

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



TESIS:

*“EFECTO DEL USO DE ACEITES ESENCIALES Y
PROBIÓTICOS SOBRE CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL,
CORTES PRIMARIOS Y COMPOSICIÓN TISULAR DE
OVINOS DE PELO EN FINALIZACIÓN”*

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

Ing. Claudia Angélica Vizcarra Chávez

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Alfredo Estrada Angulo

ASESORES:

Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho

Dr. Jesús José Portillo Loera

Dra. Elizama Ponce Barraza

Culiacán, Sinaloa, México; a septiembre de 2023

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR LA C. **CLAUDIA ANGÉLICA VIZCARRA CHÁVEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO(A) EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ
DIRECTORA

DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO
CO-DIRECTOR

DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO
ASESORA

DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA
ASESOR

DRA. ELIZAMA PONCE BARRAZA
ASESORA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 10 de septiembre de 2023, la que suscribe Claudia Angélica Vizcarra Chávez, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 1257255-1, de la Unidad Académica: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez y del Dr. Alfredo Estrada Angulo y que cede los derechos del trabajo titulado ***“Efecto del uso de aceites esenciales y probióticos sobre características de la canal, cortes primarios y composición tisular de ovinos de pelo en finalización”*** a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Claudia Vizcarra.

Ing. Claudia Angélica Vizcarra Chávez

Domicilio: Salvador Elizondo 5805, Prados Residencial, Culiacán, Sinaloa.

Teléfono: 6671629128

Correo electrónico: claudia.vizcarra2208@gmail.com

CURP: VICC940822MSLZHL06



Dirección General de Bibliotecas



U n i v e r s i d a d A u t ó n o m a d e S i n a l o a

REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México). Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial Compartir Igual, 4.0 Internacional.



INFORME DEL DETECTOR DE PLAGIO

Viper



Informe del Detector de Plagio Viper

CAVC, MCA FINAL.docx escaneado Sep 25, 2023

Porcentaje Total

8%

DEDICATORIA

La vida es bonita, y una de las características de esta, es, que la podamos compartir y disfrutar con quien queremos, podemos ayudar y guiar a las personas si ellos lo permiten, así también, podemos ser ayudados y guiados durante lo largo de nuestra vida; por esto mismo, mediante esta dedicatoria quiero exaltar la labor de aquellos que estuvieron presentes durante toda o la mayor parte del desarrollo de esta tesis.

Primeramente, se la dedico a Dios, quien ha sido mi guía, fortaleza, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además, de su infinita bondad y amor.

A mi madre María, por poner en mi toda su fe y su confianza de ver este sueño hecho realidad, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida siempre me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y evidentemente la que más celebra y aplaude mis triunfos.

A mi padre Javier, por sus oraciones, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, por sus palabras de aliento y consejos que me han ayudado a ser una mejor persona.

A mi abuela Guadalupe, por sus consejos de vida, que me ayudaron a tomar el camino correcto, por todo el apoyo que me ha brindado durante todos estos años, sin su ayuda, no hubiera podido llegar hasta aquí.

A mi abuela Angélica, que alumbró mi destino, guiando mis pasos desde el cielo.

A mis tíos, por demostrarme su afecto y apoyarme en todos los aspectos en mi carrera universitaria.

A mis amigos y compañeros por su apoyo y trabajo en equipo, por su amistad durante este largo camino.

A todo ellos les dedico este logro con mucho cariño y agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por el respaldo financiero que me fue otorgado y que me permitió culminar mis estudios de posgrado con la beca otorgada con número 1156641 para la realización de este proyecto en la Maestría en Ciencias Agropecuarias, perteneciente al Colegio en Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme permitido formarme y darme las herramientas y conocimientos necesarios para este proyecto.

En especial, quiero agradecer a mi directora de tesis Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez por permitirme ser partícipe de uno de sus proyectos dentro de la maestría, por su constante apoyo incondicional durante el desarrollo de este trabajo de investigación y por la confianza que depositó en mí; a mi Co-director Dr. Alfredo Estrada Ángulo por sus indicaciones y orientaciones indispensables en el desarrollo de este trabajo; a mis asesores Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho, Dr. Jesús José Portillo Loera, Dra. Elizama Ponce Barraza y profesores por su guía y enseñanza para ser una mejor persona y profesional

A todos ustedes, les digo ¡gracias!

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA	1
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Razas de ovinos de acuerdo a su distribución	3
2.1.1. Razas de influencia mundial	4
2.1.2. Grupos históricos de amplia distribución regional.....	4
2.1.3. Grupos locales	4
2.2 Sistemas de explotación ovina	4
2.2.1 Sistemas extensivos	5
2.2.2 Sistemas intensivos	5
2.2.3 Sistema semi intensivo	5
2.3 Situación de la ovinocultura.....	6
2.3.1 Panorama ovino mundial	6
2.3.2 Panorama ovino nacional.....	6
2.3.3 Panorama ovino municipal y estatal	7
2.4. Aditivos en nutrición animal.....	7
2.4.1. Clasificación de los aditivos según su origen y función.	8
2.5 Ionóforos	8
2.5.1 Monensina sódica	9
2.5.2 Mecanismo de acción de la monensina	9
2.6. Probióticos.....	12
2.6.1. Mecanismo de acción de los probióticos	15

2.6.2. Probióticos en producción de rumiantes	16
2.7 Aceites esenciales (AE).....	17
2.7.1 Uso de aceites esenciales en la alimentación de rumiantes .	17
2.7.2 Mecanismo de acción de los aceites esenciales.....	18
III. CONCLUSIÓN.....	21
CAPÍTULO 2: EFECTO DE LA COMBINACIÓN DEL IONÓFORO MONENSINA CON ANTIMICROBIANOS NATURALES.....	22
2. Introduction.....	24
2.1. Materials and Methods	25
2.1.1 Animals, Experimental Design, and Diets	25
2.2. Measurements and Samplings	28
2.3. Chemical Analysis	28
2.4. Calculations.....	28
2.5. Carcass Characteristics, Whole Cuts, and Tissue Shoulder Composition	29
2.6. Visceral Mass Data	30
2.7. Statistical Analysis.....	30
3. Results and Discussion.....	30
4. Conclusions	40
5. References	41
CAPITULO 3. CONCLUSIÓN GENERAL.....	51
CAPITULO 4. LITERATURA CITADA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Principales estados productores.....	06
Cuadro 2. Efecto de la adición de monensina en rumiantes.....	11
Cuadro 3. Mecanismo de acción de los probióticos.....	14
Cuadro 4. Efectos de la suplementación de probióticos en rumiantes.....	16
Cuadro 5. Clasificación de los aceites esenciales.....	17
Cuadro 6. Efectos de la adición de aceites esenciales en rumiantes.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Efecto de la monensina en el flujo de iones en <i>S. bovis</i>	10
Figura 2. Mecanismo de acción de los probióticos.....	15
Figura 3. Mecanismo de acción de los aceites esenciales.....	19

RESUMEN

“Efecto del uso de aceites esenciales y probióticos sobre características de la canal y composición tisular de ovinos de pelo en finalización”

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta productiva (características de la canal y composición tisular de ovinos de pelo en finalización) bajo la combinación de un antibiótico ionóforo monensina (MON), con aceites esenciales (AE) y probióticos, en el cual se utilizaron 24 ovinos machos Pelibuey x Katahdin (38.47 ± 9.92 kg de peso inicial), durante un periodo de 56 días, utilizando un diseño completo al azar, utilizando cuatro tratamientos: T 1. 28 mg de monensina/kg dieta

Al finalizar el periodo se llevaron a matanza a rastro, para posteriormente llevarlos a sala de cortes donde se midieron las variables de la canal, observando que la combinación de MON + BS mejoró la energía neta de la dieta en un 3.4 % y la eficiencia de la energía, la inclusión de AE en la combinación de MON más probióticos dio lugar a una ganancia media diaria de peso (GDP) y una eficiencia alimenticia (EA) similares en comparación con MON más probióticos, pero mostró una menor energía neta dietética, peso en canal caliente y porcentaje de faenado, los ovinos que recibieron solo probióticos, sólo mostraron un mayor ingesta promedio de GDP y consumo de materia seca (MS) que los ovinos que recibieron MON más probióticos mas aceites esenciales, pero una EA y EN de la dieta similares. No hubo efectos de los tratamientos en las características de la canal y composición tisular.

Se concluyó que la combinación de probióticos con el ionóforo MON puede mejorar la eficiencia de la utilización de la energía dietética: en finalización, los probióticos suplementados solos dan una mayor ganancia diaria sin una diferencia en la energía dietética: en comparación con MON sola. La inclusión de AE en la combinación de MON más probióticos redujo el peso de la canal y el porcentaje de faenado.

Palabras clave: aceites esenciales, monensina, probióticos, ovinos, finalización, características de la canal, composición tisular, energía.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the productive response (carcass characteristics and tissue composition of finishing hair sheep) under the combination of an antibiotic ionophore monensin with essential oils and probiotics, in which 24 male Pelibuey x Katahdin sheep (38.47 ± 9.92 kg initial weight) were used for a period of 56 days, using a complete randomized design, using 04 treatments: treatment 1.28 mg of monensin/kg diet, and 2.28 mg of monensin/kg diet.

At the end of the period they were taken to slaughter to slaughter, to later take them to the cutting room where carcass variables were measured, observing that the combination of MON + BS improved net dietary energy by 3.4 % and energy efficiency, the inclusion of essential oils in the combination of monensin plus probiotics resulted in similar average daily weight gain (ADG) and feed efficiency compared to monensin plus probiotics, but showed lower dietary net energy, warm carcass weight and dressing percentage, lambs receiving probiotics alone showed only higher average ADG and dry matter intake than lambs receiving monensin plus probiotics plus essential oils, but similar feed GF and dietary NE. There were no treatment effects on carcass characteristics and tissue composition.

It is concluded that the combination of probiotics with the ionophore monensin can improve the efficiency of dietary energy utilization: in completion, probiotics supplemented alone gave a higher daily gain without a difference in dietary energy: compared to monensin alone. The inclusion of essential oils in the combination of monensin plus probiotics reduced carcass weight and dressing percentage.

Key words: essential oils, monensin, probiotics, sheep, finishing, carcass characteristics, tissue composition, energy.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

I. INTRODUCCIÓN

Debido a que los cambios en la composición de la ganancia observada durante la fase de finalización cuando los ovinos son alimentados con dietas de alto contenido energético, hay una menor eficiencia en el uso de la energía de la dieta para el crecimiento, además durante la fase de finalización los ovinos consumen dietas que contienen grandes cantidades de carbohidratos solubles (Ellison *et al.*, 2022). Este sistema de alimentación representa un alto riesgo de presencia de episodios de acidosis subaguda ruminal, que pueden afectar negativamente a la EA en esta fase (Chako *et al.*, 2015). La mejora de la fermentación ruminal mediante la modulación de ciertos microorganismos que reducen la producción de ácidos orgánicos intermedios específicos (por ejemplo, lactato), así como la promoción de un aumento del propionato ruminal y la mejora de la salud epitelial y el aumento de la absorción de nutrientes, es una de las formas de obtener un mejor rendimiento en rumiantes alimentados con dietas de alto contenido energético (Ahmed *et al.*, 2022). Una herramienta ampliamente utilizada para prevenir este tipo de desórdenes y aumentar la eficiencia de la etapa final de engorda es el antibiótico MON, el cual ha sido utilizado durante muchos años como promotor de crecimiento en corrales de engorda en varios países (México, Canadá, EUA, Brasil, Nueva Zelanda, Argentina, Chile, Sudáfrica, entre otros) donde su uso está aprobado (Odongo *et al.*, 2007; Teixeira *et al.*, 2020). Sin embargo, los consumidores reclaman cada vez más que los productos cárnicos estén libres de antibiótico. Esta preocupación ha llevado a las industrias ganaderas a buscar posibles alternativas, entre las que se encuentran, aditivos naturales como los probióticos y AE (Lillehoj *et al.*, 2018). Los probióticos y los AE alteran la fermentación ruminal y promueven la salud gastrointestinal (GIT); además, se han atribuido algunos efectos antioxidantes e inmunológicos; todos estos efectos ayudan a varias respuestas beneficiosas principalmente en la tasa de crecimiento y/o la EA en ovinos (Estrada-Angulo *et al.*, 2022; Mousa *et al.*, 2019). Por otro lado, los probióticos y los AE favorecen cambios en los microorganismos ruminales y la salud gastrointestinal de forma análoga a los antibióticos (Pancini *et al.*, 2020). No obstante, aunque el mecanismo de acción de los probióticos y los AE no se conoce por completo, parece

que actúan por vías diferentes a la de los antibióticos (Aljaafari *et al.*, 2021; Plaza-Diaz *et al.*, 2019). Por consiguiente, la combinación de probióticos y AE con antibióticos sintéticos podría tener efectos complementarios. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han dirigido a evaluar la eficiencia productiva cuando se utilizan aditivos individuales, pero se dispone de poca información sobre los efectos de la suplementación con este tipo de combinación. La generación de este tipo de información podría promover futuros estudios sobre la disminución de la dosis de antibióticos utilizados como aditivo en alimento, empleando combinaciones con aditivos naturales. Además, la estrategia de combinar antibióticos con aditivos naturales podría iniciar la transición del uso de antibióticos como promotores del crecimiento al uso de alternativas naturales en la industria de engorda en confinamiento. En la actualidad, se dispone de poca información sobre los efectos de la combinación de MON con aditivos naturales. Por esta razón, el objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la combinación de MON con probióticos y con probióticos más aceites esenciales, sobre el rendimiento del crecimiento, energía de la dieta, características de la canal y la masa visceral en ovinos en fase de finalización, con dietas de alta energía. Además, se incluyó una comparación entre la MON y un probiótico (*bacillus subtilis*) cuando ambos se suplementan solos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La producción de carne para consumo humano proviene principalmente de las especies bovina, porcina, aviar y en menor proporción de otras especies como la ovina, caprina, avícola y algunas especies silvestres (Vanegas y Gutiérrez, 2016). La producción animal en los últimos años ha incrementado la competitividad dentro del sector ganadero (Martínez *et al.*, 2016; Peregrino-Peña *et al.*, 2018), y con ello, los precios de las materias primas que se emplean en la alimentación de los animales. Para enfrentar esta situación, el reto está en lograr mejor aprovechamiento de las dietas que se suministran a los animales (Valdivia *et al.*, 2019), es por eso, que durante décadas se han utilizado los aditivos en la producción pecuaria por los efectos benéficos que producen en indicadores fisiológicos, productivos y de salud (Valladares-Carranza *et al.*, 2015; Molina, 2019). De esta forma, se logran disminuir los costos e incrementar la eficiencia en los sistemas productivos (Núñez-Torres, 2017). Se reconoce por la comunidad científica que la definición más aceptada del término aditivo para la alimentación animal es la emitida en el Reglamento (CE) No. 1831/2003 del Parlamento Europeo y el Consejo, donde refiere que son sustancias, microorganismos y preparados distintos de las materias primas para alimentos y de las pre mezclas, que se añaden intencionadamente a los alimentos o al agua, a fin de realizar, en particular, una o varias funciones. Según estas funciones, los aditivos se clasifican en: 1) Tecnológicos; 2) Organolépticos; 3) Nutricionales; 4) Zootécnicos; y 5) Coccidiostáticos e histomonóstatos (Carro *et al.*, 2006; García y García, 2015).

2.1 Razas de ovinos de acuerdo a su distribución

En el mundo existen un sinnúmero de razas de ovinos por lo que se han agrupado por criterios como presencia de lana o pelo, la longitud o finura de la lana, la idoneidad cárnica, el tipo de cola, grasa o delgada, lo largo de su época reproductiva y su prolificidad (Comité Nacional del SP Ovinos, 2008). En zonas tropicales de México se utilizan las razas de pelo esto debido a su rusticidad, fertilidad y adaptación al clima, de las cuales la raza Pelibuey originaria de África es la de mayor distribución (Chay-Canul *et al.*, 2016), sin embargo el peso al nacimiento y el desarrollo pre-destete de los ovinos es bajo comparado con otras razas de pelo (Macías-Cruz *et al.*, 2012; Hinojosa-Cuéller *et al.*, 2015). Por lo que desde la década pasada se optó por el

cruzamiento con la raza Katahdin la cual es originaria de Estados Unidos, esta raza presenta capacidad reproductiva similar a la raza Pelibuey, pero obtiene mayores pesos al nacimiento y tasa de crecimiento pre y post-destete, esto con el objetivo de mejorar las variables productivas de los ovinos de raza de pelo (Nasrat *et al.*, 2016).

2.1.1. Razas de influencia mundial

Destacan las derivadas del Merino, las de lana larga como la Border Leicester, Lincoln, Ile de France, etc., las Down como la Hampshire, Dorset, Oxford, Suffolk, Southdown, y las Romney. Dichas razas se encuentran en los países más productores del mundo y han dado origen a otras razas, las cuales se usan tanto en raza pura como en cruzamientos. (Comité Nacional del SP Ovinos, 2008).

2.1.2. Grupos históricos de amplia distribución regional

Distribuidas en el Norte de Europa: las de cola corta Romanov, Finish, y otras, las Marsh de Europa Noroccidental (East Texel, Friesian,), las Zackel, Heath, Tsigai (derivadas del Merino), las Karakul, las de cola gorda de Asia, África, Rusia, Europa y las de India (Comité Nacional del SP Ovinos, 2008).

2.1.3. Grupos locales

Destacan: las británicas Scottish Blackface de las colinas, las de cara blanca (Welsh Mountain, Cheviot), las africanas (Persa Cabeza Negra), del Tíbet y los Alpes, de Grecia y Turquía (Chios), las de Medio Oriente (Awasi), de Francia (Lacaune, Berrichon, Contentin, entre otras), las de España y Portugal (Churra y muchas otras), y de América (Barbados o Black Belly, Pelibuey (también llamado Pelobuey, Deslanado, West African en otros países latinoamericanos) (Comité Nacional del SP Ovinos, 2008).

2.2 Sistemas de explotación ovina

De Lucas *et al.* (2003) menciona que los sistemas de explotación ovina son todos aquellos mediante los cuales la zootecnia de la especie *Ovis aries* obtienen productos generados, principalmente carne, leche y lana. Ortiz-Plata *et al.* (2012) y Partida de la Peña *et al.* (2013) aluden que en México se encuentran desarrollados y condicionados por la disponibilidad de recursos y el mercado. Se clasifican como

sistemas de producción extensivo, intensivo y semi intensivo, (Nuncio et al., 2001; Valerio et al., 2010).

