal.

Cuadro 5. Medias por cuadrados mínimos y errores estándar de comportamiento productivo y características de la canal de corderos según tratamiento

Variable ^z	Aditivo herbal				Ȳ	EEM ^x	p ^w
	Ninguna	Animunin	Peptasán	MagaCal			
PVI (kg)	26.02	25.99	26.41	25.67	26.02	1.14	0.97
PVF (kg)	43.50	43.73	44.71	41.83	43.44	1.90	0.13
CMS (g d ⁻¹)	1372.56	1385.71	1408.56	1316.93	1370.94	75.89	0.67
GDP (g d ¹)	312.10	316.77	326.69	288.59	311.04	24.38	0.46
EA	231.87	234.25	237.96	221.07	231.29	14.48	0.68
CA	4.95	4.64	4.52	5.41	4.88	0.58	0.43
PCC (kg)	23.67	24.36	24.56	22.63	23.80	0.839	0.41
RCC (%)	51.17	51.97	51.11	50.78	51.26	0.43	0.31
AOC (cm ²)	11.87	10.97	11.11	11.15	11.28	0.33	0.23
EGD (mm)	3.00 ^b	3.22 ^{ab}	3.56 ^a	3.11 ^{ab}	3.22	0.13	0.03

^{abc} medias con diferente literal en cada hilera muestran diferencias ($p \leq 0.05$).

^y PVF, peso vivo final; CMS, consumo de materia seca; GDP, ganancia diaria de peso; EA, eficiencia alimenticia; CA, conversión alimenticia; PCC, peso de la canal caliente; RCC, rendimiento en canal caliente; EGD, espesor de la grasa dorsal; AOC, área del ojo la chuleta.

^x Error estándar de la media.

^w Probabilidad estadística.

Ȳ = Promedio

Los promedios de peso vivo y consumo de materia seca para cada periodo de alimentación de los corderos asignados a cada tratamiento se presentan en el [Cuadro 6](#). Hubo diferencias ($p \leq 0.05$) entre los periodos para las variables indicadas anteriormente, donde los periodos 1-14 < 15-28 < 29-42 < 43-56 días, respectivamente. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas dentro del mismo periodo para los tratamientos ni al finalizar el periodo experimental ($p \geq 0.05$).

GDP fue estadísticamente diferente entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) únicamente en los tres primeros periodos de la fase experimental ([Cuadro 6](#)). En el periodo de 1 a 14 días los corderos suplementados con Animunin y MagaCal presentaron 7 y 19% menor ganancia diaria de peso ($p \leq 0.05$), en comparación con el grupo de corderos testigo, mientras que testigo y Peptasán fueron similares estadísticamente, en el periodo 15 a 28 días los corderos suplementados con Peptasán, MagaCal y Animunin ganaron 10, 11 y 19% más peso que los asignados al testigo. En el periodo de 29 a 42 días los corderos suplementados con Peptasán tuvieron ganancias diarias de peso 7% mayor ($p \leq 0.05$) comparado

con testigo y Animunin, y en ese mismo periodo, los dos últimos tratamientos fueron similares estadísticamente ($p \geq 0.05$); mientras que la adición de MagaCal disminuyó ($p \leq 0.05$) GDP en 13% respecto al testigo.

