



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

***Lactobacillus casei* en el control de cuadros diarreicos y el comportamiento productivo de corderos destetados**

TESIS

PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIATURA EN

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PRESENTAN

SOFÍA GONZÁLEZ CORTÉS

MITZI ALEJANDRA SÁNCHEZ RODRÍGUEZ

DIRECTORES DE TESIS

M. EN C. ELSA LYSBET RODRÍGUEZ CASTAÑEDA

DR. DAVID HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

ASESORES DE TESIS

DRA. MARÍA GUADALUPE NÚÑEZ CARRERA

DR. HUITZIMENGARI CAMPOS GARCÍA

Tecamachalco, Pue., febrero de 2024

DEDICATORIA

Sofía González Cortés:

A mis padres, Concepción Cortés Lara y José Refugio González León, por su amor y apoyo incondicional.

A mis abuelas, Rosa María Lara Torres y Matilde León Romero, por siempre inspirarme a ser mejor.

A mis mascotas, Coco y Moka, por su compañía fiel.

Mitzi Alejandra Sánchez Rodríguez:

A mis padres Edith Rodríguez Dircio y José Luis Sánchez Vallejo por todo su amor.

A mis hermanos Pepe, Ana, Sebastián, América y Aurora por ser mi inspiración.

A mis mascotas Parche, Canela, Bruno, Pancho y Draco por ser mi motivo.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

A los médicos y amigos que han sido parte de nuestra formación como profesionales.

Finalmente queremos reconocer el importante papel de los biomodelos animales, ya que son parte fundamental de la ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra directora de tesis, M. en C. Elsa Lysbet Rodríguez Castañeda, por su gran aporte a este trabajo y a nuestro director, Dr. David Sánchez Hernández por su importante asesoría.

A nuestra asesora, la Dra. Guadalupe Núñez Carrera por su notable contribución en la parte de bacteriología.

Al Dr. Huitzimengari Campos García por su apoyo en el análisis estadístico.

A nuestros compañeros del laboratorio de Nutrición Animal, MVZ. Rosalba Contreras y PMVZ. Héctor Natividad, por su significativa colaboración.

Finalmente agradecemos a la dirección de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por permitir la realización de este proyecto de investigación en el módulo de ovinos de la posta zootécnica.

CONTENIDO

ÍNDICE DE GRAFICAS	6
ÍNDICE DE CUADROS.....	7
ABREVIATURAS	8
RESUMEN.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1 Fisiología digestiva del lactante.....	12
2.2 Fisiología digestiva durante la fase de transición	13
2.2.1 Microbiota intestinal.....	14
2.2.2. Microbiota ruminal	15
2.3 Destete	16
2.3.1 Factores desencadenantes de estrés	16
2.3.2 Mecanismos reguladores de estrés.....	17
2.4 Agentes patógenos en cuadros diarreicos en corderos	18
2.4.1 <i>Salmonella spp.</i>	18
2.4.2 <i>Escherichia coli</i>	19
2.4.3 <i>Clostridium perfringens</i>	20
2.5 Bacterias ácido lácticas	21
2.5.1 Mecanismos de acción	22
2.5.2 Características de <i>Lactobacillus</i>	24
2.5.3 Beneficios de los <i>Lactobacillus</i>	25
III. JUSTIFICACIÓN	27
IV. OBJETIVOS	28
V. HIPÓTESIS	29
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	30
6.1 Selección de animales	30
6.2 Protocolo experimental	31
6.3 Análisis químicos de los alimentos	32
6.4 Variables productivas.....	36
6.5 Presencia de diarreas	36
6.6 Variables ruminales	37
6.7 Conteo de lactobacillus y coliformes en heces	38

6.8 Análisis estadístico	39
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
7.1 Composición química de los alimentos	41
7.2 Variables productivas	42
7.3 Incidencia de diarreas	48
7.4 Variables ruminales	48
7.5 Conteo de lactobacillus y coliformes totales en heces	50
VIII. CONCLUSIONES.....	52
IX. BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Consumo de alimento por día en corderos durante 49 días.	44
Grafica 2. Porcentaje de forraje y concentrado consumidos por corderos durante la fase experimental.	44
Grafica 3. Comportamiento de la ganancia de peso semanal en corderos durante la fase experimental.	46
Grafica 4. Actividad microbiana en líquido ruminal de corderos con y sin probiótico.	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del concentrado y forraje ofrecidos a corderos con y sin suplemento de <i>Lactobacillus casei</i>	41
Cuadro 2. Promedio de consumo de alimento (BS) por cordero al día y consumo acumulado.....	42
Cuadro 3. Aumento de peso y ganancia diaria de peso (GDP) en corderos con y sin probiótico.	45
Cuadro 4. Resumen de variables productivas en corderos con y sin la administración de lactobacilos <i>casei</i> durante 7 semanas.....	47
Cuadro 5. Evaluación semanal de diarreas por presencia de suciedad de tren posterior en corderos con y sin probiótico.	47
Cuadro 6. Promedio de UFC/ml de <i>Lactobacillus</i> y coliformes en heces de corderos con y sin probiótico.....	51

ABREVIATURAS

NE: Norepinefrina

IL-1: Interleucina 1

IFN- γ : Interferón gamma

TNF- α : Factor de necrosis tumoral alfa

CRH: Hormona liberadora de hormona adrenocorticotropa

AVP: Vasopresina

BAL: Bacterias ácido lácticas

ACTH: Hormona adrenocorticotropa

O₂: Oxígeno

CO₂: Dióxido de carbono

IgA: Inmunoglobulina A

MHC: Complejo mayor de histocompatibilidad

GDP: Ganancia de peso

PT: Proteínas totales

UFC: Unidades formadoras de colonias

CA: Conversión alimenticia

AC: Consumo de alimento

FDN: Fibra detergente neutro

FDA: Fibra detergente ácido

RESUMEN

El destete representa una fase que desencadena estrés lo cual induce a la incidencia de diarreas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de *Lactobacillus casei* en el control de diarreas, así como su efecto en variables productivas y microbiológicas durante el periodo de destete de corderos. Se utilizaron 20 corderos (11 machos y 9 hembras) con 67 días de edad y peso promedio de 14.6 ± 2.82 kg, los cuales se dividieron al azar en dos grupos, T1: dieta base + bacterias ácido lácticas (Yakult ®) y T2 con dieta base. Las variables evaluadas fueron consumo de MS del alimento, peso de los corderos, presencia de diarreas, variables ruminales, conteo de colonias de bacterias ácido lácticas y coliformes en heces. El análisis estadístico fue mediciones repetidas para la variable peso, ANDEVA de una vía para las variables ruminales y para la variable conteo de unidades formadoras de colonias se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (R Core Team , 2020). El consumo de materia seca fue de 706 g, la ganancia de peso de 137.1 g y 125.5 g, la conversión alimenticia 5.8 y 6.3 en T1 y T2, respectivamente. El pH del líquido ruminal fue 7.7 en T1 y 7.6 en T2; en la incidencia de diarreas se observó que en T1 las diarreas se controlaron en la misma semana de presentación y en T2 la duración fue de dos semanas; las variables microbiológicas fueron 4×10^9 UFC/ml de lactobacilos y 4×10^6 UFC/ml de coliformes en T1, mientras que en T2 7×10^9 UFC/ml de lactobacilos y 9×10^3 UFC/ml de coliformes. No hubo diferencia estadística en ninguna de las variables. Se concluye que la administración de bacterias ácido lácticas no afecta las variables productivas de los corderos, pero incide positivamente en el control de diarreas sin afectar los

parámetros normales del líquido ruminal así como las UFC en heces de corderos al destete.

Palabras clave: destete en corderos, estrés, diarrea, bacterias ácido lácticas.

I. INTRODUCCIÓN

El destete es la separación física madre-cría, que se implementa cuando se considera que el cordero ya no es dependiente de la leche materna. El manejo se realiza dependiendo del objetivo productivo, clasificándose en tradicional y precoz.

El proceso de separación desencadena estresores como pérdida del primer vínculo, la interrupción de procesos neuroendócrinos producidos por la lactancia, adaptación a una nueva dieta y cambios en la dinámica social (Freitas *et al.*, 2022). De igual forma aumenta la secreción de cortisol sérico que induce una respuesta inmune deficiente al reducir la producción de inmunoglobulinas, ocasionando una mayor incidencia de diarreas (Freitas y Ungerfeld, 2016)

Dado que la etapa de destete es un momento crucial en los sistemas de producción animal, pero conlleva estrés en los animales, el tracto gastrointestinal debe estar preparado para digerir adecuadamente el alimento que recibirá, simultáneamente deberán promoverse estrategias para la disminución de diarreas post destete. Por lo anterior, es fundamental la identificación de alternativas inocuas para el control de diarreas, como lo es la adición de bacterias ácido lácticas para mantener la salud de los animales y promover la productividad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La etapa de destete es una fase de relevancia en la producción animal, la cual conlleva estrés a los corderos, por consiguiente, el tracto gastrointestinal debe ser capaz de digerir de manera adecuada los alimentos que está próximo a consumir, es de importancia conocer la fisiología digestiva de los rumiantes para así proponer estrategias que permitan la disminución de diarreas post destete.