2.2.1 Sistemas extensivos

Los sistemas extensivos se caracterizan por la utilización de especies ganaderas de interés zootécnico capaces de aprovechar los recursos naturales por medio del pastoreo; dichas especies están adaptadas a los factores limitantes y ecológicos del medio en el que se desarrollan (Bellido *et al.*, 2017). Generalmente se mantienen en un solo rebaño, encontrándose en regiones marginadas, carecen de manejo sanitario, por lo general solo son tratados los animales enfermos (Pérez *et al.*, 2011).

2.2.2 Sistemas intensivos

Reyes, (2017) menciona que en este sistema los animales se encuentran en estabulados utilizando estrategias de alimentación más tecnificadas basándose en núcleos, mezclas minerales, alimentos comerciales o mezclas propias, con el objetivo de reducir el tiempo de finalización, se observa mayor uso de estrategias de manejo y tecnologías que incrementan la producción, utilizando practicas de inseminación artificial (Rivas *et al.*, 2014). Frecuentemente se realiza manejo sanitario existiendo un control de parasitos, prevención y tratamiendo oportuno de enfermedades durante el ciclo productivo (Pérez *et al.*, 2011).

2.2.3 Sistema semi intensivo

Cajeras *et al.* (2017), Definen a la ganadería semi intensiva como un sistema intermedio entre el extensivo e intensivo, en el cual mediante la implementación de innovaciones tecnológicas, administración y de infraestructura productiva, se realiza adecuadamente el manejo del hato, manejo de pastizales, genética y el manejo sanitario. Al igual que el extensivo se mantienen en un solo rebaño, pastorean en praderas entre las ocho y nueve de la mañana, regresando al corral entre las cuatro y seis de la tarde, una característica de este sistema es la existencia de corrales rusticos los cuales son contruidos con materiales de la región y carecen de un diseño bien definido, complementan la alimentación con productos o subproductos agrícolas de la región (Nuncio *et al.*, 2001 y Valerio *et al.*, 2010). En cuanto al manejo sanitario

regularmente solo son tratados cuando presentan signos clínicos de enfermedad, similar al sistema extensivo (Pérez *et al.*, 2011).

2.3 Situación de la ovinocultura

2.3.1 Panorama ovino mundial

Cristina-Gomez, (2023) menciona que la carne de bovino y ovino tendrá un aumento que estará determinado por la demanda de China y Medio Oriente, ya que china es el principal consumidor de carne ovina del mundo acercándose a los cuatro millones de toneladas al año, lo que representa cerca del 30 % del total del consumo a nivel mundial, sin embargo, a nivel global el comportamiento del consumo ha sido distinto en los últimos años según la región analizada, ya que China, Argelia, Afganistán y Nigeria han experimentado incrementos del consumo de este tipo de carne, mientras que en el otro extremo se encuentran las regiones con tendencia decreciente de la demanda, como son Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

2.3.2 Panorama ovino nacional

En México en el año 2021 se produjeron 65,848 toneladas de carne ovina, de las cuales el 70% de la producción es generada por 10 Estados. Encabezando el Estado de México con el 13.9%; Hidalgo 10.2%; Veracruz 8.8%; Jalisco 7.5%; Puebla 6.8%; Zacatecas 6.6%; San Luis Potosí 4.6%; Tlaxcala 4.4%; Oaxaca 3.7%; y Guanajuato con el 3.6%, (cuadro 1) (Comecarne, 2022).

Cuadro 1. Principales estados productores

No.	Estado	Cantidad (Toneladas)
1°	Edo. México	9,183
2°	Hidalgo	6,685
3°	Veracruz	5,784
4°	Jalisco	4,908
5°	Puebla	4,453
6°	Zacatecas	4,374
7°	San Luis Potosí	3,020
8°	Tlaxcala	2,901
9°	Oaxaca	2,457
10°	Guanajuato	2,358
Top 10		46,123
Nacional		65,848

(Comecarne, 2022)

2.3.3 Panorama ovino municipal y estatal

La producción de ganado de ovino en el Estado de Sinaloa en el periodo de 2017 disminuyó 7.6 % con respecto al año 2016, contando con una producción de 2,568 toneladas en 2017, de las cuales 227 toneladas pertenecen al municipio de Culiacán. Referente a la carne en canal, bajó 6 % al año anterior produciendo 1,346 toneladas de las cuales 117 pertenecen al municipio de Culiacán (CODESIN, 2018). Sin embargo, de acuerdo a la información proporcionada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) durante el año 2022, la producción pecuaria en Sinaloa obtuvo un valor de 17,204 millones de pesos (MDP), 1,318 MDP más con respecto al año 2021, lo que significó un aumento de 8.3%; los cuales corresponden a la producción de carne en canal, de la cual la carne de ovino representa el 0.5% del total. En el año 2022, Sinaloa participó con el 1.9% de la producción de carne de ovino en canal, colocándose en el lugar número 18 a nivel nacional (CODESIN, 2022).

2.4. Aditivos en nutrición animal

El concepto de aditivo se refiere a cualquier sustancia que, independientemente de su valor nutricional, se añade intencionadamente a un alimento con fines tecnológicos en cantidades controladas (Ibáñez *et al.*, 2003).

Van Saun, (2014) y Watts y Lawrence, (2020) coinciden que los aditivos alimentarios son compuestos, microorganismos o preparados que se añaden a los alimentos o al agua para que cumplan una o varias de sus funciones. Pueden ser sustancias químicas u organismos. Mejoran el crecimiento y la salud de los animales al aumentar la digestión, absorción y asimilación de nutrientes. Pueden tener un impacto significativo en procesos fisiológicos como la inmunidad, la resistencia al estrés y la reproducción. Los atrayentes para alimentos, los inmunoestimulantes, los prebióticos, los probióticos, los acidificantes, los AE y otras inclusiones pueden clasificarse como aditivos para alimentos, los cuales los ganaderos utilizan ampliamente en todo el mundo con distintos fines, como aportar nutrientes importantes, aumentar la palatabilidad de los alimentos, mejorar el rendimiento del crecimiento y optimizar el uso de los alimentos. Los animales con un fuerte rendimiento de crecimiento requieren un alto nivel de salud, y el uso de productos químicos adecuados es un argumento habitual. Los probióticos, los prebióticos, las enzimas y

las hierbas son algunos de los aditivos para alimento más utilizados. Se ha demostrado que las hierbas y sus extractos (productos botánicos) tienen una amplia gama de actividades, no sólo estimulan la ingesta de alimentos, sino que también estimulan las secreciones endógenas o tienen propiedades antimicrobianas (Pandey *et al.*, 2019).

2.4.1. Clasificación de los aditivos según su origen y función.

Los aditivos se pueden clasificar en: 1) origen: naturales, artificiales y modificados; y 2) función: colorantes, conservadores, antioxidantes, reguladores de pH, espesantes, emulsificantes, gelificantes, estabilizantes, antiglomerantes, secuestrante, potenciadores de sabor, agentes de recubrimiento, edulcorantes, enzimas y almidones modificados (Chávez y Rangel, 2019).

Los aditivos alimentarios utilizados habitualmente en las dietas animales pueden clasificarse en enzimas, probióticos, prebióticos, antioxidantes, antibióticos promotores del crecimiento y compuestos colorantes (Cherian, 2020).

2.5 Ionóforos

Actualmente las engordas de bovinos son de gran importancia en México y en el mundo, es por eso que se han propuesto diferentes alternativas para la productividad de los rumiantes que se explotan en condiciones de estrés calórico, por ejemplo, las dietas adicionadas con ionóforos con alto contenido de fracción fibrosa y reducido contenido de proteína. Los ionóforos son antibióticos de uso en la alimentación de animales (Pordomingo *et al.*, 2022), son compuestos que alteran el metabolismo del rumiante (Sanchez *et al.*, 2007), tiene características de fermentación ruminal, mejorando la EA y GP (Loerch, 1998), son producidos por *Streptomyces spp*, sin embargo, *Nocardiosis*, *Streptovorticillium*, *Npcardia* y *Actinomadura spp* también los producen (Benno *et al.*, 1988). En conjunto con los productos naturales de microorganismos, existen diversos ionóforos modificados químicamente, los cuales se dividen en tres clases principales a su modo de transporte: 1) ionóforos neutros: los cuales no se usan como antibióticos debido a que no tienen un efecto fuerte antimicrobiano; 2) antibiótico poliéster o ionóforo carboxílico: se subdividen en monovalentes o divalentes, dependiendo de su transporte preferencial de cationes mono o divalentes (Westley, 1982); y 3) cuasi-ionóforos en este grupo se encuentran

la mayoría de los ionóforos incorporados en la alimentación animal, estos se caracterizan por ser formadores de canales transmembranales los cuales permiten que los cationes monovalentes fluyan a favor del gradiente por ejemplo la gramicidina (Pressman, 1976).

2.5.1 Monensina sódica

Una herramienta utilizada para la EA en etapa de finalización en rumiantes es el antibiótico monensina, el cual se ha utilizado como promotor de crecimiento en corrales de engorda en varios países (México, Canadá, EUA, Brasil, Nueva Zelanda, Argentina, Chile y Sudáfrica, entre otros) (Odongo *et al.*, 2007). Sin embargo los consumidores reclaman cada vez más que los productos cárnicos estén libres de antibióticos debido a que el uso extremo de algunos de ellos, como los antibióticos que son empleados para impulsar el desarrollo en los animales, ha ayudado a que se presente resistencia en algunos microorganismos patógenos, lo que puede poner en peligro la salud humana (Wallace, 2004; Castanon, 2007). La MON es un antibiótico (ionóforo) utilizado en México como aditivo alimenticio en las dietas de finalización, (Carrillo-Herrera *et al.*, 2016). Según estudio de la Federación Europea para la Salud Animal, en 1999 los animales de granja de la Unión Europea consumieron el 35 % del total de antibióticos utilizados, de los cuales un 6 % se utilizaron como aditivos promotores del crecimiento (Carro *et al.*, 2002).

2.5.2 Mecanismo de acción de la monensina

Los ionóforos reducen la degradación de proteína de la comida y pueden reducir la síntesis de proteína microbiana, aumentando la cantidad de proteína de origen alimentario que llega al intestino delgado. El mecanismo mediante el cual la monensina inhibe la degradación de la proteína no está claro. Aunque esa actividad tiene pocas implicaciones para bovinos con dietas altas en grano, los efectos pueden ser significantes para bovinos en crecimiento donde reciben una dieta en base a especies forrajeras (Fuentes, 2006). La monensina son antibióticos que forman un complejo lipofílico con cationes y facilitan su transporte a través de la membrana celular microbiana (Lemos *et al.*, 2016), lo que resulta letal para las bacterias Gram positivas del rumen. De esta forma se produce una selección de microorganismos ruminales

resistentes a la manipulación química esto hace más eficaz la digestión los alimentos que consumen los animales, (Gustavo *et al.*, 2009).

Russell, (1997) menciona que la MON además de facilitar el intercambio hidrogeno (H^+) y sodio (Na^+) a través de las membranas celulares, facilita el intercambio de potasio (K^+) y H^+ y el flujo de iones ocasionando la salida considerable de K^+ , acumula H^+ y disminuye el pH. Una vez que el pH intracelular es invertido, la MON provoca la salida de H^+ y la entrada de Na^+ (figura 1), estos mecanismos gastan energía ATP para expulsar el exceso intracelular de H^+ por lo que la energía disponible para el metabolismo y crecimiento bacteriano se reduce considerablemente. (Russell y Strobel, 1989) por su parte, la lasalocida tiene alta afinidad por K^+ , por lo que la difusión del intercambio K^+ /protón parece ser su efecto principal en la célula.

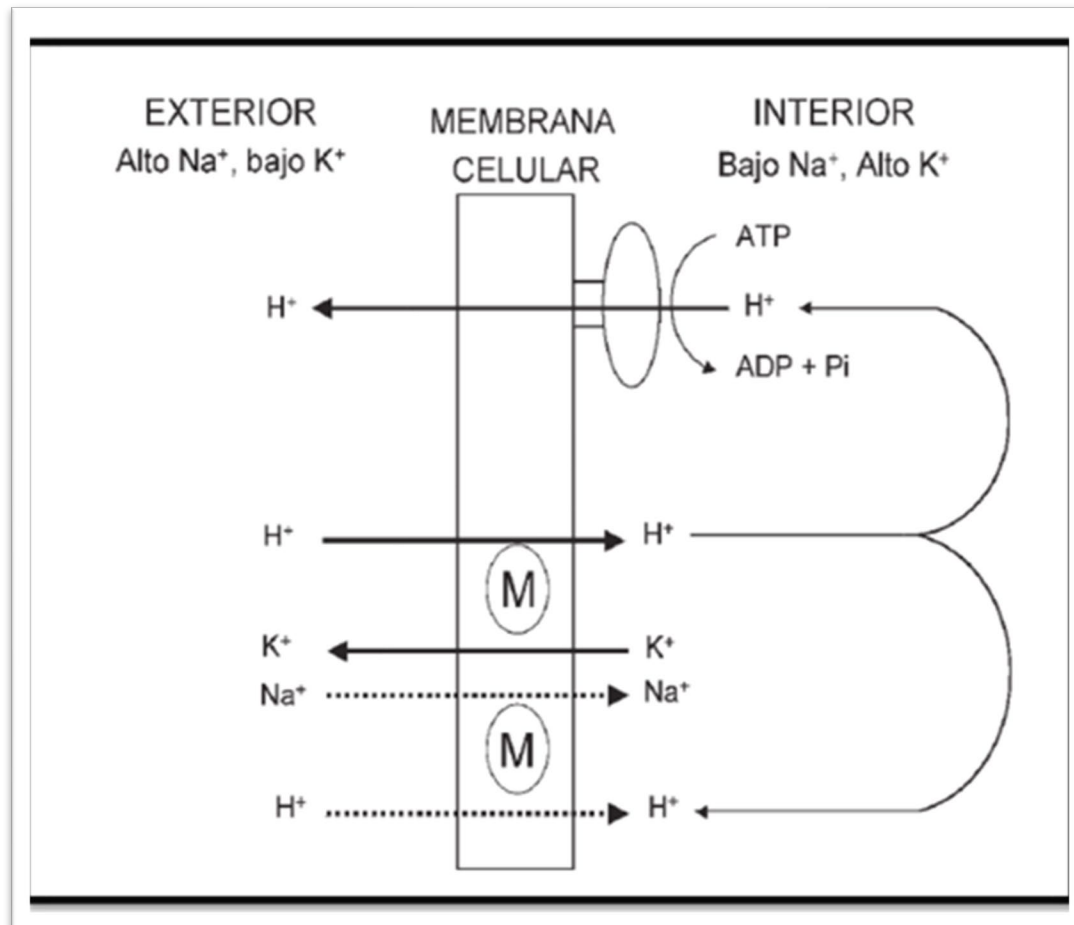


Figura 1. Efecto de la monensina en el flujo de iones en *S. bovis*

(Russell, 1987)

Cuadro 2. Efecto de la adición de monensina en rumiantes

Autores	Especie	Dosis mg/kg/animal	Resultados
Stahringer <i>et al.</i> , (2000)	Bovinos	T1 testigo; T2 MON 200 mg/animal/día	Mejoro la GP durante el periodo invernal e incrementa las mismas durante el periodo estival.
Dos Santos <i>et al.</i> (2010)	Ovinos	T1 testigo; T2 25; T3 50; y T4 75 mg de MON/animal/día	Bajo las condiciones de este experimento, con una pequeña cantidad de animales, no se demostró que la MON sódica causará una reducción en el consumo y alteraciones en la ganancia de PV de ovinos criados en pasto.
Paredes (2020)	Ovinos	T1 testigo; T2 100; T3 200 y T4 300 mg/animal/día de MON	Disminuyó el consumo de MS de forma lineal.
Ezquerria <i>et al.</i> (2022)	Ovinos	T1 0,5 g de MON sódica al 20%; T2 1 g de una fuente de levaduras y T3 0,7 g de una fuente de aceites esenciales	En ninguna de las variables analizadas existieron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y los tratamientos alternativos.
Silva TIS <i>et al.</i> (2023)	Bovinos	T1) MON25: 25% de almidón + monensina; T2) BEO25: 25% de almidón + aceite esencial y α -amilasa; T3) MON35: 35% de almidón + monensina; T4) BEO35: 35% de almidón + aceite esencial y α -amilasa; T5) MON45: 45% de almidón + monensina y T6) BEO45: 45% de almidón + aceite esencial y α -amilasa.	Los animales alimentados con el T4 tuvieron mayor ingesta de materia seca y aumento la GDP, Los T4 y T5 aumentaron el PCC

2.6. Probióticos

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), define a los probióticos como organismos vivos, que cuando se suministran en cantidades adecuadas conceden un bien para la salud del hospedero (FAO/WHO, 2001).

Cabe destacar que los microorganismos deben juntar ciertas características para poder ser utilizados como probióticos en la nutrición animal. Los cuales no deben ser nocivos para los animales, así mismo deben ser resistentes a factores ambientales y físicos de los procesos de elaboración de alimentos, a saber: calor, desecación, radiación UV. De mantener su viabilidad durante el procesamiento, manejo y almacenamiento (Setlow, 2006; Cutting, 2011), además deben tener la capacidad de subsistir al ambiente del tubo digestivo, así como adherirse a la pared intestinal y colonizar el tubo digestivo del animal.

Entre los productos comerciales que actualmente se utilizan como probióticos en la alimentación animal, se encuentran los 1) autóctonos, que son los que emplean microorganismos forman parte de la flora indígena del tracto gastrointestinal de los rumiantes, así como las bacterias pertenecientes a los géneros *Bifidobacterium* y *Lactobacillus.*, y 2) alóctonos que utilizan microorganismos que casualmente no están presentes dentro del tubo digestivo de los rumiantes, tal así es el caso de las levaduras (Bajagai *et al.*, 2016).

La microbiota ruminal es responsable de proveer aproximadamente el 70 % de los requerimientos que se necesitan diariamente de energía, (Flint y Bayer, 2008; Yeoman y White, 2014). Los microorganismos que integran parte de la microbiota del rumen, colectivamente poseen diversas enzimas que tienen la capacidad de hidrolizar carbohidratos estructurales tales como xilanos, celulosa, pectinas, inulina, mananos, beta glucanos y almidones resistentes (las cuales no son digeribles por los animales) (Hess *et al.*, 2011; Yeoman y White, 2014), y producir ácidos grasos de cadena corta (AGV) tales como acetato, propionato y butirato, los cuales tienen una actuación muy importante dentro de la nutrición y salud animal (Hess *et al.*, 2011; Yeoman y White, 2014).

Bajagai *et al.* (2016), Markowiak y Ślizewska (2018), mencionan que el beneficio de los probióticos en la salud animal se debe principalmente a que estos impulsan al balance microbiano en el tubo digestivo, los mecanismos por los cuales los probióticos pueden lograr este balance son exclusión competitiva, antagonismo bacteriano e inmuno-modulación.