Las eficiencias alimenticias en los corderos mostraron diferencias entre los tratamientos ($p \leq 0.05$; Cuadro 6) en los tres primeros periodos de alimentación. En el periodo de 1 a 14 días, los corderos suplementados con el fitobiótico MagaCal tuvieron 16% menor ($p \leq 0.05$) eficiencia alimenticia, en comparación con el grupo testigo, en tanto que los corderos asignados a Animunin y Peptasán fueron similares al testigo ($p \geq 0.05$); en el periodo de 15 a 28 días los corderos suplementados con Animunin y MagaCal tuvieron 15 y 14%, respectivamente, mayor ($p \leq 0.05$) eficiencia alimenticia que los asignados a testigo, en tanto que Peptasán y testigo fueron similares estadísticamente ($p \geq 0.05$); en el periodo de 29 a 42 días los corderos suplementados con Peptasán tuvieron 4% mayor eficiencia alimenticia ($p \leq 0.05$) que los del testigo, mientras que Animunin y MagaCal fueron similares a testigo ($p \geq 0.05$). Así mismo, la eficiencia alimenticia fue diferente estadísticamente entre periodos ($p \leq 0.05$), en donde, a medida que transcurre el periodo de finalización los corderos son menos eficientes en transformar el alimento en carne.

De este modo, la conversión alimenticia fue también diferente entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) únicamente para el primer y tercer periodo de la fase experimental. En el periodo 1 a 14 días los corderos suplementados con MagaCal tuvieron 35% mayor ($p \leq 0.05$) conversión alimenticia que el testigo, mientras que Animunin y Peptasán fueron similares con el testigo ($p \geq 0.05$); en el periodo 29 a 42 días los corderos que recibieron MagaCal presentaron 13% mayor ($p \leq 0.05$) conversión alimenticia que el testigo ($p \leq 0.05$), mientras que los corderos suplementados con Animunin y Peptasán tuvieron 15 y 21 % menor conversión alimenticia, respectivamente, comparado con testigo. Así mismo, la conversión alimenticia presentó diferencias entre periodos ($p \leq 0.05$), en donde, al principio se necesitó consumir menos cantidad de materia seca para producir una unidad de ganancia de peso de los corderos ([Cuadro 6](#)~~Cuadro 6~~).

Cuadro 6. Medias por cuadrados mínimos y errores estándar del comportamiento productivo de ovinos comiendo una dieta adicionada con Animunin, Peptasán y MagaCal, en cada periodo de alimentación.

Periodo	Aditivo herbal				\bar{Y}	EEM ^Y	ρ^X
	Ninguna	Animunin	Peptasán	MagaCal			
Peso vivo, kg							
1-14	31.01 ^z	30.65 ^z	31.40 ^z	29.73 ^z	30.70 ^z	1.90	0.38
15-28	35.24 ^y	35.67 ^y	36.06 ^y	34.41 ^y	35.34 ^y	1.90	0.38
29-42	39.30 ^x	39.76 ^x	40.42 ^x	37.96 ^x	39.36 ^x	1.90	0.19
43-56	43.50 ^w	43.73 ^w	44.71 ^w	41.83 ^w	43.44 ^w	1.90	0.13
1-56	37.26	37.45	38.15	35.98	37.21	1.90	0.26
p ^W	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		
Consumo de materia seca, g día ⁻¹							
1-14	1179.17 ^z	1153.55 ^z	1207.87 ^z	1097.72 ^z	1159.58 ^z	78.08	0.16
15-28	1254.43 ^y	1298.80 ^y	1347.62 ^y	1237.65 ^y	1284.63 ^y	78.08	0.16
29-42	1473.56 ^x	1515.90 ^x	1515.87 ^x	1437.43 ^x	1485.69 ^x	78.08	0.32
43-56	1583.08 ^w	1574.59 ^w	1562.87 ^w	1494.91 ^w	1553.86 ^w	78.08	0.26
1-56	1372.56	1385.71	1408.56	1316.93	1370.94	75.89	0.24
p ^W	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		
Ganancia diaria de peso, g día ⁻¹							
1-14	356.35 ^{ay}	332.94 ^{aby}	356.35 ^{ax}	289.68 ^{by}	333.83 ^y	25.40	0.01
15-28	301.98 ^{bz}	358.33 ^{ax}	332.94 ^{aby}	334.52 ^{abx}	331.94 ^y	25.40	0.03
29-42	290.08 ^{abz}	292.46 ^{abz}	311.51 ^{az}	253.17 ^{bz}	286.81 ^z	25.40	0.02
43-56	300.00 ^z	283.33 ^z	305.95 ^z	276.98 ^y	291.57 ^z	25.40	0.25
1-56	312.10	316.77	326.69	288.59	311.04	24.38	0.13
p ^W	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		
Eficiencia alimenticia							
1-14	298.94 ^{ax}	287.40 ^{ax}	297.36 ^{ax}	250.94 ^{by}	283.66 ^w	15.32	0.00
15-28	240.63 ^{by}	276.72 ^{abx}	248.62 ^{by}	273.88 ^{abx}	259.96 ^x	15.32	0.02
29-42	198.46 ^{bz}	192.93 ^{by}	207.30 ^{abz}	176.19 ^{bz}	193.72 ^y	15.32	0.04
43-56	189.45 ^z	179.96 ^z	198.57 ^z	183.27 ^z	187.81 ^z	15.32	0.22
1-56	231.87	234.25	237.96	221.07	231.29	14.48	0.25
p ^W	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		
Conversión alimenticia							
1-14	3.43 ^{bz}	3.63 ^{abz}	3.45 ^{abz}	4.62 ^{ay}	3.78 ^z	0.61	0.05
15-28	4.33 ^y	3.75 ^z	4.15 ^y	3.89 ^z	4.03 ^y	0.61	0.34
29-42	6.46 ^{abw}	5.50 ^{bcy}	5.10 ^{cx}	7.33 ^{aw}	6.10 ^w	0.61	0.00
43-56	5.57 ^x	5.70 ^y	5.39 ^x	5.81 ^x	5.62 ^x	0.61	0.48
1-56	4.95	4.64	4.52	5.41	4.88	0.58	0.13
p ^W	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		