2.1 Fisiología digestiva del lactante

Los rumiantes nacen con un tracto gastrointestinal subdesarrollado y mecanismos mayormente parecidos a los no-rumiantes, por lo que requieren de una transición fisiológica antes de consumir dietas ricas en fibra (Malmuthuge *et al.*, 2019). Durante la lactancia, la gotera esofágica que va desde el esófago hasta el abomaso evita la caída de leche en el retículo-rumen donde causaría fermentaciones indeseadas; de tal modo que la leche al llegar al abomaso inicia su proceso de digestión (Relling y Mattioli, 2002). En el abomaso se coagula por acción primaria de la renina y de forma secundaria por la pepsina, estas enzimas son segregadas por las glándulas fúndicas de la mucosa gástrica y tienen importante actividad proteolítica. La hidrólisis de grasas comienza con la lipasa salival y continua por la lipasa pancreática en intestino delgado, siendo esta última la predominante a partir de la segunda o tercera semana de edad (Saquipay, 2011). Con respecto a la digestión de carbohidratos, en el medio intestinal la lactosa es degradada a glucosa y galactosa mediante la enzima lactasa presente en los enterocitos; cabe mencionar que el metabolismo intermediario se basa en la glucosa, que en su mayoría es

obtenida por medio de la absorción intestinal y que se encuentra en una concentración de 1 g/L (Zanolli y Lanza, 2019).

2.2 Fisiología digestiva durante la fase de transición

Durante el destete la alimentación pasa de ser líquida a integrar alimentos sólidos para los procesos de fermentación ruminal, esta transición no solo cambia el sitio de digestión y absorción, sino que también cambia los nutrientes derivados para su posterior metabolismo (Steele *et al.*, 2015). Por lo cual es de vital importancia que, durante la lactancia, los pre rumiantes reciban una alimentación sólida (concentrado) para favorecer el desarrollo ruminal y prepararlos para el destete.

El desarrollo de papilas ruminales está relacionado con el consumo de concentrado, la colonización de microorganismo fermentadores y la activación neurofisiológica del rumen para comenzar su funcionalidad (Velásquez y Gebauer, 2019).

Durante el destete, el rumen aumenta de 30 a 70% de su capacidad debido a la necesidad de absorción de nutrientes. La absorción primaria intestinal pasa de glucosa, ácidos grasos de cadena larga y aminoácidos derivados de la leche a ácidos grasos de cadena corta, cetonas y aminoácidos derivados de alimentos y microbiota ruminal; de igual forma el metabolismo hepático y el requerimiento energético se redirecciona a la síntesis de glucosa, urea, proteína, mantenimiento de gradientes iónicos, ciclo de sustratos y desintoxicación de compuestos (Baldwin *et al.*, 2004). La actividad lipolítica es realizada por lipasas, galactolipasas y fosfolipasas de origen mayoritariamente bacteriano y protozoario (Martínez *et al.*, 2010).

La colonización ruminal comienza desde los primeros días de vida, principalmente por medio del canal de parto, la saliva materna, leche y del medio ambiente, registrándose *Proteobacterias* y *Firmicutes* como filos dominantes (Li *et al.*, 2023) específicamente cepas bacterianas como *Escherichia coli* y *Clostridium welchii*, continuando con el establecimiento de lactobacilos, bacterias amilolíticas y finalmente celulolíticas (Pérez y Sirias, 2007). En el rumen se crea un ecosistema donde los nutrientes consumidos son digeridos mediante fermentación de microorganismos ruminales, los que se encuentran en simbiosis debido a su capacidad de adaptación e interacción, y mientras el ambiente ruminal proporcione factores necesarios para su colonización, estos proporcionan energía al animal, proveniente de los productos finales de la fermentación (Castillo, 2014). Los ácidos grasos volátiles aportan el 80% de energía requerida por el animal; siendo los productos principales el ácido acético, empleado como energía directa para la célula y como fuente de ácidos grasos de cadena corta; el ácido propiónico usado en la síntesis hepática de glucosa y finalmente ácido butírico que provee energía al epitelio ruminal (Ozturk y Gür, 2021).

2.2.1 Microbiota intestinal

Su función es participar en la fermentación de los alimentos y en la absorción de los nutrientes. Un estudio realizado por Huang *et al.* (2022) para la identificación de cambios en la microbiota fecal de corderos entre 7 y 49 días determinó que los filos más dominantes son *Bacteroidetes* y *Firmicutes* durante los primeros días de vida; sin embargo, con la introducción de fibra a la dieta hay una disminución en la abundancia de los filos *Firmicutes*, *Verrucomicrobia*, *Proteobacteria* y *Synergistetes*

y aumento de *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Euryarchaeota* y *Fusobacteria*, específicamente *Akkermansia* y *Clostridium XIVb*; de igual forma se identificaron bacterias que disminuyeron durante el destete y después regresaron a su concentración habitual como *Lactobacillus* y *Bacteroidetes*, estos géneros otorgan integridad gastrointestinal y tienen funciones antiproliferativas, proapoptóticas y antioxidantes.

2.2.2. Microbiota ruminal

El rumen bien desarrollado se compone de un ecosistema conformado por bacterias, protozoarios y hongos, los cuales se encuentran en una concentración aproximada de 10^{10} /mL, 10^6 /mL y 10^4 /mL respectivamente; los cuales requieren de un ambiente propicio para su desarrollo, específicamente organismos de lento crecimiento (hongos y protozoarios) necesitan permanencia prolongada del alimento dentro del rumen por periodos de 48 a 72 horas (Delgadillo *et al.*, 2022).

Dentro de las poblaciones bacterianas se encuentran especies celulolíticas como *Fibrobacter succinogenes* y *Ruminococcus albus* (Matthews *et al.*, 2019); amilolíticas como *Streptococcus bovis*, *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Bacteroides ruminicola* (Maruone y Bartos, 1987); pectinolíticas como *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Prevotella ruminicola*, *Bacteroides ruminicola* y *Lachnospira multiparus* (Castillo, 2014). La porción proteica de la dieta es fermentada por bacterias proteolíticas como *Bacteroides amylophilus*, *Bacteroides ruminicola* y *Butyrivibrio fibrisolvens*; en tanto que los microorganismos lipolíticos son *Anaerovibrio lipolytica*, *Butyrivibrio*

fibrisolvens, *Treponema bryantii*, *Eubacterium spp.*, *Fusocillus spp* y *Micrococcus spp* (Arias, 2020).

2.3 Destete

El vínculo madre-cría se establece entre la primera y segunda hora de vida, a partir de ese momento el cordero adquiere de forma paulatina autonomía con relación a la dieta y a la interacción social, dando como resultado el destete natural entre los 4 y 5 meses de edad (Freitas *et al.*, 2013). En las unidades de producción, el destete se implementa cuando se considera que el cordero ya no es dependiente de la leche materna, este manejo se realiza dependiendo del objetivo productivo de la unidad, clasificándose en tradicional y precoz. El destete tradicional se realiza en corderos entre los 60 y 140 días de edad, mientras que el destete precoz se lleva a cabo antes de los 60 días de edad teniendo como beneficio la rápida recuperación de condición corporal de la hembra y el retorno a la ciclicidad reproductiva (García y Oliva, 2016).

2.3.1 Factores desencadenantes de estrés

Existen diversos estresores sociales, físicos y nutricionales; particularmente la introducción de una nueva dieta, un ambiente con dinámicas sociales diferentes, así como la separación materna son factores que influyen en el estado de estrés en corderos destetados (Karakus, 2014). Los efectos de mayor impacto en la productividad con respecto a la deficiente respuesta inmune y mayor susceptibilidad a enfermedades parasitarias, se centran en mayor sensibilidad a coccidia (Orgeur *et al.*, 1999). Así mismo, se ha demostrado que la capacidad de la glándula

adrenocortical sufre un decremento para modular las concentraciones de cortisol en corderos destetados, en comparación con corderos sin exposición a estresores (Fazio *et al.*, 2014).

La respuesta inmune inducida por el estrés de los corderos durante el destete se refleja en parámetros hematológicos, que varían desde el aumento de norepinefrina, cortisol y aumento de proteínas de fase aguda que regulan procesos inflamatorios, como la activación de IL-1, IFN- γ y TNF- α , que actúan como mediadores específicos de procesos de estrés y de infecciones (Zhang *et al.*, 2018).

2.3.2 Mecanismos reguladores de estrés

Frente a un estímulo estresante se desencadenan respuestas adaptativas del sistema nervioso autónomo, simpático y endócrino; por una parte la liberación de catecolaminas induce un estado de alerta que aumenta las constantes fisiológicas, además de inducir la remoción de reservas energéticas para proporcionar más energía al animal; por otra parte la respuesta endocrina genera liberación de CRH junto con AVP en el hipotálamo, estimulando la secreción hipofisaria de ACTH que se une a receptores adrenales para la producción de glucocorticoides, principalmente cortisol en ovinos (Alzugaray y Sánchez, 2020), que interfiere en la adecuada respuesta del sistema inmunológico y afecta procesos digestivos, reproductivos y de crecimiento (Lazo, 2023).