El objetivo de suministrar probióticos es lograr una microbiota intestinal favorable antes de que los microorganismos creadores de enfermedades logren colonizar los intestinos, aunque en el caso de las bacterias productoras de ácido láctico, éste también inhibe la proliferación de varias bacterias potencialmente patógenas en el intestino. Sin embargo, existe controversia sobre los mecanismos de actuación de varios de los probióticos. Sanders *et al.* (2003) mencionan que éstos trabajan fundamentalmente por competencia de exclusión e incluyen la producción de sustancias antimicrobianas, competición por los receptores que permiten la adherencia y colonización de la mucosa intestinal, producción de sustancias antimicrobianas, competición por determinados nutrientes y estimulación de la inmunidad de la mucosa y sistémica del hospedador

Cuadro 3.- Mecanismo de acción de los probióticos

Modo de acción de los probióticos		
Efectos	Mecanismos	Referencias
Acción hipocolesterolémica	<p>Generación o producción de ácidos grasos de la cadena corta que inhiben la enzima HMG-CoA-reductasa.</p> <p>Inhibición de la absorción de micelas de colesterol.</p> <p>Aumento de sales biliares desconjugadas.</p>	Bertolami <i>et al.</i> (1999), Taranto <i>et al.</i> (2000) y Kiebling <i>et al.</i> (2002)
Supresión de microorganismos patógenos	<p>Producción de sustancias antimicrobianas: ácidos orgánicos, H₂O₂, bacteriocinas.</p> <p>Competencia por nutrientes.</p> <p>Competencia por los sitios de adhesión.</p>	Fons <i>et al.</i> (2000), Camargo (2002) y Sánchez (2002)
Alteración del metabolismo microbiano y del hospedero	<p>Estimulación o producción de enzimas que intervienen en la digestión.</p> <p>Reducen la producción de sustancias tóxicas.</p> <p>Sintetizan vitaminas y otros nutrientes deficientes en la dieta.</p>	Goldin (1998), Nomoto (2000) y Brizuela <i>et al.</i> (2002)
Estimulación de la respuesta inmune del hospedero	<p>Activación de macrófagos.</p> <p>Estimulación de células inmunes o competentes.</p> <p>Generan altos niveles de inmunoglobulina.</p>	Roberfroid (2000) Amigo (2002)
García-Curbelo (2005)		

2.6.1. Mecanismo de acción de los probióticos

Los probióticos inhiben el crecimiento de patógenos no generando resistencias a antibióticos, esto mediante mecanismos de interrupción del *quorum sensing* y síntesis de bacteriocinas, ácido láctido, etc., lo que promueve la flora beneficiosa desempeñando un papel importante en la estructura y desarrollo del epitelio intestinal influyendo positivamente en la modulación de la respuesta inmunitaria (Figura 2) (AviNews, 2015).

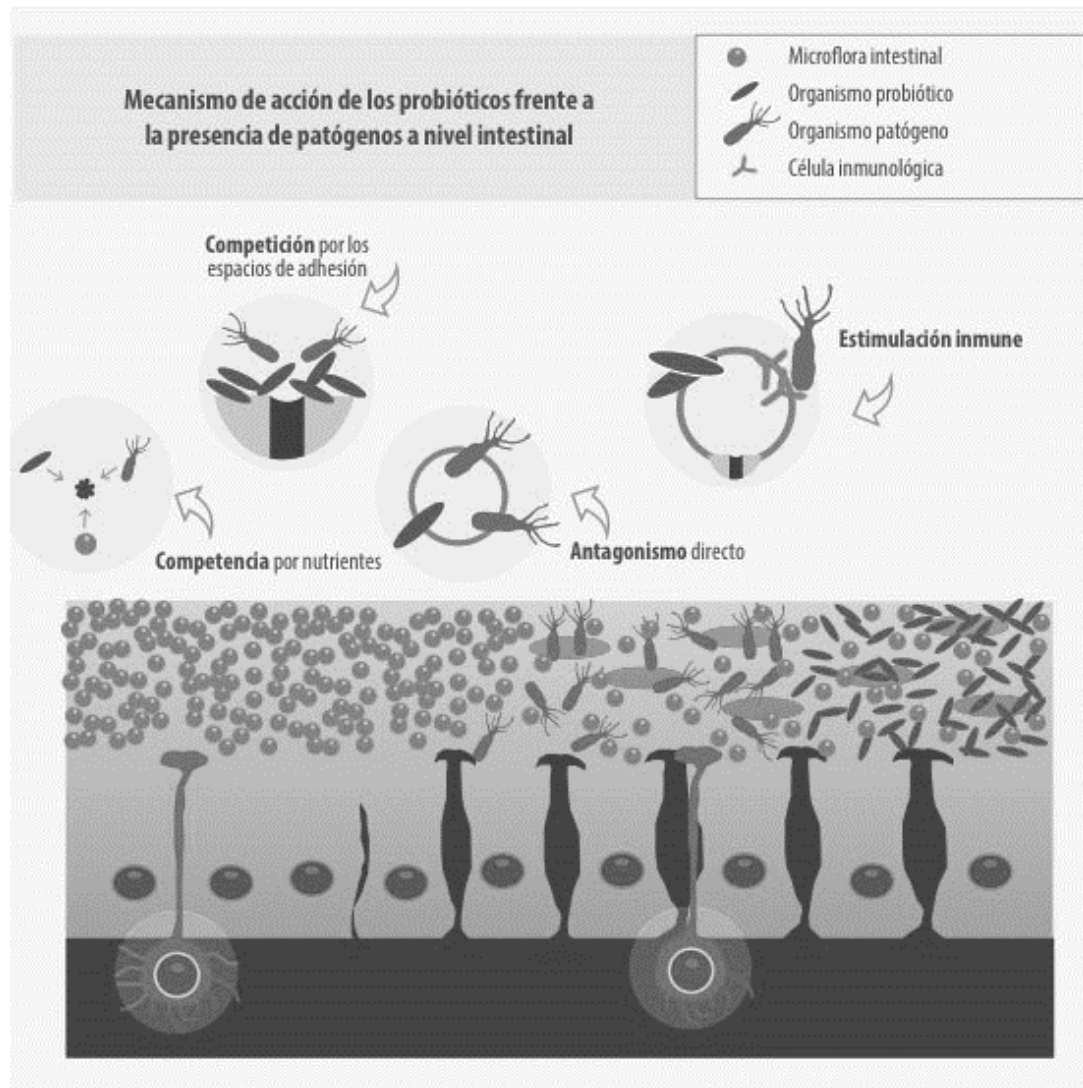


Figura 2. Mecanismo de acción de los probióticos frente a la presencia de patógenos a nivel intestinal, (AviNews, 2015).

2.6.2. Probióticos en producción de rumiantes

Bazay, (2010) y Gutiérrez, (2016) aluden que el empleo de probióticos en la industria pecuaria ha conquistado un amplio terreno en los últimos años, estudios realizados indican que adherir probióticos en la dieta animal da un óptimo resultado en los parámetros productivos en la producción de rumiantes destinados a solventar la alta demanda que se presenta en proteína de origen animal (cuadro 4), perfilándose como una adecuada opción para el productor optimizando indicadores económicos y productivos, puesto que entra a competir con el empleo excesivo de antibióticos, lo cual está afectando el rendimiento productivo animal.

Cuadro 4. Efectos de la suplementación de probióticos en rumiantes

Autor	Tratamientos	Especie	Resultados
Caja <i>et al.</i> 2003	T1) testigo; T2) 10 g/ animal/día de probióticos	Bovinos	El T2) obtuvo una GDP de 1.287 Kg con una CA de 7.34, en comparación T1) que obtuvo una GDP de 1.110 Kg. CA de 8.38, indicando que la suplementación de probióticos mejora la CA.
Estrada-Angulo <i>et al.</i> (2021)	T1) testigo; T2) 3 g de probióticos; T3) 3 g de prebióticos; T4) 1.5 g de probióticos y 1,5 g de prebióticos	Ovinos	La suplementación con probióticos y prebióticos, por sí solos, mejoró la EA en un 5.6% y 6.9% y la EN en un 4.6% y 5.9%, respectivamente, la combinación de probióticos y prebióticos mejoró GDP (10%), EA (9.5%) y ENg (7.2%).
Escobedo-Gallegos <i>et al.</i> (2023)	T1) testigo, T2) 28 mg de MON/kg, T3) 150 mg de AE más 0.12 mg de vitamina D3 (AE + D3) / kg de dieta y T4) 300 mg de AE más 2 g de probióticos (AE + PROB)	Ovinos	La combinación de AE con PROB aumento el consumo de MS, pero no la EA, mientras que la combinación de AE con vitamina D3 aumento la ENm y mejoró algunas características de la canal de los ovinos.

2.7 Aceites esenciales (AE)

Los AE son líquidos aromáticos que se obtienen de distintas partes de las plantas (Viciano-Tudela *et al.*, 2023). Bakkali *et al.* (2008), define a los AE como mezclas naturales, volátiles y complejas de compuestos, se componen de metabolitos secundarios generados por las plantas, obtenidos a partir de flores, raíces, cortezas, hojas, semillas, cáscaras, frutos, madera o la planta entera (Greathead, 2003), se obtienen por medio de destilación al vapor, por procedimientos mecánicos a partir del epicarpio de los cítricos o por destilación seca, previa separación de la fase acuosa del epicarpio de los cítricos, o por destilación seca, previa separación de la fase acuosa mediante procesos físicos (Hyldgaard *et al.*, 2012).

2.7.1 Uso de aceites esenciales en la alimentación de rumiantes

Para que el uso de AE en la alimentación de los animales tenga efectos efectivos, es necesario conocer sus mecanismos de acción y la dosis a la cual optimizan la productividad de los animales (Greathead, 2003; FDA, 2004). Entre las ventajas que tiene el uso de AE en la alimentación animal se encuentran sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiparasitarias, antiinflamatorias, antimicóticas y antidiarreicas (Hoffman y Evans 1911).

También se han usado para eliminar o reducir algunas enfermedades, lo que ha demostrado que los AE pueden ayudar a solucionar problemas que se presentan en los sistemas de producción animal (Martínez *et a.*, 2015). Tienen propiedades capaces de modificar la fermentación ruminal, lo que hace más aprovechables los nutrientes de los alimentos, (Moreno *et al.*, 2009; Giannenas *et al.*, 2011; Tager y Krause, 2011). Ayudando a mejorar la eficiencia de producción de carne en rumiantes, logrando mayor GDP (12.08%) y mejor CA (Bahramkhani-Zaringoli *et al.*, 2022). Los AE se clasifican según su origen y grupo químico (cuadro 5) (Martínez, 2001).

Cuadro 5. Clasificación de los aceites esenciales

Origen	Grupos químicos	Consistencia	Plantas
Naturales	Monoterpenos	Fluidas: líquidos volátiles a temperatura ambiente.	Hierbabuena, albahaca, savila.
Artificiales	Sesquiterpenos	Bálsamos: espesos, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización	Copaiba, pino, junípero.
Sintéticos	Fenilpropanos	Oleorresinas: aroma de las plantas en forma concentrada y son líquidos, semisólidas, muy viscosos	Clavo, canela y anís

(Martínez, 2001)

2.7.2 Mecanismo de acción de los aceites esenciales

Los efectos de los AE, dependen de eliminar los radicales libres, la inhibición de la peroxidación de los lípidos de membrana, la estimulación de las enzimas y las más importantes son su capacidad antiséptica y antimicrobiana (Gutiérrez *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003).

Torres *et al.* (2020), mencionan que el efecto de los AE en rumiantes ha dado resultados muy variables las cuales se atribuyen al clima entre otras cosas, la especie, dosis, mezcla, de compuestos, métodos de extracción y periodo de administración, por lo que es difícil describir del todo su mecanismo de acción. Sin embargo, Calsamiglia *et al.* (2007), reportan que su mecanismo de acción sobre bacterias gram positivas se da cuando los AE entran en contacto con la membrana plasmática externa, esta se vuelve permeable, rompiendo la membrana lipídica que tiene la membrana, promoviendo la salida de iones de potasio (K) al exterior de la célula, permitiendo la salida de hidrógeno y otros micro elementos esenciales para la célula, (Faleiro, 2011). Existe un sistema llamado *quorum sensing*, el cual consiste en que los microorganismos bacterianos se comunican individualmente, segregando pequeñas moléculas señalizadoras que permiten que toda la colonia actúe como un grupo, a través de la expresión de genes, esto es posibles solo cuando el número de bacterias dentro de una población es suficiente. Es importante encontrar principios activos que puedan

inhibir este sistema de comunicación. Existen aceites esenciales como orégano (*Origanum vulgare*) (Janacua-Vidales *et al.*, 2018), laurel (*Laurus nobilis L.*), clavo (*Syzygium aromathicum*), tomillo (*Thymus algeriensis Boiss*); cítricos como naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), toronja (*Citrus grandis L.*); otros como ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa L.*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), pimienta (*Piper nigrum*) (Martínez *et al.*, 2015), que interfieren en el sistema ya mencionado. Es por eso que Griffin *et al.* (1998), y Sikkema *et al.* (1994), reportan que la actividad antimicrobiana de los AE es debido al carácter hidrofóbico, lipofílico de los monotorpenos (isopreno) y fenólicos, estos actúan rompiendo lípidos de la membrana favoreciendo el paso de los electrones. La pérdida extensa de estas partículas conduce a la muerte de los microorganismos. Las moléculas de monotorpenos se acumulan en la bicapa lipídica, facilitando una interacción directa de estos compuestos lipofílico con las partes hidrofóbicas de las proteínas, causando cambios morfológicos en la estructura de la membrana, y como resultado fluidificación y expansión. La pérdida en la estabilidad de la membrana da como consecuencia fugas o pérdidas de iones, lo que origina un decreciente gradiente iónico transmembranal, sin embargo, la bacteria puede contrarrestar estos efectos, el costo energético es alto y ocasiona al final un crecimiento lento o su muerte (Cox *et al.*, 2001). (Figura 3)

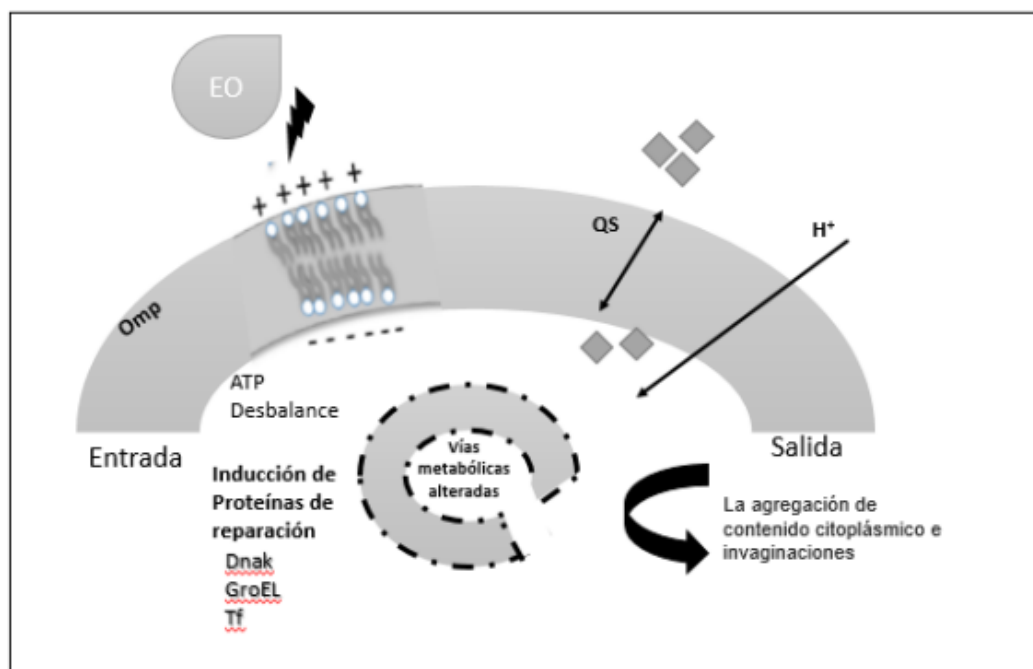


Figura 3. Mecanismo de acción de los aceites esenciales (Faleiro, 2011).

Cuadro 6. Efectos de la adición de aceites esenciales en rumiantes

Autor	Tratamientos	Especie	Resultados
Wang <i>et al.</i> (2020)	T1) testigo, T2) 33 mg/kg de monensina y 11 mg/kg de Tilosina T3) 1 g/animal/d de AE, T4) 0.5 % de Ácido benzoico, T5) 1 g/animal/d de AE y 0.5 % Ácido benzoico	Bovino	Disminuyo 0.8% MS T3 vs T1, en las demás variables analizadas no existieron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y los tratamientos alternativos.
Estrada-Angulo <i>et al.</i> (2021)	T1) testigo, T2) 150 mg de AE, T3) 150 mg de AE más 560 mg de alfa-amilasa y T4) 25 mg de virginiamicina	Ovinos	El T4 vs T1 mejoro 5.7%, la EA y la energía neta dietética observada, el T3 vs T1 aumento la ingesta de MS 6.8%, mejorando el aumento de PF y la EA 10.4 y 4.4%, respectivamente.
Escobedo-Gallegos <i>et al.</i> (2023)	T1) testigo, T2) 28 mg de MON/kg, T3) 150 mg de AE más 0.12 mg de vitamina D3 (AE + D3) / kg de dieta y T4) 300 mg de AE más 2 g de probióticos (AE + PROB)	Ovinos	La combinación de AE con PROB aumento el consumo de MS, pero no la EA, mientras que la combinación de AE con vitamina D3 aumento la ENm y mejoró algunas características de la canal de los ovinos.

Hart *et al.* (2008), concluyen que los efectos positivos de la inclusión de los AE en la digestibilidad del alimento se dá por dos razones; reduce la degradación de almidones como consecuencia a la inhibición de microorganismos amilolíticos, lo que favorece el flujo de estos dos nutrientes al intestino, sin embargo, Beauchemin *et al.* (2009); Yang *et al.* (2010), mencionan que altas dosis de AE decrecen la digestibilidad de materia seca, esto se atribuye a la disminución de la digestibilidad de fibra a nivel ruminal.