^{abc} medias con diferente literal en cada hilera muestran diferencias ($p < 0.05$).

^{vwxyz} medias con diferente literal en cada columna muestran diferentes ($p < 0.05$).

^Y Error estándar de la media.

^X Probabilidad estadística en hileras.

^W Probabilidad estadística en columnas.

\bar{Y} , promedio

Los parámetros de la cinética de fermentación *in vitro* (Vm, S y L) no fueron afectados ($p > 0.1$) por los fitobióticos (Cuadro 7); no obstante el Vm inducido por la inclusión de los fitobióticos fue 23.12% mayor que con la dieta testigo sin fitobiótico, pero no alcanzó a ser diferente ($P = 0.2$) dado el alto EEM que se obtuvo (Cuadro 7). La tasa de producción de gas (S) fue acorde al tipo de dieta alta en concentrado que fue usada, ya que cuando la dieta es alta en forraje la tasa es mucho menor a 0.04. El inicio de la producción de gas de fermentación en las dietas con o sin fitobiótico es menor a una hora, tal y como se presentan en dietas altas en carbohidratos solubles de rápida fermentación ($p > 0.1$).

Cuadro 7. Parámetros de la cinética de fermentación *in vitro* (72 h) de las dietas experimentales para corderos en finalización adicionadas con aditivos fitobióticos

Variable ^y	Aditivo herbal				EEM ^x	p^w
	Ninguna	Animunin	Peptasán	MagaCal		
Vm (mL g ⁻¹ MS)	193.73	243.83	235.63	236.10	16.94	0.20
S (h ⁻¹)	0.0429	0.0405	0.0406	0.0440	0.0024	0.75
L (h)	0.63	0.00	0.10	1.02	0.54	0.55

^{a,b} Medias con distinta literal en cada fila muestran diferencias ($p < 0.1$).

^y Vm, volumen máximo de producción de gas hasta alcanzar la asíntota; S, tasa fraccional de producción de gas; L, fase lag.

^x EEM, error estándar de la media.

^w p , nivel de significancia.