En respuesta ante estímulos estresantes, la microbiota gastrointestinal tiene injerencia en el eje hipotálamo-pituitario-adrenal al regular los niveles de cortisol, esto se ha demostrado en el monitoreo de ratones libres de patógenos y un grupo

de ratones inoculados con bacterias ácido lácticas (BAL), donde se registró que en el primer grupo se presentó una respuesta exacerbada de citocinas inflamatorias ante situaciones de estrés, mientras que en el grupo inoculado con probiótico hubo menor nivel de corticosterona, mejor manejo del estrés y menor activación de citocinas proinflamatorias (Gómez *et al.*, 2019).

Como alternativa para modular el estrés, incrementar la microbiota intestinal y mejorar la respuesta inmune, la implementación de suplementos nutricionales que mejoren el metabolismo, ha dado resultados eficientes, como es el caso de la utilización de probióticos (Vargas *et al.*, 2004).

2.4 Agentes patógenos en cuadros diarreicos en corderos

Los corderos pueden presentar cuadros diarreicos influidos por patógenos a los que son expuestos al momento del destete, como consecuencia se suprime su sistema inmune y quedan susceptibles a patógenos entéricos.

2.4.1 *Salmonella spp.*

Pertenece al género *Enterobacteriácea*, por su estructura celular es clasificada como bacilo Gramnegativo, anaerobia facultativa, no esporulada, flagelada; utiliza citrato como única fuente de carbono y posee metabolismo de tipo oxidativo y fermentativo; crece en un rango de temperatura que va desde 5°C a 47°C, el pH óptimo de crecimiento oscila entre 6.5 y 7.5 (González *et al.*, 2014). Son persistentes en ambientes cálidos y húmedos durante períodos prolongados, regularmente son aisladas de efluentes de las granjas y aguas residuales (CFSPH, 2005).

Dentro de los factores de supervivencia en el hospedero se resalta la existencia de adhesinas, las cuales tienen como función principal el reconocimiento de receptores celulares con una estereoquímica específica, así mismo les confiere la capacidad de activación de linfocitos B y neutrófilos, lo que resulta en una variedad de respuestas como la proliferación celular y la secreción de citocinas (Figueroa y Verdugo, 2005).

Los signos clínicos de la salmonelosis pueden ser sistémicos y entéricos. *Salmonella abortus* causa abortos en la últimas cuatro a seis semanas de gestación, las ovejas infectas pueden presentar pirexia, pero suele ser una enfermedad que pasa desapercibida, en algunas ocasiones los corderos pueden nacer aparentemente sanos; sin embargo, se puede presentar diarrea durante las primeras dos a tres semanas de vida (Grimont, *et. al.*, 2000).

2.4.2 *Escherichia coli*

Son bacilos rectos, son Gramnegativas, capsulares, anaerobias facultativas, pueden presentar flagelos peritricos o ser inmóviles, tienen un metabolismo fermentativo como oxidativo, son oxidasa negativa y catalasa positiva, su temperatura óptima de crecimiento es de 37°C; es uno de los primeros organismos en colonizar al neonato por medio del canal de parto y las heces de su madre (Aquili, 2007); el pH óptimo de desarrollo es de 7.2 (Canet, 2016).

En la fisiopatología, la afección al mecanismo del enterocito es lo que determina la pérdida de homeóstasis debido al aumento de secreción electrolítica hacia espacio extracelular, el aumento de la permeabilidad de las uniones intra e intercelulares y

al cambio estructural, en conjunto ocasiona la pérdida de la capacidad de absorción, acúmulo de solutos en el lumen intestinal y finalmente produce diarrea (Farfán *et al.*, 2016).

Las cepas vinculadas a diarreas en corderos han sido relacionadas con la presencia de fimbrias PS y F41, así mismo la fimbria F5 es un antígeno capsular común en cepas enterotoxigénicas de terneros y corderos (Cid, 1993); esta íntima adherencia bacteriana también es facilitada mediante los efectores de los sistemas de secreción tipo III y la polimerización responsable de la alteración del citoesqueleto y por ende del daño y pérdida de función de microvellosidades (Carlos *et al.*, 2019).

2.4.3 *Clostridium perfringens*

Pertenece al género *Clostridium*, es formadora de esporas y no crecen en presencia de oxígeno. Es una bacteria Grampositiva, inmóvil, sus colonias son grandes, redondas, de color ligeramente opaco y brillantes, la mayoría de las cepas crecen a una temperatura de entre 37 a 45 °C, aunque pueden resistir temperaturas de hasta 6 a 50 °C; esta es una de las especies que mejor prolifera, su facilidad para producir una patología se ve potencializada por su producción de más de 20 toxinas y enzimas (García *et al.*, 2019).

Forma parte de la microbiota intestinal habitual de los rumiantes, puede ser encontrada en múltiples entornos a los cuales están expuestos los corderos, como es el suelo, el agua, alimento mal conservado, calostro, leche. Es un habitante habitual del intestino, no obstante, si se le da las condiciones para proliferar, puede

resultar en una enterotoxemia causando daños locales y sistémicos (Daly y Rotert, 2007).

La tipificación de la toxina de *C. perfringens* está dividida en cinco tipos (A, B, C, D y E) según sea la producción de toxinas, alfa, beta, épsilon u iota, además existen otras 15 toxinas proteicas más. Una de estas toxinas no clasificadas y que es de importancia patológica es la responsable de causar diarreas es la enterotoxina CPE, esta toxina es la causante principal de la intoxicación producida por *C. perfringens* tipo A, produciendo diarreas en ovinos, tiene actividad letal, citotóxica y enterotóxica, producen daños a nivel morfológico y fisiológico. El mecanismo de acción de esta enterotoxina inicia con las proteínas claudinas, las cuales son importantes para la formación de la unión de las células epiteliales (Morris y Fernández, 2009).

2.5 Bacterias ácido lácticas

Un probiótico es un aditivo con microorganismos vivos que afectan positivamente al animal huésped al mejor el equilibrio microbiano (Nautiyal, *et. al* 2018). Para que una cepa bacteriana sea considerada probiótico es necesario que se demuestren los beneficios para la salud, además de llegar vivas al órgano diana y en cantidad suficiente para causar un cambio en la microbiota residente (Oliveira y González, 2016).

Las bacterias ácido lácticas (BAL) consideradas como probióticos, pueden tener forma bacilar, recta o curva, presentarse de forma individual o en cadenas cortas; crecen en superficies sobre medios sólidos, favorecidos por temperaturas entre 35

y 38°C y en un pH de 5.5 a 5.8; así mismo, su tasa de proliferación aumenta en condiciones de anaerobiosis, en concentración de O₂ inferior al 5 a 10 % (Estrada *et al.*, 2017). Son Gram positivos, no esporulados, inmóviles, microaerófilos o aerotolerantes, oxidasa, catalasa y benzidina negativos, producen como principal metabolito el ácido láctico (Ramírez *et al.*, 2011). Hidrolizan péptidos de la leche para poder emplear los aminoácidos libres en el crecimiento de las BAL que dependen de proteinasas, peptidasas y sistemas de transporte de aminoácidos y péptidos específicos (Parra, 2010).

Se clasifican en los géneros: *Lactobacillus*, *Erysipelothrix*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Aerococcus*, *Gemella*. El género se define en parte por sus productos metabólicos, y la mayoría de las especies son homofermentadoras; es decir, forman ácido láctico a partir de la glucosa como principal producto de fermentación. Pueden encontrarse especies heterofermentadoras que producen alrededor de 50% de ácido láctico y cantidades variables de CO₂, ácido acético y etanol a partir de la glucosa. Todas las BAL pueden habitar tanto en plantas como animales, por esto poseen una nutrición exigente, deben ser suministrados con carbohidratos, aminoácidos, vitaminas, derivados de ácidos nucleicos, ácidos grasos, entre otros (Teuber, 1993).

2.5.1 Mecanismos de acción

Las bacterias ácido lácticas poseen los siguientes mecanismos de acción; el primero es la producción de antimicrobianos, debido a que tienen la capacidad de suprimir el crecimiento de patógenos pues producen sustancias antibacterianas como ácido

láctico, peróxido y bacteriocinas que afectan el metabolismo bacteriano y la producción de toxinas. En segundo lugar, la competencia por receptores de adhesión ya que compiten contra patógenos por el sitio de unión a la pared del epitelio intestinal; de igual manera, los probióticos tienen requerimientos nutricionales estrictos por lo tanto tienen mayor capacidad para competir por nutrientes contra los patógenos. Por último, estimulan la inmunidad dado que pueden atravesar la barrera epitelial intestinal estimulando las células inmunocompetentes, favorecen la producción de las células supresoras o auxiliares y estimulan la diferenciación de linfocitos. Las cepas probióticas administradas por vía oral pueden estimular la actividad de los macrófagos contra diferentes cepas bacterianas, este efecto puede ser producido por la absorción del antígeno soluble o por la translocación de los lactobacilos a través de la pared intestinal hacia el torrente sanguíneo (Rogelj, 1994)

Las BAL también poseen mecanismos antagónicos al reducir el pH del medio, generando un ambiente poco adecuado para el crecimiento de microorganismos que requieren pH casi neutros para sobrevivir, producen ácidos orgánicos que aumentan la acidez e inhiben el crecimiento de otras bacterias; producen biocinas que son sustancias proteicas que actúan sobre la pared celular de otras bacterias generando su muerte (Jurado y Jarrín, 2015).