III. CONCLUSIÓN

La suplementación de aceites esenciales y probióticos pueden ser una alternativa viable en dietas en fase de finalización altas en energía en ovinos de engorda, ya que estudios previos concluyen que mejora tanto la eficiencia alimenticia como la eficiencia aparente de la utilización de energía

**CAPÍTULO 2: EFECTO DE LA COMBINACIÓN DEL IONÓFORO
MONENSINA CON ANTIMICROBIANOS NATURALES
SUPLEMENTADOS EN LA FASE DE FINALIZACION DE OVINOS:
RENDIMIENTO DE CRECIMIENTO, ENERGÉTICA DE LA DIETA, Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL**

Comunicado Breve

Short Communication

**Effect of Combining the Ionophore Monensin with Natural Antimicrobials
Supplemented in the Last Phase of Finishing of Lambs: Growth Performance,
Dietary Energetics, and Carcass Characteristics**

Alfredo Estrada-Angulo¹, Lucía de G. Escobedo-Gallegos¹, Yesica J. Arteaga-Wences¹, Jorge L. Ramos-Méndez¹, Jesús A. Quezada-Rubio¹, Claudia A. Vizcarra-Chávez¹, Yissel S. Valdés-García², Alberto Barreras², Richard A. Zinn³ and Alejandro Plascencia^{1,*}

¹Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Autonomous University of Sinaloa, Culiacan 80260, Mexico; alfred_vet@hotmail.com (A.E.-A.); lucia.escobedo@uabc.edu.mx (L.d.G.E.-G.); arteaga.yesi.92@hotmail.com (Y.J.A.-W.); ramos.jorge.92@outlook.com (J.L.R.-M.); jesus.quezada.fmvz18@uas.edu.mx (J.A.Q.-R.); claudia.vizcarra2208@gmail.com (C.A.V.-C.)

² Veterinary Science Research Institute, Autonomous University of Baja California, Mexicali 21100, Mexico; yissel.valdes@uabc.edu.mx (Y.S.V.-G.); beto_barreras@yahoo.com (A.B.)

³ Animal Science Department, University of California, Davis, CA 95616, USA; razinn@ucdavis.edu

*Correspondence: aplas_99@yahoo.com or alejandro.plascencia@uabc.edu.mx; Tel.: +52-686-1889449

Simple Summary: The ionophore monensin (MON) is an antibiotic widely used in several countries to increase feed efficiency and the health of feedlot cattle. Due to the fact that consumers increasingly claim meat products are free of antibiotics, it is necessary to search for alternatives to reduce, or even avoid, the antibiotics used as growth promoters in feedlots. Research into the evaluation of the effects of combining MON with natural feed additives on productivity is a step towards identifying ways to reduce, or even replace the use of MON in feedlots. This study reveals that lambs showed better efficiencies when MON is combined with probiotics but not when MON is combined with essential oils; moreover, probiotics supplemented alone can fully replace MON without detriment to efficiency or carcass characteristics.

Abstract: With the aim of evaluating the effect of combining an antibiotic ionophore with plant extracts and probiotics on the productive efficiency (performance and carcass) during the last phase of lamb fattening, 24 Pelibuey × Katahdin male lambs (38.47 ± 3.92 kg, initial weight) were fed with a high-energy diet during for 56 days, and assigned, under a complete randomized block design experiment to one of the following supplement treatments: (1) 28 mg of monensin/kg diet DM supplemented alone (MON), (2) combination of MON plus 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU/kg diet DM (MON + BS), (3) combination of MON + BS plus 300 mg essential oils/kg diet DM (MON + BS + EO), and (4) BS alone. At the end of the feeding trial (56-d), lambs were slaughtered and carcass variables were measured. Compared to the rest of the treatments, combining MON with BS improved dietary NE by 3.4% and the efficiency of utilization of dietary energy consumed. Inclusion of EO in the MON + BS combination resulted in a similar average daily weight gain (ADG) and feed efficiency (GF) when compared with MON + BS, but showed a lower dietary net energy (NE), hot carcass weight, and dressing percentage. Lambs receiving BS alone showed greater average ADG and dry matter intake (DMI) than lambs receiving MON + BS + EO, but similar feed GF and dietary NE. There were no treatment effects on tissue composition, whole cut, or visceral organ mass. It was concluded that combining probiotics with the ionophore monensin can improve the efficiency of dietary energy utilization in the last phase of finishing. Probiotics supplemented alone result in greater ADG without a difference in dietary energy efficiency when compared with MON alone.

Inclusion of EO in the MON + BS combination did not show advantages; on the contrary, it reduced carcass weight and dressing percentage. It is necessary to further research the potential complementary effects of combining diverse sources of natural additives with synthetic antibiotics.

Keywords: natural additives; monensin; lambs; growth-performance; energetics; carcass

2. Introduction

Due to the changes in gain composition observed during the finishing phase when lambs are fed high-energy diets, there is less efficiency in the use of dietary energy for growth [1]. In addition, during the finishing phase, feedlot lambs consume diets containing large amounts of soluble carbohydrates. This feeding system represents a high risk for the presence of ruminal subacute acidosis episodes, which can negatively affect feed efficiency at this stage [2]. Improved ruminal fermentation by modulating certain microorganisms that reduce production of specific intermediate organic acids (i.e., lactate), as well as promoting an increase in ruminal propionate by reducing ruminal acetate and enhancing epithelial health and increasing nutrient absorption, is one of the ways to obtain better performance in ruminants that are fed high-energy diets [3]. A widely used tool to prevent this type of disorder and increase efficiency in the final stage of fattening is the antibiotic monensin (MON), which has been used for many years as a growth promoter in feedlots in several countries (i.e., Mexico, Canada, USA, Brazil, New Zealand, Argentina, Chile, and South Africa, among others) where its use is approved [4–6]. However, consumers increasingly claim that meat products are free of antibiotics. This concern has led livestock industries to look for possible alternatives, among which are, natural additives such as probiotics and essential oils [7]. Probiotics and essential oils alter rumen fermentation and promote gastrointestinal (GIT) health; in addition, some antioxidant and immunological effects have been attributed; all these effects aid several beneficial responses primarily on growth rate and/or feed efficiency in lambs [8–11]. Therefore, probiotics and essential oils favor changes in ruminal microorganisms and gastrointestinal health analogous to antibiotics [12]. Nonetheless, although the mechanism of action of probiotics and

essential oils is not fully understood, they appear to act through different routes than antibiotics [13,14]. Thus, a combination of probiotics and essential oils with synthetic antibiotics could have complementary effects. Nevertheless, most of the studies have been directed at evaluating productivity efficiency when using single additives, but few reports are available about the effects of supplementing with this type of combination. Generating this type of information could promote future studies about decreasing doses of antibiotics used as feed additives through combinations with natural additives. Furthermore, the strategy to combine antibiotics with natural additives could start the transition from the use of antibiotics as growth promoters to the use of natural alternatives in the feedlot industry. At present, there is little information available regarding the effects of combining MON with natural additives. For this reason, the objective of this experiment was to evaluate the effect of combining MON with probiotics, and with probiotics plus essential oils, on growth performance, dietary energetics, carcass characteristics, and visceral mass in lambs finished with high-energy diets. In addition, we include a comparison between MON and a probiotic (*Bacillus subtilis*) when both are supplemented alone.

2.1. Materials and Methods

The experiment was conducted at the Universidad Autónoma de Sinaloa Feedlot Lamb Research Unit, located in Culiacán City, México (24°46'01.300 N and 107°21'01.400 W). Culiacán City is about 55 m above sea level and has a tropical climate. During the course of the experiment, the ambient air temperature averaged 22.6 °C (minimum and maximum of 19.4 °C and 25.7 °C, respectively), and relative humidity averaged 54.0% (minimum and maximum of 53.8% and 66.3%, respectively). All animal management procedures were conducted within the guidelines of federally and locally-approved techniques for animal use and care [15] and approved by the Ethics Committee of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics from the Autonomous University of Sinaloa (Protocol #09162022).

2.1.1 Animals, Experimental Design, and Diets

Thirty Pelibuey × Katahdin crossbred intact male lambs were received at the research facility 40 days before the start of the trial. Upon arrival, lambs were treated

for parasites (7.5 mg/kg LW; Closantel Panavet 15%, Panamericana Veterinaria de México City, México), injected with 2 mL vitamin A (500,000 UI, 75,000 IU vitamin D3, and 50 IU vitamin E; SyntADE®, Zoetis México, México City, México), and vaccinated for *Mannheimia haemolytica* (One Shot Ultra, Zoetis México, México City, México). For 3 weeks before the initiation of the experiment, lambs were fed the basal diet used during the experimental period. Following a 2-week evaluation period, lambs were individually weighed before the morning meal (electronic scale; TORREY TIL/S: 107 2691, TOR REY Electronics Inc., Houston, TX, USA). From the original group of 30 lambs, 24 lambs (38.47 ± 3.92 kg, initial weight, BW) were selected, based on the uniformity of weight and general condition, for use in the experiment and were assigned to one of four weight groupings (blocks) in 24 pens (one lambs/pen and 6 replicas per treatment). Pens have 6 m² with overhead shade, automatic waterers, and 1 m fence-line feed bunks. A cracked corn-based total mixed ration was used as a basal diet (white corn cracked for a final density of approximately 0.52 kg/L) in which ground sudangrass hay was used as a forage source. Sudangrass hay was grounded in a hammer mill (Azteca 20, Molinos Azteca, Guadalajara, México) with a 3.81-cm screen before incorporation into the total mixed ration. The ingredients and chemical composition of the basal diet are shown in Table 1. Treatments consisted of a basal diet supplemented with: (1) 28 mg of monensin/kg diet DM (MON), (2) a combination of MON plus 2 g/kg diet of a product containing *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU kg diet DM (MON + BS), (3) a combination of MON + BS plus 300 mg essential oils/kg diet DM (MON + BS +EO), and (4) 2 g/kg diet of a product containing *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU kg diet (BS). The source of ionophore monensin used was Rumensin 90 (Elanco Animal Health, Indianapolis, IN, USA). The source essential oils used were PrintArome (NOREL Nutrición Animal, Querétaro, México), a blend of thymol, carvacrol, and cinnamaldehyde. Finally, the source of *Bacillus subtilis* was CLOSTAT dry (Kemin Industries, Des Moines, IA, USA), which contained 2.2×10^8 CFU of *Bacillus subtilis*. The doses used for Rumensin, PrintArome, and CLOSTAT followed the recommendations expressed in the Fact Sheet for each additive. The treatments (complete mixed diets) were prepared using a 2.5 m³ capacity paddle mixer (model 30910-7, Coyoacán, México). To avoid contamination between treatments, the mixer

was thoroughly cleaned between each elaborate batch. To ensure additive consumption, the total daily dosage per lamb was mixed into 300 g of basal diet provided in the morning feeding (all lambs were fed the basal control diet in the afternoon feeding).

Table 1. Composition of dietary treatments offered to the lambs.

Item	MON	Treatments §		
		MON + BS	MON + BS + EO	BS
Ingredient composition, % DM basis				
Dry-rolled corn	55.00	55.00	55.00	55.00
Sudangrass hay	10.50	10.50	10.50	10.50
Soybean meal	15.00	15.00	15.00	15.00
Monensin	+++	+++	+++	0.00
<i>Bacillus subtilis</i>	0.00	+++	+++	+++
Essential oils	0.00	0.00	+++	0.00
Molasses cane	10.00	10.00	10.00	10.00
Zeolite	2.50	2.50	2.50	2.50
Yellow grease	4.00	4.00	4.00	4.00
Mineral-protein supplement *	2.50	2.50	2.50	2.50
Chemical composition (%DM basis) ‡				
Dry matter	88.82	88.68	88.70	88.77
Neutral detergent fiber	15.05	15.05	15.05	15.05
Crude protein	15.43	15.43	15.46	15.43
Ether extract	6.60	6.60	6.60	6.60
Calculated net energy (Mcal/kg) †				
Maintenance	2.03	2.03	2.03	2.03
Gain	1.39	1.39	1.39	1.39

The symbols “+++” denote additive inclusion; § MON = Monensin 28 mg/kg diet DM (Rumensin 90®, Elanco Animal Health, Indianapolis, IN, USA); MON + BS = combination of MON plus 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA); MON + BS+ EO = combination of MON + BS plus 300 mg essential oils (PrintArome, NOREL Nutrición Animal, Queretaro, Mexico); BS = 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA). * Mineral premix contained: CP, 53.0%; calcium, 13.6%; phosphorus, 0.40%; magnesium, 1.0%; potassium, 0.71%; NaCl, 15%, CoSO₄, 0.01%; CuSO₄, 0.14%; FeSO₄, 0.47%; ZnO, 0.16%; MnSO₄, 0.14%; KI, 0.008%. ‡ Based on tabular values for individual feed ingredients [16], with the exception of CP and NDF, which were determined in our laboratory. † Based on tabular energy values for individual feed ingredients informed by the NRC [16].

2.2. Measurements and Samplings

Lambs were provided fresh feed twice daily, at 08:00 and 14:00 h. Whereas the amount of feed provided in the morning feeding was constant, the feed offered in the afternoon feeding was adjusted daily, allowing for a feed residual of approximately 50 g/kg per day. The residual feed of each pen was collected between 07:40 and 07:50 h each morning, composited through the experiment, and weighed at the end of the experiment to determine the feed intake. The adjustments to either increase or decrease daily feed delivery were provided in the afternoon feeding. Lambs were weighed just prior to the morning feeding on day 1 and at the conclusion of the experiment. Live weights (LW) on day 1 was converted to shrunk body weight (SBW) by multiplying LW by 0.96 to adjust for the gastrointestinal fill [17]. All lambs were fasted (for feed but not for drinking water) for 18 h before recording the final LW. Feed samples were collected for each elaborate batch.

Feed refusal was collected daily and composited weekly for DM analysis (oven drying at 105 °C until no further weight loss; method 930.15) [18].

2.3. Chemical Analysis

Feed samples were subjected to the following analyses: DM (oven drying at 105 °C until no further weight loss; method 930.15) and CP ($N \times 6.25$, method 984.13) according to AOAC [18]. Neutral detergent fiber (NDF) was determined following procedures described by Van Soest *et al.* (corrected for NDF-ash, incorporating heat-stable α -amylase using Ankom Technology, Macedon, NY, USA) [19]

2.4. Calculations

Estimates of ADG and dietary net energy are based on initial SBW and final (d 56) fasted SBW. The average daily gain was computed by subtracting the initial SBW from the final SBW and dividing the result by the number of days on feed. Feed efficiency was computed as ADG/daily DMI. One approach for evaluating the efficiency of dietary energy utilization in growth-performance trials is the ratio of observed-to-expected DMI and observed-to-expected dietary NE. Based on estimated diet NE concentrations and measures of growth performance, there is an expected energy intake. This estimation of expected DMI is performed based on the observed ADG,

average SBW, and NE values of the diet (Table 1). The expected DMI, kg/d = (EM/2.03) + (EG/1.39), where EM (energy required for maintenance, Mcal/d) = 0.056 × SBW^{0.75}, EG (energy gain, Mcal/d) = 0.276 × ADG × SBW^{0.75}, and 2.03 and 1.39 are the NEm and NEg values contained in the basal diet; those values were calculated based on the ingredient composition [16] in the basal diet (Table 1). The coefficient (0.276) was taken from NRC [20], assuming a mature weight of 113 kg for Pelibuey × Katahdin male lambs [21]. The observed dietary net energy for maintenance was calculated using EM and EG values and the DMI observed during the experiment by means of the quadratic formula:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c}$$

Where: x = NEm, Mcal/kg, a = -0.41EM, b = 0.877 EM + 0.41 DMI + EG, and c = -0.877 DMI [22]. Dietary NE for gain was derived assuming that NEg = 0.877NEm - 0.41 [22].

2.5. Carcass Characteristics, Whole Cuts, and Tissue Shoulder Composition

All lambs were harvested on the same day. After humanitarian sacrifice, lambs were skinned, and the gastrointestinal organs were separated and weighed. After carcasses (with kidneys and internal fat included) were chilled in a cooler at -2 to 1 °C for 24 h, the following measurements were obtained: (1) body wall thickness (at a point between the 12th and 13th rib, five inches from the midline of the carcass); (2) fat thickness perpendicular to the m. longissimus thoracis (LM), measured over the center of the ribeye between the 12th and 13th rib; (3) LM surface area, measured using a grid reading of the cross sectional area of the ribeye between the 12th and 13th rib; and (4) kidney, pelvic, and heart fat (KPH). The KPH was manually removed from the carcass, weighed, and reported as a percentage of the cold carcass weight [23]. Each carcass was split into two halves. The left side was fabricated into wholesale cuts without trimming, according to the North American Meat Processors Association guidelines [24]. Rack, breast, shoulder, and foreshank were obtained from the foresaddle, and the loins, flank, and leg from the hindsaddle. The weight of each cut

was subsequently recorded. The tissue composition of the shoulder was assessed using physical dissection by the procedure described by Luaces *et al.* [25].

2.6. Visceral Mass Data

Components of the digestive tract (GIT), including the stomach complex (rumen, reticulum, omasum, and abomasum), liver, small intestine (duodenum, jejunum, and ileum), and large intestine (caecum, colon, and rectum), were removed and weighed. The GIT was then washed, drained, and weighed to obtain empty weights. The difference between full and washed digesta-free GIT was subtracted from the final BW to determine empty body weight (EBW). All tissue weights are reported on a fresh tissue basis. Organ mass is expressed as grams of fresh tissue per kilogram of final EBW, where final EBW represents the final full live weight minus the total digestive weight. The stomach complex was calculated as the digesta-free sum of the weights of the rumen, reticulum, omasum, and abomasum.

2.7. Statistical Analysis

All data (gain, gain efficiency, and dietary energetics, DM intake, carcass, and visceral mass) were analyzed as a randomized complete block design, of which the initial weight was the blocking criterion and lamb was considered the experimental unit using the MIXED procedure of SAS software V9.1 [26], where fixed effects were treatment and block, and lamb into treatment as the random component. Dietary treatments were randomly assigned to lambs within blocks, with six replicas per treatment according to the following statistical model: $Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + \epsilon_{ij}$, where, μ is the common experimental effect, B_i represents the initial weight block effect, T_j represents the dietary treatment effect, and ϵ_{ij} represents the residual error. Treatment effects were separated by using orthogonal contrasts. In all cases, the least squares mean and standard error are reported, and contrasts are considered significant when the p value ≤ 0.05 .