La inclusión de fitobióticos en la dieta afectaron ($p < 0.1$) las fracciones de rápida y lenta fermentación del alimento (Cuadro 8). En general la fracción de fermentación rápida (FR) de la dieta incrementó ($p < 0.1$) en 39, 37 y 22% cuando se adicionó Animunin, Peptasán y MagaCal, en comparación con la dieta testigo sin fitobiótico; mientras que la fracción de fermentación lenta (FL) solo fue incrementada ($p < 0.1$) en 49% por la adición del fitobiótico Animunin, con respecto a la dieta testigo sin fitobiótico. Los otros dos fitobióticos incrementaron no significativamente en 36 y 29% la fracción FL. La fracción de fermentación media (FM) no fue afectada ($p > 0.1$) por los fitobióticos. La fracción fermentable total (FT) fue 32% mayor ($p < 0.1$) cuando se adicionó Animunin a la dieta en comparación a la dieta testigo sin fitobiótico, mientras que Peptasán y MagaCal no fue diferente ($p > 0.1$) respecto al testigo, a pesar de que fueron 20, y 22% superior a la dieta testigo.

Cuadro 8. Fracciones fermentables de una dieta para corderos en finalización adicionada con fitobióticos estimadas mediante la técnica de producción de gas

Fracción de Fermentación	Aditivo herbal				EEM ^x	<i>p</i> ^w
	Ninguna	Animunin	Peptasán	MagaCal		
FR (g kg ⁻¹)	178.7 ^b	248.5 ^a	244.9 ^a	217.4 ^{ab}	13.2	0.01
FM (g kg ⁻¹)	130.5	147.3	134.7	152.5	17.6	0.81
FL (g kg ⁻¹)	72.8 ^b	108.3 ^a	99.4 ^{ab}	94.4 ^{ab}	9.1	0.06
FT (g kg ⁻¹)	381.0 ^b	503.3 ^a	456.5 ^{ab}	464.0 ^{ab}	34.2	0.09

^{a,b}. Medias en la misma la misma fila con diferente literal son diferentes (*p* < 0.1).

^y FR, FM, FL, fracciones de rápida, media y lenta fermentación que corresponden al volumen de gas producido en los periodos de 0-8, 8-24 y 24 a 72 h de incubación. FT=fracción total (suma de FR; FM, y FL).

^x EEM, error estándar de la media.

Puesto que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y de la materia orgánica, no fue afectada (*p* > 0.1) por la inclusión de fitobióticos (Cuadro 9), es de asumir que los fitobióticos mejoran el proceso de fermentación intracelular y no el proceso de digestión, que en bacterias es extracelular. Es factible entonces que los productos herbales que contienen los fitobióticos estimulen la asimilación microbiana de los nutrimentos, haciendo más eficiente su utilización. Esto se observó al comparar la fracción fermentable total (FT; Cuadro 8) y la DIVMS o DIVMO (Cuadro 9), la cual es presentada en el Cuadro 9 como FTDIVMS y FTDIVMO. Estas variable no fueron significativas (*p* > 0.1) en virtud del alto EEM encontrado; sin embargo, se pudo observar que del 56.59% de MS digerible, tan solo es fermentado el 68.74% cuando no se usa fitobióticos, mientras que con la inclusión de fitobióticos, la proporción de MS digerible que es fermentada se incrementó a 88.16, 82.17 y 82.05% con Animunin, Peptasán y MagaCal (Cuadro 9). Lo anterior coincide con el índice de emisión potencial de gases de fermentación, puesto que los fitobióticos no aumentaron (*p* > 0.1) el EPGFMS ni EPGFMO, lo cual indica que no tienen un impacto con el ambiente.