El suministro de bacterias probióticas puede influir en la microbiota al aumentar el número de *Lactobacillus* y otros géneros anaerobios, añadirlas a la dieta estimula la respuesta inmune de IgA y el transporte de antígenos diana a través de las placas de Peyer, donde se realizan respuestas inmunitarias específicas. También

estimulan la producción de interferón- γ y contribuye a la presentación de antígenos por la vía de expresión del MHC clase II y estimula la respuesta de IgA; así mismo, influyen en la permeabilidad de la mucosa ya que reconstruyen el transporte de macromoléculas dañadas y son capaces de influir de manera positiva en las lesiones causadas por la respuesta inflamatoria en la membrana y la respuesta inmune del antígeno. La aplicación de algunas cepas de bacterias ácido lácticas produce mayor actividad de macrófagos peritoneales, pulmonares y leucocitos sanguíneos (Herich y Levkut, 2002).

2.5.2 Características de *Lactobacillus*

El género *Lactobacillus* está caracterizado por bacilos delgados y largos, grampositivos, algunos pueden ser cocobacilos cortos y cocobacilos corineformes, comúnmente se encuentran en cadenas cortas, no forman esporas, son anaerobios facultativos o estrictos en un 20%, en ocasiones pueden ser microaerófilos, su crecimiento puede aumentar en presencia de CO₂, no son encapsulados, poseen flagelos peritricos y su temperatura de crecimiento es de 30 a 40°C (MacFaddin, 2000).

Dentro del grupo de las bacterias ácido lácticas, el género *Lactobacillus* es uno de los más importantes, ya que tienen notables beneficios para el huésped, tienen requerimientos nutricionales que demandan carbohidratos, producto de degradación de proteínas, vitaminas y una baja tensión de oxígeno, su principal producto es el ácido láctico. Su capacidad de digerir proteínas, carbohidratos y

grasas hace de este uno de los géneros más relevantes como probiótico (Jurado y Jarrín, 2015).

Se categorizan como probióticos debido a que cumplen con ciertas características, las cuales incluyen estabilidad frente a ácidos gástricos y biliares, adecuada adhesión intestinal específicamente a las placas de Peyer y a las células M, las cuales son enterocitos que se especializan en la captación de antígenos (Ramiro, 2008) para así asegurar la competencia con enteropatógenos, además de la producción de sustancias antimicrobianas como bacteriocinas que tengan respuesta contra patógenos como *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas spp* y *Clostridium difficile*, (Salazar y Montoya, 2003)

2.5.3 Beneficios de los *Lactobacillus*

Herrera (2010) y Lopez (2015) coinciden en que en las primeras dos semanas de vida de terneras a las que se les administró *Lactobacillus* obtuvieron mejor ganancia diaria de peso (GDP) y presentan menor incidencia de diarreas

De igual manera Ayala *et al.*, (2019) hace referencia a que con la suplementación de *Lactobacillus casei* en corderos, mejora la consistencia de las heces lo que se relaciona indudablemente con un mejor proceso de digestión, absorción de nutrientes y una menor población de enterobacterias; así mismo hubo una mayor estimulación inmunológica debido a la producción de citocinas por los macrófagos y en cuanto a los metabolitos sanguíneos aumentó la concentración de PT, albúmina y globulinas. Por otra parte, se registró una reducción de colesterol sanguíneo debido a que el ácido propiónico aumenta como resultado a la

fermentación de las BAL e inhibe la hidroximetilglutaril-CoA reductasa que regula la síntesis de colesterol (Ayala *et al.*, 2019). Además, se disminuye la producción de gas metano, tiene un efecto fibrolítico y mejor conversión alimenticia (Galina *et al.*, 2008).

III. JUSTIFICACIÓN

La nutrición y la integridad gastrointestinal son los principales responsables de un adecuado desarrollo de los animales, es por ello que se debe orientar la investigación en suplementos que favorezcan la integridad intestinal y a la vez no fomenten la resistencia a antimicrobianos, ya que el uso indiscriminado de los antibióticos como profiláctico y promotor del crecimiento ha ocasionado una problemática de salud pública. En consecuencia, la utilización de bacterias ácido lácticas como probiótico representa una oportunidad para corroborar su funcionalidad en el mantenimiento de la homeóstasis intestinal durante el destete, ya que es una etapa donde existe mayor vulnerabilidad para el desarrollo de cuadros entéricos.

IV. OBJETIVOS

General

Valorar el efecto de *Lactobacillus casei* en el control de cuadros diarreicos y el comportamiento productivo de corderos destetados.

Específicos

- Estimar el consumo de materia seca del alimento y la ganancia diaria de peso en los corderos suplementados con *L. casei*.
- Evaluar actividad microbiana ruminal en los corderos suplementados con *L. casei*.
- Determinar la capacidad probiótica de *Lactobacillus casei* en el control de cuadros diarreicos en los corderos.
- Evaluar la composición de la microbiota gastrointestinal mediante el conteo de coliformes y lactobacilos en heces en los corderos suplementados con *L. casei*.

V. HIPÓTESIS

Lactobacillus casei tiene efecto positivo en el control de cuadros diarreicos y en el comportamiento productivo de corderos destetados.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el módulo de ovinos de la posta zootécnica “El Salado”, laboratorio de Nutrición Animal y Laboratorio de Microbiología y Salud Pública de la FMVZ-BUAP, localizada en El Salado perteneciente al municipio de Tecamachalco, Puebla. Se ubican en Latitud norte: 18° 53' 05" y Latitud oeste: 97° 43' 42", a una altura de 2036 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2021), su clima es templado subhúmedo, con temperatura máxima de 37°C y mínima de 13.4°C, tiene una precipitación pluvial de 580 mm (CUPREDER, 2011).

6.1 Selección de animales

El sistema de producción intensivo estuvo conformado por 22 hembras de raza Pelibuey, las cuales estuvieron bajo un protocolo de sincronización del estro mediante métodos hormonales y posteriormente se gestaron por medio de monta natural de machos de la misma raza.

Al nacimiento de los corderos se aseguró la ingestión de calostro, y su manejo consistió en registrar el peso al nacimiento, colocar método de identificación temporal y al tercer día de edad se administró 0.25 mL de complejo B vía intramuscular y 0.07 mL de selenio vía subcutánea. Durante la lactancia, los corderos permanecieron con sus madres y se les ofreció alimento preiniciador marca PABSA® a partir de las dos semanas de edad.

Los corderos fueron destetados a los 67 días de edad con un peso promedio de 14.6 kg (\pm 2.82 kg), fecha en que se inició el presente trabajo experimental,

conformándose un grupo de 20 corderos (11 machos y 9 hembras) de edades homogéneas, mismos que se identificaron de manera individual y se reubicaron en un corral donde permanecieron durante el experimento.

6.2 Protocolo experimental

Los corderos destetados se identificaron de manera individual por medio de arete, se pesaron en ayunas y se procedió a la administración de selenio, (Vitamina E acetato 60 mg y selenito de sodio 10.95 mg/mL), dosis de 0.15 mL vía subcutánea, Vitamina A 500.000 UI, Vitamina D3 75,000 UI y Vitamina E 50mg/ mL, dosis de 0.5 mL vía intramuscular y administración de ivermectina 10 mg/mL, dosis de 0.3 mL vía subcutánea.

Los corderos se distribuyeron de manera aleatoria en dos tratamientos:

1. Con probiótico

2. Sin probiótico

En el día 1 se inició la administración en ayunas de bacterias ácido lácticas (Yakult®, 10^8 /mL *Lactobacillus casei*) a cada cordero iniciando con una toma diaria de 15 mL/d usando una jeringa hasta el día 7 como periodo de adaptación; del día 8 al 14 se administraron 30 mL/d y del día 15 al 49 se administraron 45 mL/d.

Se ofreció una dieta de forraje y concentrado, estimando un consumo inicial de 4% de acuerdo con el peso de los corderos. El forraje fue alfalfa henificada y el alimento

peletizado para ovinos en crecimiento marca BORREPAB, PABSA®, iniciando con un porcentaje de 50% de forraje.

6.3 Análisis químicos de los alimentos

Se tomaron muestras de forraje y concentrado, se identificaron y se llevaron al laboratorio de Nutrición Animal de la FMVZ para su posterior análisis.

a) Materia seca

Se determinó mediante el secado de 10 g de muestra colocados en charolas a peso constante e introducidos en una estufa de aire forzado (marca Riossa® HC-48) por 4 h a 110°C. El porcentaje se determinó tomando en cuenta el peso de la muestra en balanza analítica (marca Pionner- OHAUS®) antes y después del secado, mediante la siguiente fórmula (AOAC, 1990):

$$\%MS = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra húmeda}} \times 100$$

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

b) Cenizas y materia orgánica

La determinación de cenizas y materia orgánica se realizó por incineración de las muestras que fueron colocados en crisoles de porcelana puestos previamente a peso constante. Las muestras se introdujeron a la mufla (marca Lindberg®) a 550°C por 5 horas. Se dejó enfriar, se colocaron en un desecador y se obtuvo el peso (AOAC, 1990).