3. Results and Discussion

No morbidity or mortality was observed during the experimental period. The effects of treatments on growth performance and dietary energy are shown in Table 2. Based on intake and doses used of each additive, the daily average net intake of

additives (alone and combined) per lamb were 32 mg for MON, 2.4 g for BS, and 341 mg for EO, respectively. Daily intake of MON was within the range of 28 to 42 mg/d, which consistently increased feed efficiency, or dietary net energy, in finishing lambs [27–29]. However, the magnitude of response to MON supplementation can vary from nil to 4% in lambs that have been fed diets containing dietary NE higher than 2.00 Mcal/kg [29–31]. The basis of this is not completely understood, but a high soluble carbohydrates-to-NDF ratio in diet (i.e., >4) and environmental factors (high ambient heat load) could be the main factors that can affect the magnitude of the MON response regarding the improvement in efficiency of utilization of diet energy [32,33]. Because the present experiment was performed under favorable environmental conditions, the proportion of CHOS: NDF in diet could be the factor that explains the low increase (1%) of the observed over-expected dietary NE for lambs receiving MON. Although soluble CHO was not determined in diets, according to the NRC [16], the estimated soluble CHO in diets was 64%, representing a high soluble CHO to NDF ratio of 4.3. All treatments that include MON (alone or combined) showed a lower (11.9%, $p \leq 0.05$) DMI compared to BS supplemented alone. A decrease in DMI caused by MON supplementation is a common response [32], but contrary to our expectations, this effect persisted even when it was combined with BS and with BS+EO. The absence of an effect on DMI from BS when combined with MON is uncertain. Increases in DMI, and in turn in ADG, by the inclusion of probiotics in the diets have been reported in several reports [34,35]. Although the magnitude of response to DMI and ADG can vary by type and dose of probiotic used, associative effects with diet composition, and ambient heat load [36,37].

Lambs receiving the BS alone showed 19.0% ($p = 0.04$) and 14.3% greater ($p = 0.02$) average ADG and dry matter intake (DMI) than lambs receiving MON + BS + EO, but similar ($p \geq 0.15$) feed GF and dietary NE. Similarly, BS supplemented alone showed greater DMI (11%, $p = 0.05$) but similar ($p \geq 0.13$) feed efficiency and dietary energy to MON. The strain of *Bacillus subtilis* has not been thoroughly investigated in lambs. In poultry, BS only increased feed efficiency when it was supplemented under heat-stress conditions [38]. Similarly, milking cows in heat-stress environments that were supplemented with BS showed better milk yield than those that were not

supplemented [39]. Supplementation with a daily dose of 2.56×10^9 viable spores of BS resulted in increases in DMI and milk yield in goats [40]. Although there is no information about the effect of BS supplementation in lambs fed with a high-energy diet, increases in DMI and ADG in lambs supplemented with BS have been reported previously when they were fed a moderate-energy diet [40,41].

According to previous reports [42,43], the combination of MON with BS did not modify DMI or ADG compared to the rest of the treatments. However, as observed in the current study, this combination increased 3.4% the net energy utilization of feed (1.045 vs. 1.009) when offered in a short-term period (45 d) in feedlot cattle [42]. As was previously exposed [44], the estimation of dietary NE based on measures of growth performance provides important insight into potential additive (or other factors) effects on the efficiency of dietary energy utilization. An observed-to-expected dietary NE ratio of 1.00 indicates that performance is consistent with dietary NE values based on tables of feedstuff standards [16] and observed DMI. A ratio that is greater than 1.00 is indicative of greater efficiency in dietary energy utilization. Whereas, a ratio that is lower than 1.00 indicates lower than expected efficiency of energy utilization. Therefore, the combination of MON and BS increased the efficiency of dietary NE utilization compared to the other treatments. As mentioned previously, probiotics favor changes in ruminal microorganisms and gastrointestinal health analogous to antibiotics. An increase in the ability to obtain energy from feeds, improving energy efficiency, is explained by the shift to a ruminal microbiome that is less complex but more specialized to support the host's energy needs [45]. Those authors indicate that increases in ruminal propionate with decreases in ruminal acetate and methane production, as happens when probiotics or ionophores are supplemented, are one of the main explanations for the increased efficiency of diet energy utilization. Another factor that can help improve the efficiency of dietary energy utilization is its anti-oxidative stress properties. It has been demonstrated that supplemental *Bacillus subtilis* decreased cellular oxidative stress in lambs [8]. Furthermore, it is well known that the quantity of metabolizable amino acids that reach the intestine can affect the efficiency of dietary energy utilization in ruminants [46,47]. Several studies have demonstrated that MON decreases ruminal microbial

protein (MP) synthesis, affecting the quantity of MP that flows to the intestine [48–51]. On the other hand, probiotics consistently increased ruminal MP synthesis [34,52–54].

Table 2. Effect of treatments on growth performance of finishing lambs.

Item	Treatments †				SEM	p-Value
	MON	MON + BS	MON+BS+EO	BS		
Days on the test	56	56	56	56		
Pen replicates	6	6	6	6		
Live weight, kg/d						
Initial	38.64	38.53	38.49	37.99	0.499	0.80
Final	50,34 ab	50,95 ab	49,63 a	51.77 b	0.787	0.15
Average daily gain, kg/d	0,208 ab	0,222 ab	0.199 a	0.246 b	0.015	0.13
Dry matter intake, kg/d	1.181 a	1.188 a	1.137 a	1.327 b	0.038	0.04
Gain to feed ratio, kg/kg	0.177	0.186	0.175	0.186	0.005	0.22
Diet net energy, Mcal/kg						
Maintenance	2.055 a	2.120 b	2.060 a	2.043 a	0.011	<0.01
Gain	1.390 a	1.449 b	1.397 a	1.382 a	0.014	<0.01
Observed-to-expected diet NE						
Maintenance	1.011 a	1.045 b	1.015 a	1.001 a	0.005	<0.01
Gain	1.000 a	1.042 b	1.005 a	0.994 a	0.007	<0.01
Observed-to-expected DMI	0.995 a	0.958 b	0.990 a	1.001 a	0.006	<0.01

a,b Means a row with different superscripts differ ($p < 0.05$). † MON = Monensin 28 mg/kg diet DM (Rumensin 90®, Elanco Animal Health, Indianapolis, IN); MON + BS = combination of MON plus 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA); MON + BS + EO = combination of MON + BS plus 300 mg essential oils (PrintArome, NOREL Nutrición Animal, Queretaro, Mexico); BS = 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA).

Thus, improvements in dietary energy in lambs that received MON + BS could be due to the fact that BS promotes greater MP synthesis, which is negatively affected by MON, in such a manner that it is possible that BS has a complementary effect, alleviating in this manner the negative effect of MON in MP, promoting greater quantities of MP reaching the duodenum, and increasing in this way the dietary energy utilization, which indicates greater than expected efficiency of energy utilization.

Including EO in the MON + BS combination did not improve responses or performance when compared with MON alone or the MON + BS combination. In contrast, lambs receiving MON + BS + EO showed a numerically 10.3% ($p = 0.12$) lower ADG than lambs receiving MON + BS treatment. Moreover, compared to MON + BS, the inclusion of EO decreased hot carcass weight and dressing percentage. The negative effects of EO inclusion in the MON + BS combination could be explained by possible antagonism between EO and MON instead of possible antagonism between BS and EO. This can be inferred from the fact that although there is very little information regarding the combination of probiotics with EO in ruminants, a report indicated that the combination of *Lactobacillus acidophilus* plus *S. cerevisiae* with a blend of EO improved daily gain and feed efficiency in calves, showing a synergistic beneficial effect [55].

On the other hand, no information is available with respect to the effects of a specific combination of BS and EO on growth performance in ruminants, but in breeder broilers, the combination improved reproductive performance [56]. Similarly, when 1 g of *Bacillus subtilis* was combined with 300 mg of a blend of essential oils composed of thymol plus carvacrol (additive/kg of diet) and offered to weaned pigs rearing under high ambient heat, supplemented pigs showed an increase in average daily gain [57]. Therefore, it can be supposed that the combination of probiotics with EO did not have an antagonistic effect on the performance of lambs in this experiment. In contrast, the combination of MON with EO in ruminant diets has shown no complementary effects; even more, some results indicate antagonism effects on growth performance and digestibility. At the time of writing this report, there was no information regarding the effects of combination of MON + EO on growth performance and carcasses of feedlot lambs, but information about the topic is available on feedlot cattle and dairy cows. In an earlier report, Benchaar *et al.* [58] concluded that there were no interaction effects with the combination MON + EO (350 mg/day and 2000 mg/day, respectively) on productivity and ruminal fermentation in lactating dairy cows. More recently [59], an experiment was performed to evaluate the effects of supplemental MON (200 mg/day) alone or combined with EO (1500 mg/day) on Angus steers consuming a silage-based diet. Steers that were fed with the MON + EO combination had lower ADG and feed

efficiency than steers that received MON alone. In the same way, a study conducted with yearling Holstein bulls by Wu *et al.* [60] tested supplementation with MON (25 mg/kg diet), EO (mainly composed of carvacrol and thymol, 26 mg/kg diet), or a combination of MON and EO. The diet used was a growing diet based on yellow corn silage. The experiment lasted 310 days. Bulls that were fed with supplemental MON and EO registered greater ADG and feed efficiency (1.19 and 1.22 kg) when compared to the MON + EO combination (1.11 kg/d). Those researchers indicate that antagonism could be caused by the similarity of modes of action on microbes between MON and EO. Potential dual-action modes that occur simultaneously when feeding MON and EO at the same time may result in negative effects that are not present when fed separately [60]. This is in line with the report of Latack *et al.* [61], which involves a growth trial and a digestion trial. Steers were fed a high-energy, steam-flaked corn-based diet. Steers that received the combination of MON + EO showed a lower final weight ADG than MON alone. Moreover, the combination tended ($p = 0.09$) to reduce dietary energy and dietary energy efficiency by 5%. The negative effects on performance due to the combination of MON + EO observed in the growth trial were in agreement with decreases in ruminal digestion of organic matter, neutral detergent fiber, and reduction of MN entering the intestine observed in the digestion trial for the MON + EO treatment. The previous results and the results obtained in the experiment presented here regarding the inclusion of EO in the MON combination confirm that MON plus EO is not an alternative to improving the expected response when additives are supplemented alone.

Treatment effects on carcass and tissue composition characteristics and shoulder tissue composition are shown in Table 3.

The absence of effects on carcass traits and tissue composition of lambs is the most common response to MON [29,62–64] and probiotics [37,65,66] when supplemented alone. However, few studies report effects on hot carcass weight and LM area when lambs are supplemented with MON alone [67,68] or probiotics alone [69,70]. These effects are mainly observed when the rate of gain is markedly higher (i.e., >15%) for supplemented groups. It is well known that the main factor that affects

HCW and LM is final weight, which is directly related to the rate of gain [67,71]. Compared to MON alone and the combination of MON + BS + EO, the combination of MON + BS increased HCW and dressing percentage without effects on the rest of the variables evaluated. Information about the effects of the combination of MON plus probiotic on carcasses is scant. In light of this, an experiment was carried out in which the combination of *S. cerevisiae* (0.22 g/kg diet) in combination with the ionophore lasalocid (15 mg/kg diet) was evaluated in Mutton sheep fed for 47 days with a high-energy diet. In contrast with our results, carcass traits did not differ when compared to supplementation alone with additives [72]. It has been determined by several studies that the magnitude of the effects of ionophores is dose-dependent [73]. Maximal response in finishing feedlot lambs and cattle has been noted with doses around 30 mg lasalocid/kg diet [33,74]. Thus, it appears that the dose used for the ionophore lasalocid in the experiment of Piennar *et al.* [72] was half that recommended for maximal response. In such a way that this could be the reason for the absence of an effect in that experiment.

Table 3. Effect of treatments on carcass characteristics of finishing lambs.

Item	Treatments †				SEM	p-Value
	MON	MON + BS	MON + BS + EO	BS		
Hot carcass weight, kg	28.80 ab	30.41 b	28.61 a	30.21 ab	0.522	0.09
Dressing percentage	57.17a	59.71b	57.64a	58.35 ab	0.616	0.06
Cold carcass weight, kg	28.14a	29.91b	28.13a	29.64 ab	0.542	0.07
LM area, cm ²	17.4	19.02	17.97	17.90	0.951	0.67
Fat thickness, cm §	0.27	0.248	0.300	0.35	0.024	0.81
Kidney, pelvic, and heart fat, %	3.45	3.68	3.00	1.47	0.247	0.29
Carcass yield *	1.462	1.52	1.58	1.474	0.096	0.83
Shoulder composition, %						
Muscle	70.10	69.74	69.65	69.34	0.866	0.09
Fat	13.00	13.97	14.23	14.44	1.079	0.12
Muscle to fat ratio	5.39	4.99	4.89	4.80	0.400	0.12

a,b Means a row with different superscripts differs ($p < 0.05$). † MON = Monensin 28 mg/kg diet DM (Rumensin 90®, Elanco Animal Health, Indianapolis, IN); MON + BS = combination of MON plus 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA); MON + BS + EO = combination of MON + BS plus 300 mg essential oils (PrintArome, NOREL

Nutrición Animal, Queretaro, Mexico); BS = 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2×10^8 CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA). § Fat thickness over the center of the LM between the 12th and 13th ribs. * Carcass yield was estimated as (Fat thickness \times 0.10) + 0.40.

Consistent with previous reports [68,69,73,74], comparing additives either alone or in combination did not affect the whole cut (as % of CCW, Table 4), nor visceral organ mass (as g/kg empty BW, Table 5).

Table 4. Effect of treatments on whole cuts of finishing lambs.

Item	Treatments				SEM	p-Value
	MON	MON + BS	MON + BS + EO	BS		
Whole cuts (as a percentage of CCW)						
Forequarter	46.75	45.69	45.98	45.93	0.387	0.29
Hindquarter	42.37	42.07	43.60	42.69	0.643	0.40
Neck	9.52	9.06	9.90	9.09	0.440	0.51
Shoulder IMPS206	8.84	9.61	8.45	8.97	0.542	0.54
Shoulder IMPS207	17.01	15.90	16.73	16.84	0.464	0.38
Rack IMPS204	7.59	7.53	7.65	7.58	0.191	0.97
Breast IMPS209	5.07	4.58	4.45	4.60	0.254	0.37
Ribs IMPS209A	8.11	7.79	8.00	8.04	0.203	0.71
Loin IMPS231	8.38	8.30	8.57	8.29	0.196	0.74
Flank IMPS232	7.01	6.93	7.11	6.92	0.201	0.90
Leg IMPS233	27.12	26.82	27.48	27.76	0.586	0.69

Table 5. Effect of treatments on the visceral mass of finishing lambs.

Item	Treatments †				SEM	p-Value
	MON	MON + BS	MON + BS + EO	BS		
Empty body weight, % of full weight	91.16	91.91	90.18	90.52	0.530	0.52
Organs, g/kg of empty body weight						
Stomach complex	29.28	29.26	29.03	31.68	1.584	0.61
Intestines	46.11	48.51	43.88	46.39	2.162	0.54
Liver/spleen	14.64	14.42	13.07	13.76	0.878	0.88
Heart/lungs	20.03	20.78	17.69	19.46	1.495	0.51
Kidney	2.79	2.63	2.32	2.61	0.176	0.34
Omental fat	33.95	33.41	32.85	34.70	0.836	0.13
Mesenteric fat	12.87	11.20	12.57	12.65	0.857	0.19
Visceral fat	46.82	44.61	45.42	47.35	0.775	0.75

† MON = Monensin 28 mg/kg diet DM (Rumensin 90®, Elanco Animal Health, Indianapolis, IN); MON + BS = combination of MON plus 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2 × 10⁸ CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA); MON + BS + EO = combination of MON + BS plus 300 mg essential oils (PrintArome, NOREL Nutrición Animal, Queretaro, Mexico); BS = 2 g/kg diet of a product contained *Bacillus subtilis* 2.2 × 10⁸ CFU (CLOSTAT dry, Kemin Industries, Des Moines, IA, USA).

4. Conclusions

Combining probiotics with the ionophore monensin can improve the efficiency of dietary energy utilization in the last phase of finishing. Probiotic supplementation alone results in greater ADG without a difference in dietary energy efficiency when compared with MON alone. Inclusion of EO in the MON + BS combination did not show advantages; on the contrary, it reduced carcass weight and dressing percentage, indicating that combinations of MON and EO can have a potential antagonistic effect. It is necessary to further research the potential complementary effects of combining diverse sources of natural additives with synthetic antibiotics.

Author Contributions: Conceptualization, methodology, supervision, visualization, writing—review and editing: A.P. and A.E.-A.; Conceptualization, writing—review and editing the final version of the manuscript: R.A.Z.; Data curation, statistical analyses: A.B. and Y.S.V.-G.; Investigation, write original draft: L.d.G.E.-G., J.A.Q.-R., C.A.V.-C., Y.J.A.-W. and J.L.R.-M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: All animal management procedures were conducted within the guidelines of federally and locally-approved techniques for animal use and care [15] and approved by the Ethics Committee of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics from the Autonomous University of Sinaloa (Protocol #09162022).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data supporting this study's findings are available from the corresponding author upon reasonable request.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

5. References

1. Ellison, M.J.; Cockrum, R.R.; Means, W.J.; Meyer, A.M.; Ritten, J.; Austin, K.J.; Cammack, K.M. Effects of feed efficiency and diet on performance and carcass characteristics in growing wether lambs. *Small. Rum. Res.* 2022, 2017, 106611.
2. Chako, C.Z.; Step, D.L.; Malayer, J.R.; Krehbiel, C.R.; Desilva, U.; Streeter, R.N. Subacute ruminal acidosis and ruminal lactic acidosis: A review. *Bov. Pract.* 2015, 49, 140–146.
3. Ahmed, M.G.; Al-Sagheer, A.A.; El-Zarkouny, S.Z.; Elwakeel, E.A. Potential of selected plant extracts to control severe subacute ruminal acidosis in vitro as compared with monensin. *BMC Vet. Res.* 2022, 18, 356.
4. Odongo, N.E.; Bagg, R.; Vessie, G.; Dick, P.; Or-Rashid, M.M.; Hook, S.E.; Gray, J.T.; Kebreab, E.; France, J.; McBride, D.W. Long-Term Effects of Feeding Monensin on Methane Production in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 2007, 90, 1781–1788.
5. Samuelson, K.L.; Hubbert, M.E.; Galyean, M.L.; Löest, C.A. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. *J. Anim. Sci.* 2016, 94, 2648–2663.
6. Teixeira, D.A.A.; Cappellozza, B.I.; Fernandes, J.R.; Nascimento, K.S.; Bonfim, L.E.L.M.; Lopes, C.N.; Ehrhardt, J.A.C.; Peres, J.R.; Harris, S.A.; Simas, J.M.C.; *et al.* Effects of monensin source on in vitro rumen fermentation characteristics and performance of *Bos indicus* beef bulls offered a high-concentrate diet. *Transl. Anim. Sci.* 2020, 4, 84–94.
7. Lillehoj, H.; Liu, Y.; Calsamiglia, S.; Fernandez-Miyakawa, M.E.; Chi, F.; Cravens, R.L.; Oh, S.; Gay, C.G. Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. *Vet. Res.* 2018, 49, 76.