Cuadro 9. Digestibilidad de la materia seca y orgánica, proporción fermentable de la materia digerida e índice de emisión potencial de gases de fermentación de dietas para ovinos en finalización adicionada con diferentes aditivos fitobióticos

Variable ^y	Aditivo herbal				EEM ^x	<i>p</i> ^w
	Ninguna	Animunin	Peptasán	MagaCal		
DIVMS (%)	56.59	57.35	58.15	57.65	3.24	0.99
DIVMO (%)	54.66	55.29	56.22	55.59	3.42	0.99
FTDIVMS (%)	68.74	88.16	82.17	82.05	9.15	0.46

FTDIVMO (%)	71.35	91.48	85.63	85.43	9.93	0.50
EPGFMS (mL g ⁻¹ MSD)	336.97	431.48	415.40	409.31	37.46	0.3163
EPGFMO (mL g ⁻¹ MOD)	333.40	427.93	411.65	407.00	36.89	0.3038

^{a,b}. Medias con distinta literal en cada fila muestran diferencias ($p < 0.1$).

^y DIVMS, digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; FTDIVMS, proporción fermentable de la materia seca digerida; FTDIVMO, proporción fermentable de la materia orgánica digerible; EPGFMSD, índice de emisión potencial de gases de fermentación de la materia seca digerida; EPGFMO, índice de emisión potencial de gases de fermentación de la materia orgánica digerida.

^x EEM, error estándar de la media.

^w p , nivel de significancia.

Puesto que la producción de AGV está más directamente relacionada con la producción de gas que con la digestibilidad, es factible que los fitobióticos incrementen la producción de AGV. Este cambio puede ser nutricionalmente beneficioso, ya que los AGV son las principales fuentes de energía metabolizable para los rumiantes. Chaves, Stanford, Gibson et al. (2008c) encontraron mayor concentración de AGV en la fermentación *in vitro* de dietas adicionadas con aceites esenciales de carvacrol y cinamaldehído, pero también encontraron que no mejoraron las características productivas, ni la eficiencia alimenticia de los corderos.

La adición de saponinas de *Camellia sinensis* (3 g d⁻¹) y aceite de *Glycine max* (3% MS) a la dieta de corderos, disminuyó la producción de gas en 13.9 y 27.7 % (Mao, Wang, Zhou, & Liu, 2010). De igual manera, Chaves, He, Yang, Hristov, McAllister et al. (2008a) evaluaron el efecto inhibitor del aceite esencial de ajo a dosis de 250 mg L⁻¹, en condiciones *in vitro*, en el cual la producción de metano disminuyó en 72 %, sin efectos adversos sobre la concentración de AGV.

El incremento en las fracciones fermentables por efecto de los fitobióticos, encontrado en la presente investigación, puede estar relacionado la mayor ganancia diaria de peso de los corderos suplementados con 1.5 g d⁻¹ de Animunin o Peptasán, durante los primeros 42 días de engorda, puesto que el consumo de MS fue similar entre los tratamientos. Similares resultados fueron reportados por Chaves, Stanford, Dugan et al. (2008b) al suplementar corderos con aceites esenciales (cinamaldehído, ajo y enebro; 200 mg kg⁻¹ de MS) sin afectar CMS,

aunque la GDP fue mayor en corderos suplementados con cinamaldehído y enebro en comparación con los corderos alimentados con ajo o la dieta testigo .

Los fitobióticos no afectaron ($p>0.1$) la DIVMS y DIVMO (Cuadro 9) en contraste a lo encontrado por Klevenhusen, Zeitz, Duval, Kreuzer, & Soliva, (2011) cuando se mejoró la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica en 4% al adicionar aceite esencial disulfuro de dialilo de ajo (*Allium sativum*; 4.85 g kg⁻¹ MS). Una posible explicación podría ser que el aceite esencial promueve el crecimiento de los hongos del rumen lo cual aumenta la digestión de la fibra, sin alterar la concentración de AGV. Sin embargo, en el presente estudio los fitobióticos pudieron haber favorecido el desarrollo de microorganismos que degradan los componentes del alimento. La adición de fitobióticos tampoco afectaron ($p>0.1$) la proporción fermentable en función a la materia digerida (FTDIVMS y FTDIVMO). De igual manera, el índice de emisión potencial de gases de fermentación (EPGFMSD y EPGFMOD).