Los resultados se determinaron mediante las siguientes fórmulas:

$$\%Cenizas = \frac{Peso\ cenizas}{Peso\ muestra} \times 100$$

$$\%Materia\ orgánica = \%MS - \%Cenizas$$

c) Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA)

Se pesaron 0.5 g de muestra, se introdujeron en bolsas filtro marca Ankom® F57 (puestas previamente a peso constante) y se sellaron. Se procedió a preparar la solución FDN (EDTA di sódico y etilenglicol, Mca Ankom®) con agua destilada, y con un potenciómetro (marca Mca Conductronic®) se corroboró un pH de 6.9 a 7.1. Las muestras se sometieron a ebullición por 60 min con la solución FDN, se realizaron tres enjuagues con agua destilada a ebullición por 10 min. Se hizo un enjuague final con alcohol, se dejaron secar al ambiente y se colocaron en la estufa de aire forzado (marca Riossa® HCF-48) a 60°C por 12 h. Finalmente, las bolsas fueron colocadas en un desecador por 2 h hasta obtener el peso constante.

Con el residuo de FDN se realizó la misma metodología para FDA, utilizando solución ácida (bromuro de cetiltrimetilamonio, solución FDA, Mca Ankom®) y ácido sulfúrico.

Los cálculos se realizaron mediante las siguientes fórmulas:

$$FDN\% = \frac{Gramos\ de\ FDN}{Peso\ muestra} \times 100$$

$$FDA\% = \frac{Gramos\ de\ FDA}{Peso\ muestra} \times 100$$

d) Extracto etéreo

Se colocaron vasos para extracción de grasa en la estufa de aire forzado (marca Riossa® HC-48) a 110 °C durante 2 h, después se pasaron al desecador para obtener su peso constante (Balanza marca Pionner- OHAUS®).

Se pesaron 2 g de muestra molida, se colocaron en un dedal de celulosa (marca Whatman®) limpio, se tapó con un pedazo de algodón, posteriormente se colocó en un porta dedal y se fijó a los soportes metálicos del equipo.

Se añadieron 30 mL de éter etílico al vaso para grasa y se fijó al condensador. Se puso en marcha al equipo Goldfisch (marca Craft®) y se observó que el éter comenzara a hervir y condensarse.

El tiempo de extracción fue de 5 h a una velocidad de condensación de 5 gotas de éter por segundo; terminado este proceso se apagó el equipo, se dejó enfriar y se recuperó el éter; los vasos se colocaron en la estufa de aire forzado (marca Riossa® HC-48) a 110 °C durante 1 h, pasado el tiempo se colocaron en un desecador y se pesaron.

Para calcular el porcentaje de extracto etéreo (EE) en base seca se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de EE}(\text{base seca}) = \frac{\text{g de EE}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

e) Proteína cruda

Se utilizó la metodología micro Kjeldahl (marca Labconco®). Para la digestión se pesaron 0.3 g de muestra (Balanza analítica Pionner-OHAUS®), se agregaron 1.5 g de mezcla catalizadora, se colocaron en el matraz y se agregaron 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se realizó la digestión hasta que la solución se tornó transparente y se dejó enfriar. Se añadió 50 mL de agua destilada y se agitó hasta disolver el material cristalino.

Para la destilación, se depositaron 25 mL de solución boratada indicadora en un matraz Erlenmeyer y se colocó debajo del refrigerante del destilador. En el matraz se adicionaron perlas de vidrio y se agregaron lentamente 25 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%, posteriormente se colocó el matraz en las parrillas de destilación y se conectó al condensador hasta obtener 75 mL de destilado.

La titulación se realizó con ácido clorhídrico al 0.1 N, anotando los mililitros utilizados hasta virar de un color verde a un color rosado claro.

Para calcular la cantidad de nitrógeno en la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% N = \frac{(ml)(Normalidad\ del\ ácido)(1.4)}{Peso\ de\ la\ muestra\ en\ gramos}$$

$$\%N \times 6.25 = proteína$$

6.4 Variables productivas

Se registró el cambio de peso vivo de los corderos cada 7 días, y el consumo de alimento (forraje y concentrado) y la lectura de forma de las heces (cuadros diarreicos), se realizó todos los días durante todo el periodo experimental.

a) Consumo de alimento (AC): Todos los días se pesó el forraje y concentrado, y al siguiente día se pesó el sobrante. La cantidad de alimento que se ofreció incrementaba o aumentaba de acuerdo con el rechazo obtenido (no mayor al 10%).

Los datos se obtuvieron mediante la fórmula siguiente:

$$AC = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado}$$

b) Ganancia de peso (GP): se pesaron los corderos de manera individual y en ayunas cada semana. Los datos se obtuvieron mediante la fórmula siguiente:

$$GP = \text{Peso final del periodo} - \text{Peso Inicial del periodo}$$

c) Conversión alimenticia (CA): indica los kilogramos de alimento que consume un animal para producir 1 kg de peso vivo. Se calculó por periodo, mediante la fórmula:

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

6.5 Presencia de diarreas

La evaluación se realizó por la presencia de materia fecal en lana, alrededor del ano, cola, piernas y corvejones. Se utilizó la escala de calificación suciedad tren

posterior de acuerdo con el Proyecto Europeo de Indicadores de Bienestar Animal (The European Animal Welfare Indicators Project, 2015), donde:

- 0 = Sin suciedad en la zona alrededor del ano
- 1 = Una pequeña cantidad de materia fecal alrededor del ano
- 2 = Suciedad alrededor del ano y zonas de lana apelmazadas de materia fecal adherida a la lana
- 3 = Suciedad que se extienden más allá del ano hasta la cola y sobre la parte superior de las piernas
- 4 = Zonas de lana apelmazadas de materia fecal adherida a la lana desde piernas traseras hasta corvejones

Se tomó en cuenta como animales sanos y heces de consistencia normal a los corderos en puntuación 0 a 2, considerando a animales en puntuación 3 y 4 como cuadros diarreicos.

6.6 Variables ruminales

Al final del periodo experimental se extrajeron aproximadamente 20 mL de líquido ruminal mediante sonda esofágica en seis corderos de cada tratamiento. Las muestras se colocaron de manera individual en vasos de precipitado y se mantuvieron a 39°C en baño María en condiciones anaeróbicas y fueron procesadas inmediatamente para el análisis de las siguientes variables:

a) pH ruminal: se colocaron 10 mL de líquido ruminal en un vial de vidrio y se realizó la medición con potenciómetro (marca Conductronic®) el cual fue calibrado previamente a pH 7.0 y 4.0.

b) Actividad microbiana: la prueba consistió en agregar a un tubo de ensayo 0.5 mL de una solución al 0.03% de azul de metileno y 9.5 mL de líquido ruminal. Se mezcló y se registró el tiempo que cada solución tardó en virar a su color original, clasificando los resultados como flora ruminal activa en muestras que tardaron menos de 6 min, actividad baja en las que tuvieron un tiempo superior a los 7.5 min, flora escasa a los 10 min y flora nula si la solución permanecía con el pigmento (Rodríguez y Rodríguez, 2011; Torres *et al.*, 2015).

6.7 Conteo de lactobacillus y coliformes en heces

Al final del experimento se obtuvieron muestras de heces de seis corderos por tratamiento, mediante estimulación rectal utilizando guantes de nitrilo. Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico, selladas y almacenadas en refrigeración a 4°C hasta su análisis. Por cada muestra recolectada se prepararon siete tubos de solución peptonada al 8.5%, medios de cultivo con agar MacConkey (marca DIFCO®) y medio de cultivo con agar APT (medio de cultivo para *Lactobacillus* hetero fermentativos marca DIFCO®), siguiendo las especificaciones del proveedor. Se pesó 1 g de heces en una balanza analítica (marca DENVER®), se colocó en un tubo de vidrio con tapón de baquelita con 9 mL de solución peptonada al 8.5%, se homogeneizó y se realizaron diluciones seriadas de 10⁻¹ hasta 10⁻⁷.

a. Siembra y conteo de UFC de coliformes

Se tomaron 100 μL de cada una de las diluciones (10^{-1} hasta 10^{-7} .) utilizando una micropipeta, cada muestra se sembró por duplicado en medio Mac Conkey y distribuyendo la dilución con el asa de Digrafsky, los cultivos se incubaron a 37°C durante 24 hrs en condiciones de microaerofilicas en incubador (marca TERLAB[®]). Posteriormente, se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) en cada caja usando un contador de colonias automático (marca SOL-BAT[®]).

b. Siembra y conteo de UFC de lactobacillus

Se tomaron 100 μL de cada una de las diluciones (10^{-1} hasta 10^{-7} .) utilizando una micropipeta, cada muestra se sembró por duplicado en medio APT y distribuyendo la dilución con el asa de Digrafsky, los cultivos se incubaron a 37°C durante 48 hrs en condiciones de microaerofilicas en incubador (marca TERLAB[®]). Posteriormente, se realizó el conteo de UFC en cada caja usando un contador de colonias automático (marca SOL-BAT[®]), expresando los resultados en UFC/mL.

Todos los materiales utilizados fueron previamente esterilizados en una autoclave de gas a 15 psi a 121°C durante 15 min.

6.8 Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para mediciones repetidas en la variable peso y ANDEVA de una vía para las variables ruminales, si el ANDEVA era significativo se realizó prueba de comparación de medias Bonferroni con $P=0.05$. Para las variables microbiológicas de conteo de unidades formadoras de colonias

se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis; todo mediante el paquete estadístico R Core Team 2020.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Composición química de los alimentos

En el **Cuadro 1** se muestran los resultados del análisis químico del concentrado y forraje utilizados.