8. Mousa, S.; Elsayed, A.; Marghani, B.; Ateya, A. Effects of supplementation of *Bacillus spp.* on blood metabolites, antioxidant status, and gene expression pattern of selective cytokines in growing Barki lambs. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 2019, 6, 333–340.

9. Reddy, A.R.K.; Elghandourb, M.M.M.Y.; Salem, A.Z.M.; Yasaswini, D.; Reddy, P.P.R.; Reddy, A.N.; Hyder, I. Plant secondary metabolites as feed additives in calves for antimicrobial stewardship. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2020, 264, 114469.

10. Zapata, O.; Cervantes, A.; Barreras, A.; Monge-Navarro, F.; González-Vizcarra, V.M.; Estrada-Angulo, A.; Urías-Estrada, J.D.; Corono, L.; Zinn, R.A.; Martínez-Alvarez, I.G.; *et al.* Effects of single or combined supplementation of probiotics and prebiotics on ruminal fermentation, ruminal bacteria and total tract digestion in lambs. *Small Rum. Res.* 2021, 204, 106538.

11. Estrada-Angulo, A.; Mendoza-Cortéz, D.A.; Ramos-Méndez, J.L.; Arteaga-Wences, Y.; Urías-Estrada, J.D.; Castro-Pérez, B.I.; RíosRincón, F.G.; Rodríguez-Gaxiola, M.A.; Barreras, A.; Zinn, R.A.; *et al.* Comparing Blend of Essential Oils Plus 25-Hydroxy-Vit-D3 Versus Monensin Plus Virginiamycin Combination in Finishing Feedlot Cattle: Growth Performance, Dietary Energetics, and Carcass Traits. *Animals* 2022, 12, 1715.

12. Pancini, S.; Cooke, R.F.; Brandão, A.P.; Dias, N.W.; Timlin, C.L.; Fontes, P.L.P.; Sales, A.F.F.; Wicks, J.C.; Murray, A.; Marques, R.S.; *et al.* Supplementing a yeast-derived product to feedlot cattle consuming monensin: Impacts on performance, physiological responses, and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 2020, 232, 103907.

13. Plaza-Diaz, J.; Ruiz-Ojeda, F.J.; Gil-Campos, M.; Gil, A. Mechanisms of Action of Probiotics. *Adv. Nutr.* 2019, 10, S49–S66.

14. Aljaafari, M.N.; AlAli, A.O.; Baqais, L.; Alqubaisy, M.; AlAli, M.; Molouki, A.; Ong-Abdullah, J.; Abushelaibi, A.; Lai, K.-S.; Lim, S.E. An Overview of the Potential Therapeutic Applications of Essential Oils. *Molecules* 2021, 26, 628.

15. Normas Oficiales Mexicanas. Diario Oficial de la Federación. (NOM-051-ZOO-1995, NOM-033-ZOO-1995) Trato Humanitario de Animales de Producción, de Compañía y Animales Silvestres Durante el Proceso de Crianza, Desarrollo de

Experimentos, Movilización y Sacrificio. 1995. Available online: <http://dof.gob.mx/> (accessed on 17 February 2022).

16. National Research Council. Nutrient Requirement of Small Ruminant: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids; National Academy Science (NRC): Washington, DC, USA, 2007.

17. Cannas, A.; Tedeschi, L.O.; Fox, D.G.; Pell, A.N.; Van Soest, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 2004, 82, 149–169.

18. Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis, 17th ed.; Association of Official Analytical Chemists (AOAC): Washington, DC, USA, 2000.

19. Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991, 74, 3583–3597.

20. National Research Council. Nutrient Requirement of Sheep, 6th ed.; National Academy Science (NRC): Washington, DC, USA, 1985.

21. Canton, G.J.; Bores, Q.R.; Baeza, R.J.; Quintal, F.J.; Santos, R.R.; Sandoval, C.C. Growth and feed efficiency of pure and f1 Pelibuey lambs crossbred with specialized breeds for production of meat. *J. Anim. Vet. Adv.* 2009, 8, 26–32.

22. Zinn, R.A.; Barreras, A.; Owens, F.N.; Plascencia, A. Performance by feedlot steers and heifers: ADG, mature weight, DMI and dietary energetics. *J. Anim. Sci.* 2008, 86, 2680–2689.

23. Official United States Standards for Grades of Carcass Lambs. Yearling Mutton and Mutton Carcasses; United States Department of Agriculture (USDA): Washington, DC, USA, 1992.

24. North American Meat Processor Association. Meat Buyers Guide; John Wiley and Sons, Inc. (NAMP): Hoboken, NJ, USA, 2007.

25. Luaces, M.L.; Calvo, C.; Fernández, B.; Fernández, A.; Viana, J.L.; Sánchez, L. Predicting equation for tisular composition in carcass of Gallega breed lambs. *Arch. Zoot.* 2019, 57, 3–14.
26. Statistical Analytical System. Institute Inc. SAS Proprietary Software Release 9.1; SAS Institute Inc. (SAS): Cary, NC, USA, 2008.
27. Reis, L.F.; Sousa, R.S.; Oliveira, F.L.C.; Rodrigues, F.A.M.L.; Araújo, C.A.S.C.; Meira-Júnior, E.B.S.; Barrêto-Júnior, R.A.; Mori, C.S.; Minervino, A.H.H.; Ortolani, E.L. Comparative assessment of probiotics and monensin in the prophylaxis of acute ruminal lactic acidosis in sheep. *BMC Vet. Res.* 2018, 14, 9.
28. Zhang, Z.-W.; Wang, Y.-L.; Chen, Y.-Y.; Wang, W.-K.; Zhang, L.T.; Luo, H.-L.; Yang, H.-J. Nitroethanol in Comparison with Monensin Exhibits Greater Feed Efficiency Through Inhibiting Rumen Methanogenesis More Efficiently and Persistently in Feedlotting Lambs. *Animals* 2019, 9, 784.
29. Arteaga-Wences, Y.J.; Estrada-Angulo, A.; Gerardo-Ríos, F.G.; Castro-Pérez, D.A.; Mendoza-Cortez, D.A.; Manriquez-Núñez, O.M.; Barreras, A.; Corona-Gochi, L.; Zinn, R.A. The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. *Small Rumin. Res.* 2021, 205, 106557.
30. Salinas-Chavira, J.; Ramírez, R.G.; de Lara-Pedroza, E.L.; González-Suárez, M.; Domínguez-Muñoz, M. Influence of Monensin and Salinomycin on Growth and Carcass Characteristics in Pelibuey Lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 2005, 28, 93–96.
31. Polizel, D.M.; Martins, A.S.; Miszura, A.A.; Ferraz, M.V.C., Jr.; Bertoloni, A.V.; Oliveira, G.B.; Barroso, J.P.R.; Ferreira, E.M.; Pires, A.V. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. *Scientia Agric.* 2020, 78, e20190263.
32. Duffield, T.F.; Merrill, J.K.; Bagg, R.N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *J. Anim. Sci.* 2012, 90, 4583–4592.

33. Barreras, A.; Castro-Pérez, B.I.; López-Soto, M.A.; Torrentera, N.G.; Montaña, M.F.; Estrada-Angulo, A.; Ríos, F.G.; Dávila-Ramos, H.; Plascencia, A.; Zinn, R.A. Influence of ionophore supplementation on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics in finishing cattle during period of heat stress. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2013, 26, 1553–1561.

34. El-Tawab, M.M.A.; Youssef, I.M.I.; Bakr, H.A.; Fthenakis, G.C.; Giadinis, N.D. Role of probiotics in nutrition and health of small ruminants. *Pol. J. Vet. Sci.* 2016, 19, 893–906.

35. Mohamed, M.A.A.; Abdou, S.G.; Hassan, E.H.; Suliman, A.I.A. Effect of probiotics supplementation on productive performance of growing lamb. *Arch. Agric. Sci. J.* 2022, 5, 21–33.

36. Khalid, M.F.; Shahzad, M.A.; Sarwar, M.; Rehman, A.U.; Sharif, M.; Mukhtar, N. Probiotics and lamb performance: A review. *Afr. J. Agric. Res.* 2011, 63, 5198–5203.

37. Estrada-Angulo, A.; Zapata-Ramírez, O.; Castro-Pérez, B.I.; Urías-Estrada, J.D.; Gaxiola-Camacho, S.; Angulo-Montoya, C.; Ríos-Rincón, F.; Barreras, A.; Zinn, R.A.; Leyva-Morales, J.B.; *et al.* The effects of single or combined supplementation of probiotics and prebiotics on growth performance, dietary energetics, carcass traits, and visceral mass in lambs finished under subtropical climate conditions. *Biol. J.* 2021, 10, 1137.

38. Al-Fataftah, A.-R.; Abdelqader, A. Effects of dietary *Bacillus subtilis* on heat-stressed broilers performance, intestinal morphology and microflora composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2014, 198, 279–285.

39. Choonkham, W.; Schonewille, J.T.; Bernard, J.K.; Suriyasathaporn, W. Effects of on-farm supplemental feeding of probiotic *Bacillus subtilis* on milk production in lactating dairy cows under tropical conditions. *J. Anim. Feed Sci.* 2020, 29, 199–205.

40. Kritas, S.K.; Govaris, A.; Christodoulopoulos, G.; Burriel, A.R. Effect of *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* supplementation of ewe's feed on sheep milk production and young lamb mortality. *J. Vet. Med. Series A* 2006, 53, 170–173.

41. Deviatkin, V.; Mishurov, A.; Kolodina, E. Probiotic effect of *Bacillus subtilis* B-2998D, B-3057D, and *Bacillus licheniformis* B-2999D complex on sheep and lambs. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 2021, 8, 146–157.

42. Colombo, E.A.; Cooke, R.F.; Brandão, A.P.; Wiegand, J.B.; Schubach, K.M.; Sowers, C.A.; Duff, G.C.; Block, E.; Gouvêa, V.N. Performance, health, and physiological responses of newly received feedlot cattle supplemented with pre- and probiotic ingredients. *Animal* 2021, 15, 100214.

43. Gubbels, E.R.; Rusche, W.C.; Block, E.; Rehberger, T.; Thomson, J.S.; Smith, Z.K. Evaluation of long-term supplementation of a direct-fed microbial and enzymatically hydrolyzed yeast cell culture product on feedlot growth performance, efficiency of dietary net energy utilization, heat stress measures, and carcass characteristics in beef steers. *Transl. Anim. Sci.* 2023, 7, txad016.

44. Castro-Pérez, B.I.; Núñez-Benítez, V.H.; Estrada-Angulo, A.; Urías-Estrada, J.D.; Gaxiola-Camacho, S.M.; Rodríguez-Gaxiola, M.A.; Angulo-Montoya, C.; Barreras, A.; Zinn, R.A.; Perea-Domínguez, X.P.; *et al.* Evaluation of standardized mixture of synbiotic-glyconutrients supplemented in lambs finished during summer season in tropical environment: Growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics. *Can J. Anim. Sci.* 2022, 102, 155–164.

45. Shabat, S.K.B.; Sasson, G.; Doron-Faigenboim, A.; Durman, T.; Yaacoby, S.; Miller, M.E.B.; White, B.A.; Shterzer, N.; Mizrahi, I. Specific microbiome-dependent mechanisms underlie the energy harvest efficiency of ruminants. *ISME J.* 2016, 10, 2958–2972.

46. May, D.; Calderon, J.F.; Gonzalez, V.M.; Montano, M.; Plascencia, A.; Salinas-Chavira, J.; Torrentera, N.; Zinn, R.A. Influence of ruminal degradable intake protein restriction on characteristics of digestion and growth performance of feedlot cattle during the late finishing phase. *J. Anim. Sci. Technol.* 2014, 56, 14.

47. Lu, Z.; Xu, Z.; Shen, Z.; Tian, Y.; Shen, H. Dietary Energy Level Promotes Rumen Microbial Protein Synthesis by Improving the Energy Productivity of the Ruminal Microbiome. *Front. Microbiol.* 2019, 10, 847.

48. Zinn, R.A.; Plascencia, A.; Barajas, A. Interaction of Forage Level and Monensin in Diets for Feedlot Cattle on growth Performance and Digestive Function. *J. Anim. Sci.* 1994, 72, 2209–2215.

49. Montano, M.; Manriquez, O.M.; Salinas-Chavira, J.; Torrentera, N.; Zinn, R.A. Effects of monensin and virginiamycin supplementation in finishing diets with distiller dried grains plus solubles on growth performance and digestive function of steers. *J. Anim. Appl. Res.* 2015, 43, 417–425.

50. Sánchez-Sandoval, U.A.; Rodela, J.A.; Figueroa-Zamudio, J.J.; Urias, S.; Soto-Navarro, S.A. Effects of monensin supplementation and wheat pasture maturity on forage intake and digestion characteristics of cows grazing winter wheat pasture. *Transl. Anim. Sci.* 2018, 2, S112–S116.

51. Harun, A.Y.; Sali, K. Factors Affecting Rumen Microbial Protein Synthesis: A Review. *Vet. Med.* 2019, 4, 27–35.

52. Broudiscou, L.; Jouany, J.P. Reassessing the manipulation of protein synthesis by rumen microbes. *Reprod. Nutr. Dev.* 1995, 35, 517–535.

53. Hassan, A.; Hany Gado, H.; Uchenna, Y.; Anele, U.Y.; Maria, A.M.; Berasain, M.A.M.; Salem, A.Z.M. Influence of dietary probiotic inclusion on growth performance, nutrient utilization, ruminal fermentation activities and methane production in growing lambs. *Anim. Biotechnol.* 2020, 31, 365–372.

54. Gao, Y.; Wei, W.; Tian, F.; Li, J.; Wang, Y.; Qi, J.; Xue, S. Corn Straw Total Mix Dietary Supplementation of *Bacillus subtilis*-enhanced growth performance of lambs by favorably modulating rumen bacterial microbiome. *Fermentation* 2023, 9, 32.

55. Gading, B.M.W.T.; Agus, A.; Irawan, A.; Panjono, P. Growth performance, hematological and mineral profile of post—weaning calves as influenced by inclusion of pelleted-concentrate supplement containing essential oils and probiotics. *Iranian J. Appl. Anim. Sci.* 2020, 10, 461–468.

56. Liu, X.; Chen, Y.B.; Tang, S.G.; Deng, Y.Y.; Xiao, B.; He, C.Q.; Guo, S.C.; Zhou, X.B.; Qu, X.Y. Dietary encapsulated *Bacillus subtilis* and essential oil

supplementation improves reproductive performance and hormone concentrations of broiler breeders during the late laying period. *Livest. Sci.* 2021, 245, 104422.

57. Tan, B.F.; Lim, T.; Boontiam, W. Effect of dietary supplementation with essential oils and a *Bacillus probiotic* on growth performance, diarrhoea and blood metabolites in weaned pigs. *Anim. Prod. Sci.* 2021, 61, 64–71.

58. Benchaar, C.; Petit, H.V.; Berthiaume, R.; Whyte, T.D.; Chouinard, P.Y. Effects of Addition of Essential Oils and Monensin Premix on Digestion, Ruminal Fermentation, Milk Production, and Milk Composition in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 2006, 89, 4352–4364.

59. Hecker, J.C.; Neumann, M.; Ueno, R.K.; Falbo, M.K.; Galbeiro, S.; de Souza, A.M.; Venancio, B.J.; Santos, L.C.; Askel, E.J. Effect of monensin sodium associative to virginiamycin and/or essential oils on the performance of feedlot finished steers. *Semin. Ciênc. Agrár. Londrina.* 2018, 39, 261–274.

60. Wu, J.; Bai, Y.; Lang, X.; Wang, C.; Shi, X.; Casper, D.P.; Zhang, L.; Liu, H.; Liu, T.; Gong, X.; *et al.* Dietary supplementation with oregano essential oil and monensin in combination is antagonistic to growth performance of yearling Holstein bulls. *J. Dairy Sci.* 2020, 103, 8119–8129.

61. Latack, B.C.; Carvalho, P.H.V.; Zinn, R.A. The interaction of feeding an eubiotic blend of essential oils plus 25-hydroxy-vit-D3 on performance, carcass characteristics, and dietary energetics of calf-fed Holstein steers. *Front. Vet. Sci.* 2022, 9, 1032532.

62. Heydari, K.H.; Dabiri, N.; Fayazi, J.; Roshanfekar, H. Effect of Ionophores Monensin and Lasalocid on Performance and carcass Characteristics in Fattening Arabi Lambs. *Pakistan J. Nutr.* 2008, 7, 81–84.

63. Ding, J.; Zhou, M.; Ren, L.P.; Meng, Q.X. Effect of Monensin and Live Yeast Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Carcass Characteristics and Ruminal Fermentation Parameters in Lambs Fed Steam-flaked Corn-based Diets. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2008, 21, 547–554.

64. Salinas-Chavira, J.; Lara-Juárez, A.; Gil-González, A.; Jiménez-Castro, J.; García-Castillo, R.; Ramírez-Bribiesca, E. Effect of breed type and ionophore supplementation on growth and carcass characteristic in feedlot hair lambs. *Rev. Bras. Zootec.* 2010, 39, 633–637.

65. Kawas, J.R.; Garcia-Castillo, R.; Garza-Cazares, F.; Fimbres-Durazo, H.; Olivares-Saenz, E.; Hernandez-Vidal, G.; Lu, C.D. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Rumin. Res.* 2007, 67, 157–163.

66. Zerby, H.N.; Bard, J.L.; Loerch, S.C.; Kuber, P.S.; Radunz, A.E.; Fluharty, F.L. Effects of diet and *Aspergillus oryzae* extract or *Saccharomyces cerevisiae* on growth and carcass characteristics of lambs and steers fed to meet requirements of natural markets. *J. Anim. Sci.* 2011, 89, 2257–2264.

67. Soares, S.B.; Furusho-Garcia, I.F.; Pereira, I.G.; Alves, D.O.; da Silva, G.R.; de Almeida, A.K.; Lopes, C.M.; Sena, J.A.B. Performance, carcass characteristics and non-carcass components of Texel × Santa Inês lambs fed fat sources and monensin. *Rev. Bras. Zootec.* 2012, 41, 421–431.

68. da Silva, J.A.; Ítavo, C.C.B.F.; Ítavo, L.C.V.; da Graça Morais, M.; da Silva, P.C.G.; Ferelli, K.L.S.M.; de Souza Arco, T.F.F. Dietary addition of crude form or ethanol extract of brown propolis as nutritional additive on behaviour, productive performance and carcass traits of lambs in feedlot. *J. Anim. feed Sci.* 2019, 28, 31–40.

69. Issakowicz, J.; Bueno, M.S.; Sampaio, A.C.K.; Duarte, K.M.R. Effect of concentrate level and live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on Texel lamb performance and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 2013, 155, 44–52.