3.6 Conclusiones

Los aditivos herbales fitobióticos Animunin, Peptasán y MagaCal administrados a dietas de corderos Pelibuey en finalización no mejoran el comportamiento productivo, ni las características de la canal, sin embargo, pueden influir sobre el espesor de grasa dorsal.

Aunque el uso de aditivos herbales fitobióticos en corderos en finalización no mejora la asimilación de la dieta determinada por la cinética de fermentación y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, se mejoran las fracciones fermentables de la dieta.

3.7 Recomendaciones

Los fitobióticos se deben evaluar en diferentes etapas fisiológicas en corderos y en diferentes dosis de inclusión. Se requieren más estudios enfocados en el modo de acción y los componentes bioactivos de los fitobióticos para continuar su validación como alternativas al uso de antibióticos promotores del crecimiento.

3.8 Literatura citada

- Ankom Technology. (2015). Operator's Manual. ANKOM 2000 FIBER ANALYZER. México. Obtenido de <https://www.manualshelf.com/brand/ankom>
- AOAC. (1997). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (16a edition). Washington, DC, 1997.: Association of Official Analytical Chemists.
- Ayala, L., Silvana, N., Zocarrato, I., & Gómez, S. (2011). Use of vulgar oregano (*Origanum vulgare*) as phytobiotic in fattening rabbits. (2a Ed.) *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45.
- Bampidis, V. A., Christodoulou, V., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Spais, A. B., & Chatzopoulou, P. S. (2005). Effect of dietary dried oregano leaves supplementation on performance and carcass characteristics of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 121(3-4), 285-295.
- Benchaar, C., & Greathead, H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 338-355.
- Benchaar, C., Duynisveld, J., & Charey, E. (2006). Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(1), 91-96.
- Chaves, A. V., He, M. L., Yang, W. Z., Hristov, A. N., McAllister, T. A., & Benchaar, C. (2008a). Effects of essential oils on proteolytic, deaminative and methanogenic activities of mixed ruminal bacteria. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(1), 117-122.
- Chaves, A. V., Stanford, K., Dugan, M. E., Gibson, L. L., McAllister, T., Van Herk, F., & Benchaar, C. (2008b). Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Livestock Science*, 117(2-3), 215-224.
- Chaves, A. V., Stanford, K., Gibson, L. L., McAllister, T. A., & Benchaar, C. (2008c). Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 396-408.
- Cherif, M., Ben, S. H., & Abidi, S. (2018). Effect of the addition of *Nigella sativa* seeds to low or high concentrate diets on intake, digestion, blood metabolites, growth and carcass traits of Barbarine lamb. *Small Ruminant Research*, 158, 1-8.
- Dalle, Z. A., Celia, C., & Szendrő, Z. (2016). Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science*, 189, 82-90. doi:10.1016/j.livsci.2016.04.024