Cuadro 1. Composición química del concentrado y forraje ofrecidos a corderos con y sin suplemento de *Lactobacillus casei*

Componente	Forraje*	Concentrado**
	%	
Materia seca	89.3	89.4
Humedad	10.6	10.5
Proteína cruda	20.04	16.02
Extracto etéreo	2.26	2.57
Cenizas	9.7	9.1
MO	79.6	80.3
FDN	36.74	29.34
FDA	20.49	9.23

MO= Materia orgánica; FDN= Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido

*Heno de alfalfa; ** Concentrado comercial (BORREPAB, PABSA®): salvadillo, E-A, acemite, sorgo, maíz, trigo, cebada, avena, salvado de maíz, pulpa cítrica, pasta de coco, harina de coco integral, harina de palmiste, harina de trigo, raíz de malta, pulido de arroz, pasta de canola, pasta de soya, granos secos de destilería, melaza de caña, buferizante (bicarbonato de sodio), vitaminas (A,D3, E, nicotinamida), minerales: (manganeso, zinc, hierro, cobre, yodo, selenio, cobalto, cloruro de amonio), decoquinato, fungicida (propionato de amonio, ácido propiónico), antioxidante: BHA/BHT, calcio, fósforo, sal.

La composición de la dieta permaneció en el rango nutricional que mencionan Hernández *et al.* (2022) en concentrados para destete y desarrollo, quienes registran porcentaje de MS de 90.83%, MO de 92.70%, cenizas de 7.30%, FDN de 29.85% y FDA de 5.96%. Por otra parte, Rojas *et al.* (2005) evaluaron la suplementación en corderos posdestete con alimento concentrado cuyo contenido nutricional fue de 87.8% de MS, 77.48% de MO, cenizas de 10.39%, 15.75% de PC y 6.39% de extracto etéreo. Con relación a las necesidades de ovinos con destete precoz y rápido crecimiento (NRC, 1985) con 20 kg de peso vivo, el requerimiento

de proteína indicado es 16.9%, en la dieta utilizada la proteína cruda del concentrado fue de 16.02% y de la alfalfa 21.04% con lo cual se cubrió el requerimiento.

7.2 Variables productivas

Los resultados del consumo promedio de alimento por semana se muestran en el

Cuadro 2.

Cuadro 2. Promedio de consumo de alimento (BS) por cordero al día y consumo acumulado.

Semana	Consumo (kg/día)	Consumo acumulado, kg/semana
1	0.450	3.15
2	0.522	3.65
3	0.534	3.73
4	0.556	3.89
5	0.653	4.57
6	1.013	7.09
7	1.216	8.51
	0.707 kg promedio	34.6

El consumo promedio fue 707 g/día, el cual es menor a lo reportado en ovinos con un peso promedio de 21.94 kg y 24.56 kg suplementados con probiótico, donde el consumo fue de 841 a 890 g/día sin diferencia entre el grupo experimental y el testigo (Ruiz *et al.*,2020). Gutiérrez y Borroto (2020) reportan mejora en el consumo de alimento con la adición de 15 g de probiótico láctico al suplemento ofrecido una vez por día a corderos Pelibuey. También se reportan resultados similares por Gutiérrez *et al.*, (2012) en el monitoreo de un aditivo microbiano en cabras Saanen,

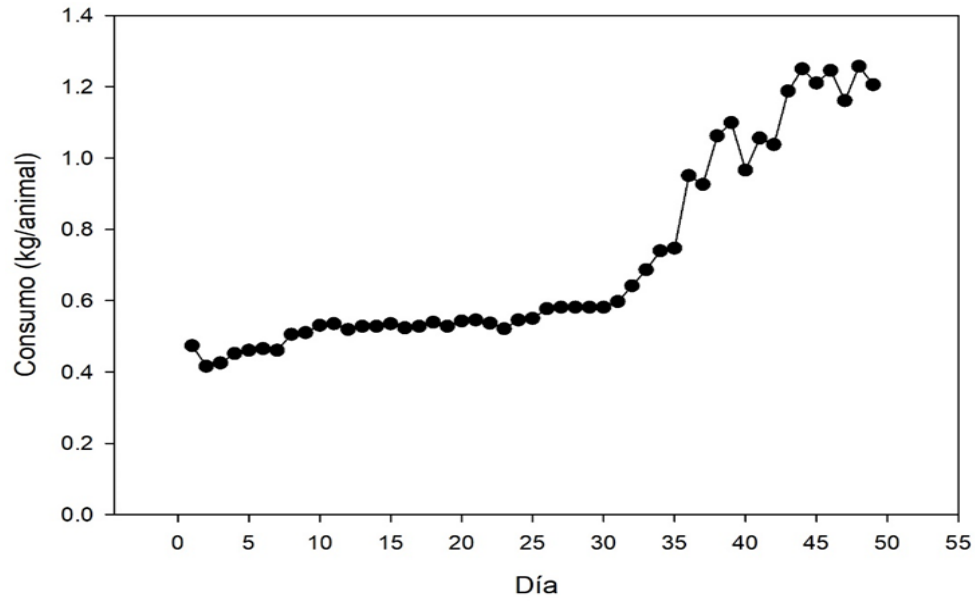
donde se implementaron tres tratamientos, administrando al grupo 1 una dieta base de concentrado y forraje; grupo 2 dieta base + 6 mL de suplemento probiótico y grupo 3 dieta base + 12 mL de suplemento probiótico; reportando mejores resultados en el grupo 2, con menor cantidad de probiótico adicionado, reflejado en mayor consumo de MS, FDN y mayor grado de utilización de los nutrientes contenidos en la dieta.

Se observó incremento de consumo en la semana 5 (653 g/d, promedio), en la semana 6 fue variable en un rango de 926 a 1180 g/d, y en la semana 7 el consumo se estabilizó en 1.216 kg/d (**Gráfica 1**); sin embargo, no se analizó la digestibilidad del alimento, ya que Hillal *et al.* (2011) al utilizar *Lactobacillus casei* observaron mejor digestibilidad de la proteína.

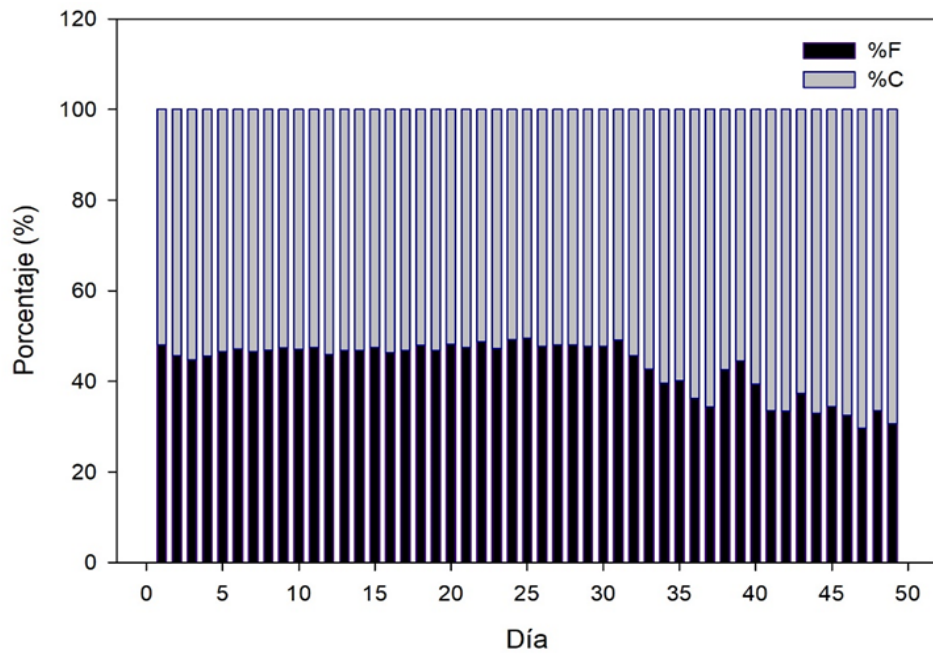
Al inicio del experimento los animales fueron alimentados en proporciones iguales de forraje y concentrado (50:50); fue en la semana 6 que el porcentaje de concentrado aumentó a 65% y disminuyó el forraje a 35% (**Gráfica 2**).

Los resultados de ganancia de peso por semana se muestran en el **Cuadro 3**.

No hubo diferencia estadística en el peso y GDP entre el grupo experimental y el grupo testigo. Estos resultados son congruentes con los reportados en un experimento con probióticos de pasta de coco donde no hubo diferencia por efecto de la suplementación (Flores *et al.*, 2005). En contraste, en ovinos de tres meses de edad en pastoreo y suplementados con simbióticos se observó mejora en la ganancia diaria de peso con respecto al grupo testigo (Carrera y Carrera, 2023); resultados similares fueron reportados por Blanch (2015).



Grafica 1. Consumo de alimento por día en corderos durante 49 días.



Grafica 2. Porcentaje de forraje y concentrado consumidos por corderos durante la fase experimental.