70. Aronovich, M.; Miranda, Z.B.; Perali, C.; de Andrade, A.N.; Rodriguez, E.; Cabral-Neto, O.; Rosa, C.A.R. Carcass parameters of santa inês/dorper lambs fed with live yeast concentrate. *Open Access J. Sci.* 2018, 2, 150–152.

71. Volpi-Lagreca, G.; Gelid, L.F.; Alende, M.; Bressan, E.R.; Pordomingo, A.B.; Pordomingo, A.J. Effect of placement weight and days on feed on feedlot cattle performance and carcass traits. *Livest. Sci.* 2021, 244, 104392.

72. Pienaar, G.H.; Einkamerer, O.B.; van der Merwe, H.J.; Hugo, A.; Scholtz, G.D.J.; Fair, M.D. The effects of an active live yeast product on the growth performance of finishing lambs. *South Afr. J. Anim. Sci.* 2012, 42 (Suppl. S1), 464–468.

73. Belewu, M.A.; Jimoh, N.O. Blood, carcass and organ measurements as influenced by *Aspergillus niger* treated Cassava waste in the diets of West African dwarf goat. *Glob. J. Agric. Sci.* 2005, 4, 125–128.

74. Delfino, J.; Mathison, G.W.; Smith, M.W. Effect of lasalocid on feedlot performance and energy partitioning in cattle. *J. Anim. Sci.* 1988, 66, 136–150.

CAPITULO 3. CONCLUSIÓN GENERAL

La combinación de monensina con probióticos o AE puede mejorar la eficiencia en la utilización de la energía alimenticia de ovinos en fase de finalización; la suplementación de probióticos (*Bacillus subtilis*) por sí solos representa una alternativa viable al uso de monensina sódica, ya que, demostró una respuesta superior para las variables de GDP y CMS.

CAPITULO 4. LITERATURA CITADA

- Ahmed, M.G.; Al-Sagheer, A.A.; El-Zarkouny, S.Z.; Elwakeel, E.A. (2022). Potential of selected plant extracts to control severe subacute ruminal acidosis in vitro as compared with monensin. *BMC Vet. Res.* 18, 356.
- Aljaafari, M.N.; AlAli, A.O.; Baqais, L.; Alqubaisy, M.; AlAli, M.; Molouki, A.; Ong-Abdullah, J.; Abushelaibi, A.; Lai, K.-S.; Lim, S.E. (2021). An Overview of the Potential Therapeutic Applications of Essential Oils. *Molecules*, 26, 628.
- Amigo, S. (2002). Evaluación de la actividad probiótica sobre algunos indicadores inmunológicos de un producto de exclusión competitiva en pollos de ceba. *Memorias XVII Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura*. Palacio de las Convenciones. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Aronovich, M.; Miranda, Z.B.; Perali, C.; de Andrade, A.N.; Rodriguez, E.; Cabral-Neto, O.; Rosa, C.A.R. (2018). Carcass parameters of santa inês/dorper lambs fed with live yeast concentrate. *Open Access J. Sci.*
- Arteaga-Wences, Y.J.; Estrada-Angulo, A.; Gerardo-Ríos, F.G.; Castro-Pérez, D.A.; Mendoza-Cortez, D.A.; Manriquez-Núñez, O.M.; Barreras, A.; Corona-Gochi, L.; Zinn, R.A. (2021). The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs. monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. *Small Rumin. Res.*
- Bahramkhani-Zaringoli L., Mirzaei-Alamouti H., Aschenbach J. R., Vazirigohar M., Kumar P. A., Jafari-Anarkool I., Ganjkhanlou M., Ganjkhanlou D., Mansouryar M. (2022). Effects of Oil Supplements on Growth Performance, Eating Behavior, Ruminal Fermentation, and Ruminal Morphology in Lambs during Transition from a Low- to a High-Grain. *Animals*, 12(19), 2566; <https://doi.org/10.3390/ani12192566>.

- Bajagai, Y.S., A.V. Klieve, P.J. Dart, and W.L. Bryden (2016). Probiotics in animal nutrition: Production, impact and regulation. FAO Animal Production and Health, Rome, ITA.
- Barreras, A.; Castro-Pérez, B.I.; López-Soto, M.A.; Torrentera, N.G.; Montaña, M.F.; Estrada-Angulo, A.; Ríos, F.G.; Dávila-Ramos, H.; Plascencia, A. (2013). Zinn, R.A. Influence of ionophore supplementation on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics in finishing cattle during period of heat stress. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*
- Bazay G. (2010). Uso de los probióticos en la alimentación animal con énfasis en *Saccharomyces cerevisiae*. Disponible En: https://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Articulo_bazay_Saccharomyces_cerevisiae.pdf.
- Beauchemin, K., McGinn, S., & McAllister, T. (2009). Dietary mitigation of enteric methane from cattle. *Rev. Perspect Agric Vet Sci Nutr Nat Resour.*
- Belewu, M.A.; Jimoh, N.O. Blood (2005). carcass and organ measurements as influenced by *Aspergillus niger* treated Cassava waste in the diets of West African dwarf goat. *Glob. J. Agric. Sci.*
- Benno Y., Endo K., Mitsuoka T. (1988). Isolation of fecal *Clostridium perfringens* from broiler chickens and their susceptibility to eight antimicrobial agents for growth promotion. *Nihon Juigaku Zasshi.* 50:832–834.
- Bertolami, M.C., Faludi, A.A. & Batlouni, M. (1999). Evaluation of the effects of a new fermented milk product (Gaio) on primary hypercholesterolemia.
- Brizuela, M.A., Serrano, P., Almazán, O., Rodríguez, D., Camps, D. & Piloto, J. (2002). Probióticos como control biológico en la producción animal. XVIII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias (PANVET). Palacio de las Convenciones. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Caja, G., García, E. G., Flores, C., Carro, M. D., & Albanell, E. (2003). Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes:

- probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. In 19. Curso de Especialización Avances en nutrición y alimentación animal.
- Cajaleón Soto, J. (2021). Aditivos alimentarios y las enfermedades no transmisibles. En: Accepted: 2021-11-16T20:19:37Z.
- Cajeras, N. (2017). Parámetros bio-económicos de la producción intensiva de la carne de bovino en México, 8(2), pp. 129–138.
- 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*. 90:2580-2595. DOI: 10.3168/jds.2006-644.
- Camargo, G. (2002). El uso de la flora de exclusión competitiva en la prevención de enfermedades infecciosas. XVII Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura. Palacio de las Convenciones. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Carrillo-Herrera, Jay, Murillo-Ortiz, Manuel, Herrera-Torres, Esperanza, Carrete-Carreón, Francisco, Reyes-Estrada, Osvaldo, & Livas-Calderón, Fernando. (2016). Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico. *Abanico veterinario*, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100013&lng=es&tlng=es.
- Carro M. D. J., Ranilla M. J., Tejido M. L. (2002). Utilización de aditivos en la alimentación del ganado ovino y caprino. Sitio Argentino de Producción animal. Departamento de Producción Animal. https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/29aditivos_ovinos.pdf.
- Carro, M. D., Ranilla, M. J., & Tejido, M. L. (2006). Utilización de aditivos en la alimentación del ganado ovino y caprino. *Pequeños Rumiantes*, 7(3), 26-37.
- Castanon JIR (2007). History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. *Poult. Sci.* 86: 2466-2471.

- Chako, C.Z.; Step, D.L.; Malayer, J.R.; Krehbiel, C.R.; Desilva, U.; Streeter, R.N. (2015). Subacute ruminal acidosis and ruminal lactic acidosis: A review. *Bov. Pract.* 49, 140–146.
- Chávez, R.A.M. y Rangel, J.J.V. (2019). Aditivos alimentarios: aspectos de regulación y seguridad. *Milenaria, Ciencia y arte*, ISSN 2395-9436.
- Chay-Canul AJ, Magaña-Monforte JG, Chizotti LM, Piñeiro-Vázquez AT, Canul-Solís JR, Ayala-Burgos A.J. (2016). Energy requirements of hair sheep in the tropical regions of Latin America. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*.
- Cherian, G. (2020). A Guide to Principles of Animal Nutrition, [https://espanol.libretexts.org/Salud/Medicina_Veterinaria/Una_gu%C3%ADa_de_los_principios_de_la_nutrici%C3%B3n_animal_\(Cherian\)/01%3A_Cap%C3%ADtulos/1.19%3A_XIX._Aditivos_para_piensos](https://espanol.libretexts.org/Salud/Medicina_Veterinaria/Una_gu%C3%ADa_de_los_principios_de_la_nutrici%C3%B3n_animal_(Cherian)/01%3A_Cap%C3%ADtulos/1.19%3A_XIX._Aditivos_para_piensos).
- CODESIN (2018). Consejo para el desarrollo económico de Sinaloa.
- COMECARNE. (2022). compendio estadístico. Sitio web: <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2022/>.
- Comité Nacional del SP Ovinos (2008). Sistema productor de ovino plan rector. Grupo de Trabajo del Plan Rector del Sistema Produccion de Ovinos.
- Cox, S. D., Mann, C. M., & Markham, J. L. (2001). Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *Journal of applied microbiology*, 91(3), 492-497.
- Cristina-Gómez Alcalá, (2023). Situación global del sector de la carne de ovino. <https://www.euroganaderia.eu/sector-carne-ovino>.
- Cutting, S.M. (2011). *Bacillus probiotics*. *Food Microbiol.* 28:214-220. doi:10.1016/j.fm.2010.03.007.
- Da Silva, J.A.; Ítavo, C.C.B.F.; Ítavo, L.C.V.; da Graça Morais, M.; Da Silva, P.C.G.; Ferelli, K.L.S.M.; de Souza Arco, T.F.F (2019). Dietary addition of crude form or ethanol extract of brown propolis as nutritional additive on behaviour, productive performance and carcass traits of lambs in feedlot. *J. Anim. feed Sci.* 28, 31–40.

- De Lucas T.J., Zarco Q.L.A., González P.E., Tortora P.J., Villa G.A., Vázquez P.C. (2003). Crecimiento pre-destete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México*, 34(3): 235-245 pp.
- Delfino, J.; Mathison, G.W.; Smith, M.W. (1988). Effect of lasalocid on feedlot performance and energy partitioning in cattle. *J. Anim. Sci.* 66, 136–150.
- Dos Santos Araujo Jocélio, Eustáquio Mesquita Eduardo, Tsuzuki Natália, Vladimir de Oliveira, Abbado Neres Marcela, Costa Braga Gilberto, Cosendey Erika Toledo de Mello Peixoto, and Dalla Valle Liliane Cristina. (2010). "Evaluation of Sodium Monensin in the Performance of Lambs Supplemented on Pasture". *Latin American Archives of Animal Production*. 15 (3).
https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/555.
- Duffield, T.F.; Merrill, J.K.; Bagg, R.N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *J. Anim. Sci.* 90, 4583–4592.
- Ellison, M.J.; Cockrum, R.R.; Means, W.J.; Meyer, A.M.; Ritten, J.; Austin, K.J.; Cammack, K.M. (2022). Effects of feed efficiency and diet on performance and carcass characteristics in growing wether lambs. *Small. Rum. Res.* 106611.
- El-Tawab, M.M.A.; Youssef, I.M.I.; Bakr, H.A.; Fthenakis, G.C.; Giadinis, N.D. (2016). Role of probiotics in nutrition and health of small ruminants. *Pol. J. Vet. Sci.* 19, 893–906.
- Escobedo-Gallegos, L.d.G.; Estrada-Angulo, A.; Castro-Pérez, B.I.; Urías-Estrada, J.D.; Calderón-Garay, E.; Ramírez-Santiago, L.; Valdés-García, Y.S.; Barreras, A.; Zinn, R.A.; Plascencia, A. (2023). Essential Oils Combined with Vitamin D3 or with Probiotic as an Alternative to the Ionophore Monensin Supplemented in High-Energy Diets for Lambs Long-Term Finished under Subtropical Climate. *Animals*, 13, 2430.
<https://doi.org/10.3390/ani13152430>

- Estrada-Angulo, A.; Arteaga-Wences, Y.J.; Castro-Pérez, B.I.; Urías-Estrada, J.D.; Gaxiola-Camacho, S.; Angulo-Montoya, C.; Ponce-Barraza, E.; Barreras, A.; Corona, L.; Zinn, R.A.; et al. (2021). Blend of Essential Oils Supplemented Alone or Combined with Exogenous Amylase Compared with Virginiamycin Supplementation on Finishing Lambs: Performance, Dietary Energetics, Carcass Traits, and Nutrient Digestion. *Animals*, 11, 2390. <https://doi.org/10.3390/ani11082390>.
- Estrada-Angulo, A.; Mendoza-Cortéz, D.A.; Ramos-Méndez, J.L.; Arteaga-Wences, Y.; Urías-Estrada, J.D.; Castro-Pérez, B.I.; Ríos-Rincón, F.G.; Rodríguez-Gaxiola, M.A.; Barreras, A.; Zinn, R.A.; et al. (2022). Comparing Blend of Essential Oils Plus 25-Hydroxy-Vit-D3 Versus Monensin Plus Virginiamycin Combination in Finishing Feedlot Cattle: Growth Performance, Dietary Energetics, and Carcass Traits. *Animals*. 12, 1715.
- Estrada-Angulo, A.; Zapata-Ramírez, O.; Castro-Pérez, B.I.; Urías-Estrada, J.D.; Gaxiola-Camacho, S.; Angulo-Montoya, C.; Ríos-Rincón, F.G.; Barreras, A.; Zinn, R.A.; Leyva-Morales, J.B.; et al. (2021). Los efectos de la suplementación simple o combinada de probióticos y prebióticos sobre el rendimiento del crecimiento, la energía dietética, los rasgos de la canal y la masa visceral en corderos terminados en condiciones climáticas subtropicales. *Biología*, 10, 1137. <https://doi.org/10.3390/biology10111137>.
- Ezquerro Leites, M., G. Zaballa Silveira, y J. M. Telechea Suanes. (2022). Efecto de la sustitución de monensina sódica por aceites esenciales o levaduras sobre la performance de terneros destetados precozmente y alimentados a corral con dietas concentradas. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/36548/1/Leites%20EzquerroSuanes.pdf>.

- F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck, M. (2008). Idaomar, Biological effects of essential oils – A review, Food and Chemical Toxicology, Volume 46, ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.
- Faleiro, M. L. (2011). The mode of antibacterial action of essential oils. Science against microbial pathogens, 1143-1156.
- FAO/WHO (2001). Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk and Live Lactic Acid Bacteria. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/World Health Organization (WHO).
- FDA (2004). Code of Federal Regulations. Title 21. 21CFR184. US Food and Drug Administration. www.cfsan.fda.gov/eafus.html.
- Flint, H.J., and E.A. Bayer. (2008). Plant cell wall breakdown by anaerobic microorganisms from the mammalian digestive tract. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1125:280-288. doi:10.1196/annals.1419.022.
- Fons, M., Gómez, A. & Karjalainen, T. (2000). Mechanisms of colonisation and colonisation resistance of the digestive tract. Part 2: Bacteria: Bacteria Interactions. Microbial ecology in health and disease. Suppl 2:240.
- Fuentes Alarcón, P. A. (2006). Utilización de monensina sódica, en combinación con melaza, urea y azufre para estimular ganancia de peso en novillos en etapa de pre ceba.
- García Curbelo, Y., García, Y., López, A. y Boucourt, R. (2005). Probióticos: una alternativa para mejorar el comportamiento animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, ISSN: 0034-7485.
- García H. y García C. Y. (2015). Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Vol. 49. Num. 2. La Habana. Cuba. ISSN: 0034-7485. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193039698006.pdf>
- Giannenas I, Skoufos J, Giannakopoulos C, Wiemann M, Gortzi O, Lalas S, Kyriazakis I. (2011). Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. J. Dairy Sci. 94: 5569-5577.

- Goldin, B.R. (1998). Health benefits of probiotics. *Br. J. Nutr.* 80:203S
- Greathead H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society* 62, 279-290.
- Griffin, S. G., Leach, D. N., Markham, J., & Johnstone, R. (1998). Antimicrobial activity of essential oils from *Zieria*. *Journal of Essential Oil Research*, 10(2), 165-174.
- Gustavo Bretschneider. (2009). Beneficios del uso de monensina en la alimentación del ganado para carne, leche y cría. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(10), ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617128021>
- Gutiérrez Castro, L., y Güechá Castillo, A. Y. (2016). Uso de probióticos en alimentación animal. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 7(2), 43-55. <https://doi.org/10.22579/22484817.687>.
- Gutiérrez, M. E., A. F. García, M. A. de Madariaga, M. L. Sagrista, F. J. Casadó, and M. Mora. (2003). Interaction of tocopherols and phenolic compounds with membrane lipid components: Evaluation of their antioxidant activity in a liposomal model system. *Life Sciences*. 77(Issue 21): 2337-2360.
- Hart, K., Yañez Ruiz, D., Duvel, S., McEwan, N., & Newbold. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science Tech*, (147):8-35.
- Hecker, J.C.; Neumann, M.; Ueno, R.K.; Falbo, M.K.; Galbeiro, S.; de Souza, A.M.; Venancio, B.J.; Santos, L.C.; Askel, E.J. (2018). Effect of monensin sodium associative to virginiamycin and/or essential oils on the performance of feedlot finished steers. *Semin. Ciênc. Agrár. Londrina*.
- Hess, M., A. Sczyrba, R. Egan, T.W. Kim, H. Chokhawala, G. Schroth, S. Luo, D.S. Clark, F. Chen, T. Zhang, R.I. Mackie, L.A. Pennacchio, S.G. Tringe, A. Visel, T. Woyke, Z. Wang, and E.M. Rubin. (2011). Metagenomic discovery of biomass degrading genes and genomes from cow rumen. *Science* 331:463-467. doi:10.1126/science.1200387.