- Domínguez-Vara, I. A., Mondragón-Ancelmo, J., Gonzales-Ronquillo, M., Salazar-García, F., Bórquez-Gastelum, J. L., & Aragón-Martínez, A. (2009). Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *Ciencia Ergo Sum*, 16(3), 278-284.
- García A., E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana)*. México: Instituto de Geografía. UNAM.
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35(3), 169-180. doi:10.1007/s11259-010-9458-2
- Klevenhusen, F., Zeitz, J. O., Duval, S., Kreuzer, M., & Soliva, C. R. (2011). Garlic oil and its principal component diallyl disulfide fail to mitigate methane, but improve digestibility in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 356-363. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.04.071
- Macedo, B. R., Arredondo, V. R., Rodríguez, R. R., Rosales, S. J., & Larios, G. A. (2009). Efecto de la adición de un cultivo de levaduras y de la ración sobre la degradación *in vitro* y productividad de corderos Pelibuey. *Técnica Pecuaria en México*, 47(1), 41-53.
- Mao, H. L., Wang, J. K., Zhou, Y. Y., & Liu, J. X. (2010). Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs. *Livestock Science*, 129(1-3), 56-62. doi:10.1016/j.livsci.2009.12.011
- Méndez, Z. G., García, M. J., Durán-Meléndez, L. A., Herman-Lara, E., Santellano, E. E., & Silva, V. R. (2015). Aceite esencial de Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) en variables de calidad de la canal de pollo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 41-51.
- Menke, K. H., & Stelngass, H. (1998). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal research and development*, 28, 7-55.
- Miranda-Romero L.A., Sandoval-González, L., & Améndola-Massioti, R. (2015). Producción de gas como método para estimar *in vitro* la concentración de carbohidratos fermentables en rumen. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Puerto Varas, Chile. p. 474.
- NRC. (2007). *Requirements of dairy cattle (7th ed)*. Washington, DC: National Academy Press.
- Ortiz, H. M., Miranda, R. L., Lara, B. A., Martínez, H.P., Sánchez-del Real, C. & Aranda, O. G., 2013. Comportamiento productivo de corderos con dietas de harina de nopal y ensilado de nopal-tuna. In: La Contribución del sector pecuario a la seguridad alimentaria en México. Eds: Chay, A. & Casanova, F., Universidad Autónoma de Tabasco, México. pp. 445-449.

- Partida, D. L., Ríos, R. F., De La Cruz, C. L., Dominguez, V. I., & Buendía, R. G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 269-277.
- Roofchae, A., Irani, M., Ebrahimzadeh, M. A., & Akbari, M. R. (2011). Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 10(32), 6177-6183. doi:10.5897/AJB10.2596
- S.A.S. (2009). *Statistical Analysis System. SAS/STAT Software Release 9.4*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Schofield, P., & Pell, A. (1995). Validity of using accumulated gas pressure readings to measure forage digestion in vitro: a comparison involving three forages. *Journal of Dairy Science*, 78(10), 2230-2238. doi:10.3168/jds.S0022-0302(95)76850-3
- Simitzis, P. E., Bronis, M., Charismiadou, M. A., Mountzouris, K. C., & Deligeorgis, S. G. (2014). Effect of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. *Animal*, 8(9), 1554-1560.
- Smeti, S., Hajji, H., Mekki, I., Mahouachi, M., & Atti, N. (2018). Effects of dose and administration form of rosemary essential oils on meat quality and fatty acid profile of lamb. *Small Ruminant Research*, 158, 62-68.
- Steel, R., & Torrie, J. (1992). *Bioestadística, principios y procedimientos*. México, México: McGraw-Hill.
- Tirado-Estrada, G., Ramos-Mijangos, L. M., Miranda-Romero, L. A., Tirado-González, D. N., Salem M. A. Z., Mlambo, V., Medina-Cuéllar, S.E., González-Reye, M., Barababosa, P. A. (2018). Potential impacts of dietary *Lemna gibba* supplements in a simulated ruminal fermentation system and environmental biogas production. *Journal of Cleaner Production*, 181, 555-561.
- Van der Klis, J. D. (2015). *Contrarrestar el aumento del coste de pienso con aditivos fitogénicos*. Delacon Biotechnik GmbH. Product Manager de Aditivos en Barentz-Campi y Jové S.L.
- Vélez-Terranova, M., Campos-Gaona, R., & Sánchez-Guerrero, H. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 489 - 499.
- Wawrzyńczak, S., Kraszewski, J., Wawrzyński, M., & Kozłowski, J. (2000). Effect of herb mixture feeding on rearing performance of calves. *Annals of Animal Science*, 27(3), 133-142.
- Yan, L., Meng, Q., & Kim, I. (2012). Effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and fecal microbial shedding in weanling pigs. *Livestock Science*, 145(1-3), 189-195.