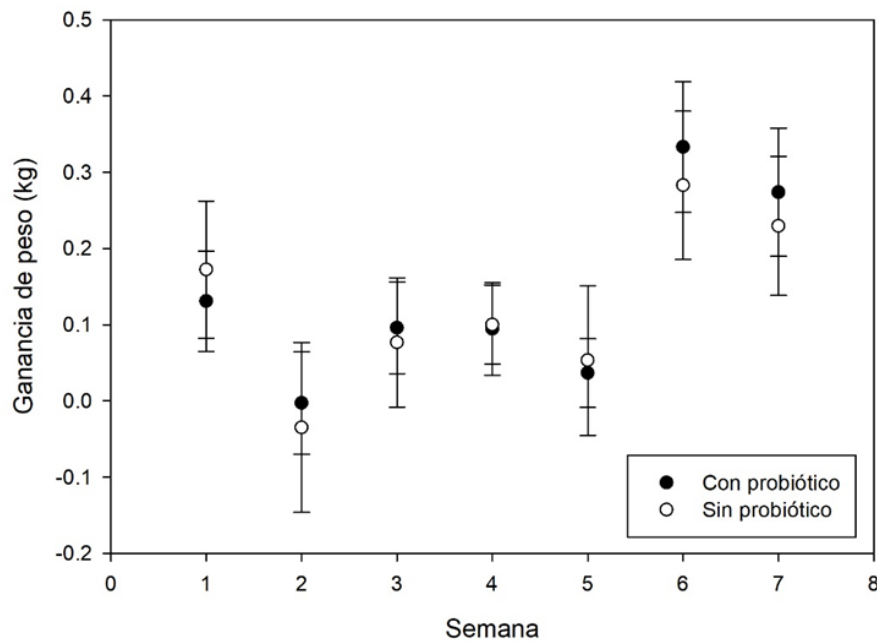
Cuadro 3. Aumento de peso y ganancia diaria de peso (GDP) en corderos con y sin probiótico.

	Con probiótico Peso (kg promedio)	Sin probiótico Peso (kg promedio)	Con probiótico GDP (kg/día)	Sin probiótico GDP (kg/día)
Peso				
inicial	14.76	14.53		
Semana 1	16.68	15.73	0.131	0.172
Semana 2	16.66	15.49	-0.003	-0.035
Semana 3	16.33	16.03	0.096	0.076
Semana 4	16.99	16.73	0.094	0.100
Semana 5	17.24	17.09	0.036	0.053
Semana 6	19.57	19.08	0.333	0.283
Semana 7	21.49	20.68	0.274	0.229

Al inicio del experimento se observó menor ganancia de peso (131 g) en los corderos que recibieron probiótico en comparación con el tratamiento testigo (172g), lo cual pudo deberse a la adaptación de la microbiota ruminal de los corderos que recibieron el probiótico. La GDP promedio fue de 137.2 g y 125.5 g con y sin probiótico, respectivamente, inferior a lo reportado por Hernández *et al.* (2022) en corderos Pelibuey posdestete suplementados con concentrado comercial, reportando una GDP promedio de 203 y 252 g/d. No se encontraron diferencias ($P > .0001$) en las variables de cambio de peso y ganancia de peso en los tratamientos evaluados (**Gráfica 3**); posiblemente los mejores resultados se

manifiestan en la fase lactante hasta el destete de los corderos como lo indican Hernández *et. al.* (2022).

En el **cuadro 4** se muestra el resumen de resultados productivos de los corderos, observándose una CA en BS de 5.1 (5.8 en BH) en el grupo suplementado con BAL, y en el grupo testigo una CA de 5.6 (6.3 en BH), sin diferencias estadísticas.



Grafica 3. Comportamiento de la ganancia de peso semanal en corderos durante la fase experimental.

Rodríguez *et al.*, (2017) monitorearon una dieta tradicional con mayor contenido de forraje de baja calidad estableciendo una CA de 13.7 con una baja rentabilidad, en contraste, dietas con mayor inclusión de concentrado y urea obtuvieron una conversión alimenticia de entre 4.81 y 5.12 reflejando una mejor eficiencia alimentaria con concentrados.

Cuadro 4. Resumen de variables productivas en corderos con y sin la administración de lactobacilos casei durante 7 semanas.

Variable	Con probiótico	Sin probiótico	P>F
Peso al destete, Kg	14.76	14.53	P>.0001
Peso final, kg	21.48	20.68	P>.0001
Ganancia de peso, kg	6.72	6.15	P>.0001
Ganancia diaria, g/día	137.2	125.5	P>.0001
Consumo total, kg BH	38.7	38.7	P>.0001
Conversión alimenticia, BH	5.8	6.3	P>.0001
Conversión alimenticia, BS	5.1	5.6	P>.0001

Cuadro 5. Evaluación semanal de diarreas por presencia de suciedad de tren posterior en corderos son y sin probiótico.

Grupo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	3	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	3	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	3	2	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	2	0	0
2	0	4	3	2	2	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	2	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0

S: semana

Escala 0 a 2 representa consistencia normal

Escala 3 a 4 se consideró diarrea

García (2018) reportó en corderos destetados precozmente, una CA de 2.70 a 3.65, reflejando una eficiencia alimentaria notablemente superior a la registrada en el presente proyecto; sin embargo, según lo asentado por Álvarez *et al.* (2003) durante el monitoreo de corderas Pelibuey de 60 días de edad, la CA osciló entre 7.41, 10.35 y 7.97; de igual modo Moreno *et al.* (2013) registró durante la evaluación de comportamiento post destete de corderos Pelibuey una CA de 7.18, resultados por arriba a lo obtenido en el presente trabajo de investigación.

7.3 Incidencia de diarreas

Los resultados de la evaluación de diarreas determinadas con base a la observación de suciedad del tren posterior se muestran en la **Cuadro 5**. No se registró diferencia ($P>0.05$) en cuanto a la incidencia de diarreas entre los grupos evaluados, esto es contrastante con lo registrado por Görgülü *et al.* (2003) en el monitoreo de terneros suplementados con una mezcla probiótica de *Lactobacillus* donde se encontró menor incidencia de diarreas en el grupo experimental y menor porcentaje de mortalidad. Sin embargo, cabe resaltar que en el presente estudio hubo diferencia en la intensidad y la duración de la diarrea entre los grupos, ya que corderos del grupo sin probiótico presentaron diarrea profusa durante 2 semanas, mientras que los corderos suplementados con probiótico tuvieron control del cuadro diarreico durante la misma semana de presentación. Esto es similar a lo señalado por Gómez *et al.* (2017) en la evaluación de la administración de leche fermentada con *Lactobacillus casei* (Yakult®) y *Bifidobacterium* (Activia®) a cabritos lactantes, donde no hubo diferencia en la incidencia de diarreas, pero sí en la duración de éstas,

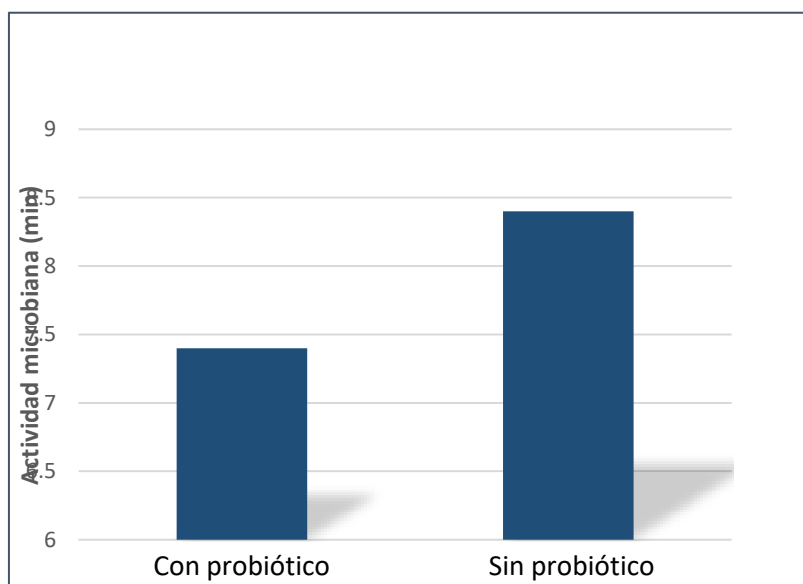
registrando una duración de más de 4 días en 91% del grupo testigo y 50% en el grupo experimental.

7.4 Variables ruminales

El probiótico no afectó el pH ruminal de los corderos, lo cual fue benéfico para la actividad normal de los microorganismos ruminales, obteniéndose valores de 7.7 para T1 y 7.6 para T2. En un estudio realizado por Dueñas (2003) se menciona que el grupo que consumió probiótico tuvo un incremento en el pH ruminal. Por otra parte, se resalta que el intervalo de pH es elevado con respecto a la media registrada por Pérez *et al.* (2017) para corderos estabulados y en pastoreo que mantuvieron valores entre 6.62 y 6.94, respectivamente. Pérez (2006) indica que existe una fluctuación en el pH ruminal con relación a la dieta, alimentación y nivel de ingesta, con un intervalo entre 6 y 6.9 para una óptima actividad y crecimiento bacteriano.