- Heydari, K.H.; Dabiri, N.; Fayazi, J.; Roshanfekar, H. (2008). Effect of Ionophores Monensin and Lasalocid on Performance and carcass Characteristics in Fattening Arabi Lambs. *Pakistan J. Nutr.*
- Hinojosa-Cuéllar JA, Oliva-Hernández J, Torres-Hernández G, Segura-Correa JC, González-Garduño R. (2015). Productividad de ovejas F1 Pelibuey x Blackbelly y sus cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Archivos de Medicina Veterinaria* 47: 167-174.
- Hoffman, C., and C. A. Evans. (1911). The use of spices as preservatives. *J. Ind. Eng. Chem.* 3: 835-838.
- Hyldgaard, M., Mygind, T., and Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front. Microbiol.* 3:12. doi: 10.3389/fmicb.2012.00012.
- Ibáñez, F., Torre, P., & Irigoyen, A. (2003). Aditivos alimentarios. Área de Nutrición y Bromatología, Universidad Pública de Navarra, 3-5.
- Issakowicz, J.; Bueno, M.S.; Sampaio, A.C.K.; Duarte, K.M.R. (2013). Effect of concentrate level and live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on Texel lamb performance and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 155, 44–52.
- Kawas, J.R.; Garcia-Castillo, R.; Garza-Cazares, F.; Fimbres-Durazo, H.; Olivares-Saenz, E.; Hernandez-Vidal, G.; Lu, C.D. (2007). Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Rumin. Res.* 67, 157–163.
- Khalid, M.F.; Shahzad, M.A.; Sarwar, M.; Rehman, A.U.; Sharif, M.; Mukhtar, N. (2011). Probiotics and lamb performance: A review. *Afr. J. Agric. Res.* 63, 5198–5203.
- Kiebling, G., Schneider, J. & Jahreis, G. (2002). Longterm consumption of fermented dairy products over 6 months increases HDL cholesterol. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56:843.

- La ovinocultura, una actividad muy arropadora | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx).
- Latack, B.C.; Carvalho, P.H.V.; Zinn, R.A. (2022). The interaction of feeding an eubiotic blend of essential oils plus 25-hydroxy-vit-D3 on performance, carcass characteristics, and dietary energetics of calf-fed Holstein steers. *Front. Vet. Sci.* 9, 1032532.
- Lee, S. E., H. J. Hwang, J. S. Ha, H. S. Jeong, and J. H. Kim. (2003). Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity. *Life Sci.* 73: 167-179.
- Lemos, B., F. Castro, L. Santos, B. Mendonça, V. Couto and J. Fernandes. 2016. Monensin, virginiamycin, and flavomycin in a no-roughage finishing diet fed to zebu cattle. *Journal Animal Science*, 93: 4307- 4314.
- Lillehoj, H.; Liu, Y.; Calsamiglia, S.; Fernandez-Miyakawa, M.E.; Chi, F.; Cravens, R.L.; Oh, S.; Gay, C.G. (2018). Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. *Vet. Res.* 49, 76.
- Loerch, Steven. (1998). Curso de Postgrado Sistema Intensivo de Producción de Carne. Río Cuarto. Convenio Ohio State University – U.N.R.C. www.produccion-animal.com.ar.
- Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Correa-Calderón A, Molina-Ramírez L, González-Reyna A, Soto-Navarro S, *et al.* (2012). Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de raza Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de corderos durante el periodo de destetes. *Archivos de Medicina Veterinaria* 44: 29-37.
- Markowiak P, Śliżewska K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog.* Doi: 10.1186/s13099-018-0250-0. PMID: 29930711; PMCID: PMC5989473.
- Martín Bellido, M.; M. Escribano Sánchez; F.J. Mesías Díaz; A. Rodríguez de Ledesma Vega; F. Pulido García. (2017). Sistemas extensivos de producción animal. ISSN 0004-0592, ISSN-e 1885-4494, Vol. 50, Nº 192, 2001.

- Martínez Martínez, R., Ortega Cerrilla, M. E., Herrera Haro, J. G., Kawas Garza, J. R., Zarate Ramos, J., & Robles Soriano, R. (2015). Uso de aceites esenciales en animales de granja. *Interciencia*, 40(11), 744-750. ISSN: 0378-1844.
- Martínez V. D. E., Sánchez L. E., Avendaño R. L., Meráz M. F. J., Rorres R. V. (2016). Evaluación económica del uso de dos agonistas b-adrenérgicos durante la finalización de novillos en engorda. *Interciencia*, vol. 41, núm. 2. Venezuela. ISSN: 0378-1844. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33944255004>.
- Martínez, M. A. (2001). Aceites esenciales. Facultad Química Farmacéutica Medellín. Universidad de Antioquia. p. 1-34.
- Mohamed, M.A.A.; Abdou, S.G.; Hassan, E.H.; Suliman, A.I.A. (2022). Effect of probiotics supplementation on productive performance of growing lamb. *Arch. Agric. Sci. J.* 5, 21–33.
- Molina A. (2019). Probiotics and their mechanism of action in animal fee. Vol 30(2):601-611. ISSN 2215-3608. Costa Rica. doi:10.15517/am.v30i2.34432.
- Moreno JCG, Osollo LME, Prieto MC, Janacua HV. (2009). Efecto dietético de los aceites esenciales de *origanum vulgare* sobre el comportamiento productivo de ovinos. En Mem. XIX Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. pp. 213-216.
- Mousa, S.; Elsayed, A.; Marghani, B.; Ateya, A. (2019). Effects of supplementation of *Bacillus spp.* on blood metabolites, antioxidant status, and gene expression pattern of selective cytokines in growing Barki lambs. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 6, 333–340.
- Nasrat MM, Segura-Correa JC, Magaña-Monforte JG (2016). Breed genotype effect on ewe traits during the pre-weaning period in hair sheep under the tropical Mexican conditions. *Small Ruminant Research* 137: 157-161.
- National Research Council. (2007). Nutrient Requirement of Small Ruminant: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids; National Academy Science (NRC): Washington, DC, USA.

- Nomoto, K. (2000). Immunoregulatory functions of probiotics. *Biosci. Microflora*. 19:1.
- Nuncio O.G., Nahed T.J., Díaz H.B., Escobedo A.F. y Salvatierra I.B. (2001). Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco, México. *Agro ciencia*, ISSN: 1405-3195 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30235411>.
- Núñez-Torrez T. (2017). Los costos de la alimentación para la producción pecuaria. *J Selva Andina Animal Science*. 4(2):93-94. ISSN: 2311-2581. Bolivia. Disponible: www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a01.pdf.
- O. Zapata, A. Cervantes, A. Barreras, F. Monge-Navarro, V.M. González-Vizcarra, A. Estrada-Angulo, J.D. Urías-Estrada, L. Corona, R.A. Zinn, I.G. Martínez-Alvarez, A. Plascencia. (2021). Effects of single or combined supplementation of probiotics and prebiotics on ruminal fermentation, ruminal bacteria and total tract digestion in lambs, *Small Ruminant Research*, Volume 204, 2021,106538, ISSN 0921-4488, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.106538>.
- Odongo, N., E. Bagg, R. Vessie, G. Dick, P. Or-Rashid, M., M. Hook, S., E. McBride, B., W. (2007). Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (4), 1781- 1788.
- Ortiz-Plata, Carmen, José De Lucas-Tron, Genaro C. Miranda de la Lama. (2012). Breed identity and leadership in a mixed flock of sheep. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. Vol. 7, Núm. 2, pp. 94-98.
- Pancini, S.; Cooke, R.F.; Brandão, A.P.; Dias, N.W.; Timlin, C.L.; Fontes, P.L.P.; Sales, A.F.F.; Wicks, J.C.; Murray, A.; Marques, R.S.; *et al.* (2020). Supplementing a yeast-derived product to feedlot cattle consuming monensin: Impacts on performance, physiological responses, and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 232, 103907.

- Pandey A. K., Kumar P., Saxena MJ. (2019). Feed Additives, in: Gupta RC, Srivastava A, Lall R. (Eds), *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. Springer.
- Paredes Díaz, D. (2020). Efecto del nivel de suplementación de monensina sódica en dietas de engorda para ovinos de pelo. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias veterinarias. Universidad de baja california, Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Mexicali, B.C, México.
- Partida de la Peña, J. A., D. Braña-Varela, H. Jiménez-Severiano, F.G. Ríos-Rincón, G. Buendía-Rodríguez. (2013). Producción de carne ovina. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Libro No 5, pp. 4-5.
- Peregrino-Peña I. Y., Pérez-Villarreal H. H., Mayett-Moreno Y., Arvizu-Barrón E. (2018). Factors influencing quality and beef consumption in Chiapas, México. *Ciencia y Tecnología de la carne*. NACAMEH Vol. 12, No. 1, pp. 1-14 ISSN: 2007-0373.
- Pérez H.P., Vilaboa A.J., Chalate M.H., Candelaria M.B., Díaz R.P. y López O.S. (2011). Caracterización del sistema producto ovino en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI (4): 327 – 334*.
- Pienaar, G.H.; Einkamerer, O.B.; van der Merwe, H.J.; Hugo, A.; Scholtz, G.D.J.; Fair, M.D. (2012). The effects of an active live yeast product on the growth performance of finishing lambs. *South Afr. J. Anim. Sci.* 42 (Suppl. S1), 464–468.
- Plaza-Diaz, J.; Ruiz-Ojeda, F.J.; Gil-Campos, M.; Gil, A. (2019). Mechanisms of Action of Probiotics. *Adv. Nutr.* 10, S49–S66.
- Polizel, D.M.; Martins, A.S.; Miszura, A.A.; Ferraz, M.V.C., Jr.; Bertoloni, A.V.; Oliveira, G.B.; Barroso, J.P.R.; Ferreira, E.M.; Pires, A.V. (2020). Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. *Scientia Agric.* 78, e20190263.
- Pordomingo, Anibal J., Gelid, L., Pordomingo, A.B., Baliño, P., Bressan E. (2022). Uso de monensina y virginiamicina en el engorde a corral de

vaquillonas basado en maíz entero. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 48(1), 71-77 ISSN: 0325-8718. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86470768009>.

Pressman BC. (1976). Biological applications of ionophores. Ann. Rev. Biochem.

R. D. Goodrich, J. E. Garrett, D. R. Gast, M. A. Kirick, D. A. Larson, J. C. Meiske. (1984). Influence of Monensin on the Performance of Cattle, *Journal of Animal Science*, Volume 58, Issue 6, Pages 1484–1498, <https://doi.org/10.2527/jas1984.5861484x>.

Reis, L.F.; Sousa, R.S.; Oliveira, F.L.C.; Rodrigues, F.A.M.L.; Araújo, C.A.S.C.; Meira-Júnior, E.B.S.; Barrêto-Júnior, R.A.; Mori, C.S.; Minervino, A.H.H.; Ortolani, E.L. (2018). Comparative assessment of probiotics and monensin in the prophylaxis of acute ruminal lactic acidosis in sheep. BMC Vet. Res. 14, 9.

Revista AviNews-América Latina (2015). <https://avinews.com/revistas/avinews-america-latina-sep-2015/>.

Reyes, L. (2017). Desarrollo e implementación de la ganadería intensiva, para una mejor comercialización de carne bovina en la finca. El cortijo las Marías. Santiago de Cali: Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

Rivas J., García A., Toro M.P., Angón E., José P., Morantes M., Dios P.R. (2014). Caracterización técnica, social y comercial de las explotaciones ovinas manchegas, centro-sur de España. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.

Roberfroid, M.B. (2000). Prebiotics and probiotics: are they functional foods. Am J. Clin Nutr. 71:1682.

Russell, J. (1987). A proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminal bacterial growth: effects on ion flux and protonmotive force. J Anim Sci. 64: 1519-1525.

Russell, J., and H. Strobel. (1989). Effect of ionophoros on ruminal fermentation. J Anim Sci. 55:1-6.

- SAGARPA. (2016). Actualización del plan rector del sistema producto ovinos (2015- 2024) con información hasta 2016.
- Salinas-Chavira, J.; Lara-Juárez, A.; Gil-González, A.; Jiménez-Castro, J.; García-Castillo, R.; Ramírez-Bribiesca, E. (2010). Effect of breed type and ionophore supplementation on growth and carcass characteristic in feedlot hair lambs. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 633–637.
- Sánchez Orozco, L., Martínez Tinajero, J. J., García Castillo, C. G., Izaguirre Flores, F., Martínez Priego, G., & Torres Hernández, G. (2007). El Efecto de un Ionóforo en la Productividad de Bovinos Pastoreando Zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). *Revista Científica*, 17(3), 246-254.
- Sánchez, A.I. (2002). Empleo de sustancias con actividad probiótica en gallináceas. XVII Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura. Palacio de las Convenciones. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Sanders, M. E., Morelli, L., & Tompkins, T. A. (2003). Sporeformers as human probiotics: *Bacillus*, *Sporolactobacillus*, and *Brevibacillus*. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(3), 101-110.
- Setlow, P. (2006). Spores of *Bacillus subtilis*: their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals. *J. App. Microbiol.* 101:514-525. doi:10.1111/j.1365-2672.2005.02736.x.
- Sikkema, J., Debont, Jam., & Poolman, B. (1994). Interactions of Cyclic Hydrocarbons with Biological Membranes. *The Journal of Biological Chemistry*, 269(11), 8022-8028.
- Silva TIS, Souza JM, Acedo TS, Carvalho VV, Perdigão A, Silva LAF, Silvestre AM, Niehues MB, Schleifer WF, Casali DM, Martins CL, Arrigoni MDB and Millen DD. (2023). Feedlot performance, rumen and cecum morphometrics of Nellore cattle fed increasing levels of diet starch containing a blend of essential oils and amylase or monensin. *Front. Vet. Sci.* 10:1090097. Doi: 10.3389/fvets.2023.1090097.

- Soares, S.B.; Furusho-Garcia, I.F.; Pereira, I.G.; Alves, D.O.; da Silva, G.R.; de Almeida, A.K.; Lopes, C.M.; Sena, J.A.B. (2012). Performance, carcass characteristics and non-carcass components of Texel Santa Inês lambs fed fat sources and monensin. *Rev. Bras. Zootec.* 41, 421–431.
- Stahnger, R. C., Balbuena, O., Kucseva, C. D., Arakaki, L. C., & Cabarcos, G. (2000). Efecto de la utilización de monensina sobre la aptitud reproductiva de vaquillas. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Colonia Benítez, Argentina.
- Tager LR, Krause KM. (2011). Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94: 2455-2464.
- Taranto, M.P., Medici, M., Perdigon, G., Ruiz, A.P. & Valdez, G.F. (2000). Effect of *Lactobacillus reuteri* on the prevention of hypocholesterolemia in mice. *J. Dairy Sci.* 83:401.
- Teixeira, D.A.A.; Cappellozza, B.I.; Fernandes, J.R.; Nascimento, K.S.; Bonfim, L.E.L.M.; Lopes, C.N.; Ehrhardt, J.A.C.; Peres, J.R.; Harris, S.A.; Simas, J.M.C.; *et al.* (2020). Effects of monensin source on in vitro rumen fermentation characteristics and performance of *Bos indicus* beef bulls offered a high-concentrate diet. *Transl. Anim. Sci.* 4, 84–94.
- Vaidantika V, Priyadarshinee P, Debata NR and Adhikary PD. (2017). Prebiotics in animal feeding. *The pharma innovation journal*, 6(11): 482-486.
- Valdivia L. A., Matos M. M., Rodríguez Z., Pérez Y., Rubio Y., Vega J. (2019). Enzymatic additives and their use on animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*. Vol. 53:4. Cuba. ISSN: 2079-3480. scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207934802019000400341&script=sci_arttext&lng=es#B9.
- Valerio D., García, A., Acero, R., Perea, J., Tapia, M., y Romero, M. (2010). Caracterización estructural del sistema ovino-caprino de la región noroeste de República Dominicana. *Archivos de Zootecnia*, 59(227): 333-343 pp.

- Valladares-Carranza B., Bañuelos-Valenzuela R., Peña-Betancourt S.D., Velázquez-Ordoñez V., Echavarría-Chaires F.G., Muro-Reyes A., Zaragoza-Bastida A., Ortega-Santana C., Zamora-Espinosa J. L., Gutiérrez-Castillo A. (2015). Implicaciones del uso de clorhidrato de clenbuterol en la producción pecuaria. REDVET. vol. 16, núm. 2. Málaga, España. ISSN 1695-7504. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63641398007.pdf>
- Van Saun RJ. (2014). Feeds for camelids, in: Cebre C, Anderson DE, Tibary A, Van Saun RJ, Johnson LW. (Eds), Llama and Alpaca Care Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health. Elsevier Inc.
- Vanegas A. A. M., Gutiérrez L. F. (2016). Carne equina: producción, consumo y valor nutricional. Revista. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. Volumen 11: 86-88. Medellín, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321449586009.pdf>.
- Vedovatto M., da Silva P.C., Marin B. J. A., Cortada N. I. M., de Lucca B. A. L., de Olivera D. M. G., da Graça M. M., Loriani F. G. (2020). Inclusion of concentrate and growth promoters' additives in sheep diets on intake, digestibility, degradability, ruminal variables and nitrogen balance. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(1). Brasil. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4981>.
- Viciano-Tudela, S.; Sendra, S.; Parra, L.; Jimenez, J.M.; Lloret, J. (2023). Proposal of a Gas Sensor-Based Device for Detecting Adulteration in Essential Oil of Cistus ladanifer. Sustainability, 15, 3357. <https://doi.org/10.3390/su15043357>.
- Volpi-Lagreca, G.; Gelid, L.F.; Alende, M.; Bressan, E.R.; Pordomingo, A.B.; Pordomingo, A.J. (2021). Effect of placement weight and days on feed on feedlot cattle performance and carcass traits. Livest. Sci. 244, 104392.
- Wallace RJ. (2004). Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. Proc. Nutr. Soc. 63: 621-629.

- Wang L. M., Mandell B. I., Bohrer B. M. (2020). Effects of feeding essential oils and benzoic acid to replace antibiotics on finishing beef cattle growth, carcass characteristics, and sensory attributes. *Applied Animal Science* 36:145–156 <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01908>.
- Watts SA, Lawrence JM. (2020). Sea urchins: biology and ecology, in: Lawrence JM. (Ed), *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*. Elsevier Inc.
- Westley, J.W. (1982). En *Polyether Antibiotics* (Westley, J.W., ed.), Vol. 1, Marcel Dekker, Inc., New York, New York.
- Wu, J.; Bai, Y.; Lang, X.; Wang, C.; Shi, X.; Casper, D.P.; Zhang, L.; Liu, H.; Liu, T.; Gong, X.; *et al.* (2020). Dietary supplementation with oregano essential oil and monensin in combination is antagonistic to growth performance of yearling Holstein bulls. *J. Dairy Sci.* 103, 8119–8129. www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-ovinocultura-una-actividad-muy-arropadora.
- Yang, W. Z., Benchaar, C., & Beauchemin, K. A. (2010). Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers: Ruminant and intestinal digestion. *Journal Animal Science*, 88:680–688.
- Yeoman, C.J., and B.A. White. (2014). Gastrointestinal tract microbiota and probiotics in production animals. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2:469-486. doi: 10.1146/annurev-animal-022513-114149.
- Zerby, H.N.; Bard, J.L.; Loerch, S.C.; Kuber, P.S.; Radunz, A.E.; Fluharty, F.L. (2011). Effects of diet and *Aspergillus oryzae* extract or *Saccharomyces cerevisiae* on growth and carcass characteristics of lambs and steers fed to meet requirements of natural markets. *J. Anim. Sci.* 89, 2257–2264.