El retorno a la actividad microbiana de líquido ruminal en corderos sin probiótico fue en promedio de 8.4 min, en cambio, los corderos que recibieron probiótico presentaron un retorno de la actividad microbiana de 7.4 min (**Gráfica 4**), lo cual indica una adecuada actividad microbiana ruminal. De manera general, la actividad de los microorganismos ruminales en el grupo con probiótico se mantuvo entre activa y baja, en comparación con la actividad del grupo testigo que fue baja, pero sin una diferencia estadística. Este resultado es similar a lo indicado por Delgadillo *et al.* (2022) en el monitoreo de la actividad de bacterias y protozoarios ruminales en ovinos de 3 meses de edad donde hubo una mayor actividad microbiana en el

grupo suplementado con probiótico. Así mismo, Suárez y Guevara (2017) registraron aumento de la actividad bacteriana anaerobia celulolítica y mejor digestibilidad en monitoreos donde se incluyen suplementos probióticos.



Grafica 4. Actividad microbiana en líquido ruminal de corderos con y sin probiótico.

7.5 Conteo de lactobacillus y coliformes totales en heces

Se obtuvo una concentración de 4×10^9 UFC/ml de lactobacilos y 4×10^6 UFC/ml de coliformes en corderos suplementados con *Lactobacillus casei*, mientras que en corderos no suplementados se obtuvo una concentración de 7×10^9 UFC/ml de lactobacilos y 9×10^3 UFC/ml de coliformes, Los resultados de coliformes totales mostraron que los corderos suplementados con *Lactobacillus casei* en comparación con el grupo no suplementado tuvieron un recuento bacteriano sin diferencias significativas (**Cuadro 7**), esto se encuentra en concordancia con lo establecido por Muralidhara, *et al.* (1977), en donde no se observó diferencia significativa de la colonización de lactobacilos en heces de lechones suplementados con *L. lactis* en

comparación con el grupo testigo; de igual forma Frizzo, *et al.* (2011) evaluó poblaciones microbianas intestinales en becerros suplementados con un inóculo de *Lactobacillus casei*, *L. salivarius* y *Pediococcus acidilactici*, donde no se observó una colonización significativamente mayor entre los grupos evaluados; Sin embargo, Ayala *et al.* (2019) al evaluar el efecto de la inulina y *Lactobacillus casei* en corderos destetados, observó que, en los corderos con probiótico, la población de *Lactobacillus* aumentó, mientras que las de coliformes totales disminuyó, coincidiendo con Jurado y Zambrano (2020) quienes revisaron el efecto de *Lactobacillus casei* en pollos de engorda.

En bovinos suplementados con cepas de *Lactobacillus acidophilus* se demostró una reducción de 57% de la excreción fecal de *E. coli* (Blanch, 2015).

Cuadro 6. Promedio de UFC/ml de lactobacillus y coliformes en heces de corderos con y sin probiótico.

No. muestra	UFC/mL de <i>lactobacillus</i>		UFC/mL de coliformes	
	Con probiótico	Sin probiótico	Con probiótico	Sin probiótico
1	1,300,000,000	14,000,000,000	7,700,000	7,600
2	110,000,000	650,000,000	1,300	26,000
3	1,400,000,000	7,900,000,000	18,000,000	4,200
4	17,000,000,000	5,000,000,000	7,000	19,000
5	700,000,000	12,000,000,000	200,000	Sin desarrollo
6	880,000,000	50,000,000	4,500	Sin desarrollo

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo indican lo siguiente:

1. No hubo diferencia estadística en ganancia de peso y conversión alimenticia en corderos de los grupos con y sin probiótico.
2. Se observó disminución en los parámetros productivos de los corderos en los días de presentación de diarrea; sin embargo, en corderos suplementados con BAL se observó recuperación más rápida en comparación con corderos del grupo testigo.
3. El grupo con probiótico mantuvo un pH ruminal estable y buena actividad microbiana.
4. No se observó diferencia estadística en el conteo de unidades formadoras de colonias de *Lactobacillus* y coliformes en heces de corderos con y sin probiótico.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Associations of Official Analytical Chemists. 15 th edition. Vol II. USA.
- Álvarez, G.; Melgarejo, L.; y Castañeda, Y. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Veterinaria México* 34(1): 39-46.
- Alzugaray.; y Sánchez, M. 2020. Etapa del ciclo estral y respuesta de estrés al aislamiento social en ovejas. Tesis doctoral. Ciencias veterinarias. Facultad de veterinaria. Universidad de la república 31 p.
- Aquili, V. 2007. Caracterización de cepas de *Escherichia coli* con fenotipos de multirresistencia inducidos o seleccionados in vitro con antimicrobianos o con fármacos no antimicrobianos. Tesis doctoral. Ciencias veterinarias. Facultad de Veterinaria. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 365 p.
- Arias, E.; Morales, J.; Prado, O.; y García, A. 2020. Metabolismo en rumiantes y su asociación con analitos bioquímicos sanguíneos *Abanico veterinario* 10:1-24.
- Ayala, M.; Hernández, D.; Pinto-Ruiz, R.; Torres, N.;Martínez, J.; Bárcena, J.; Caro, J.2019. Efecto inulina y *Lactobacillus casei* en el comportamiento productivo, variables ruminales y metabolitos sanguíneos en corderos destetado. *Agrociencia* 53(03):303-317.
- Baldwin, R.; McLeod, K.; Klotz, J.; y Heitmann, R. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*. 87: E55-E65.
- Blanch, A. 2015. Aplicación de probióticos, prebióticos y simbióticos en porcino. *nutriNEWS* (3):7-12.

- Canet, J. 2016. *Escherichia Coli*: características, patogenicidad y prevención (I) [En línea]. Disponible en: <https://www.betelgeux.es/blog/2016/01/19/escherichia-coli-caracteristicas-patogenicidad-y-prevencion-i/>
- Carlos, M.; Barrera, G.; Díaz, J. 2019. Mecanismos de Patogenicidad de *Escherichia Coli* y *Salmonella* SSP. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería* 113: 5-17.
- Carrera, J.; y Carrera, E. 2023. Suplementación con pre y probióticos sobre el consumo, la ganancia de peso y la condición corporal de un grupo de ovinos en fase de crecimiento pertenecientes a la parroquia Pintag, Quito. Proyecto de integración curricular. Instituto Superior Superarse, 27 p.
- Castillo, A.; Burrola, M.; Domínguez, J.; Chávez, A. 2014. Microorganismos y fermentación ruminal. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46(03): 349-361.
- CFSPH. 2005. Salmonelosis [En línea]. Disponible en: <https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/salmonelosis.pdf>
- Cid, M. 1993. Caracterización de estirpes de *Escherichia coli* aisladas de diarreas neonatales de corderos y cabritos. Tesis doctoral. Veterinaria. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid.
- CUPREDER. 2011. Atlas de Riesgos del municipio de Tecamachalco, Puebla. SEDESOL. 171 p.
- Daly, R. y Rotert, L. 2007 *Clostridium perfringens* Infections in Baby Calves. *Extension Extra Archives*. 397:2-4.
- Delgadillo, L.; Bañuelos, R.; Gallegos, P.; Meza, C.; Echavarría, F.; y Valladares, B. 2022. Bacterias y protozoarios ruminales presentes en ovinos suplementados con probióticos identificados por conteo y PCR punto final. *Abanico Veterinario* 12: 1-18.
- Dueñas, I. 2003. Evaluación del efecto de un probiótico en la digestibilidad de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y la ganancia de peso de bovinos en

condiciones tropicales. Tesis de maestría. Producción animal sostenible. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. Universidad Nacional, Costa Rica. 49 p.

- Estrada, O.; Carvajal, A.; Rubio, P.; González, I.; Fuentes, L.; Bautista, N.; Guevara, J. 2017. Caracterización e identificación de BAL procedentes de gallos pluma de león y perdicés. *Revista electrónica de Veterinaria*, 18 (02):1-12.
- Farfán, A.; Ariza, S.; Vargas, F.; y Vargas, L. 2016. Mecanismos de virulencia de *Escherichia coli* enteropatógena. *Revista Chilena de Infectología* 33 (04): 438-450.
- Fazio, E.; Medica, P.; Cravana, C.; y Ferlazzo, A. 2014. Short- and Long-term Effects of Weaning on Adrenocortical and Functional Response of Lambs. *Acta Scientiae Veterinariae* 42(01): 1-7.
- Figueroa, I y Verdugo, A. 2005. Mecanismos moleculares de patogenicidad de *Salmonella* sp. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 47(01): 25-42.
- Flores, M.; Sanginés, L.; y Pérez, F. 2005. Cultivos microbianos en pasta de coco y sus efectos en el comportamiento productivo de borregos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39(2): 175-180.
- Freitas, A.; Banchemo, G.; Hötzel, M.; Damián, J.; y Ungerfeld, R. 2013. Progesterone administration reduces the behavioural and psychological responses of ewe to abrupt weaning of lambs. *The Animal Consortium* 7(08): 1367-1373.
- Freitas, A.; y Ungerfeld, R. 2016. Destete artificial en ovinos: respuesta de estrés y bienestar animal. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(03):361-375.
- Freitas, A; Orihuela, A; Hötzel, M y Ungerfeld, R. 2022. Destete artificial en ovinos, respuesta de estrés y manejos para mejorar el bienestar. *ÁLBEITAR* (252):22-28.

- Frizzo, L. S., Soto, L. P., Bertozzi, E., Zbrun, M. V., Signorini, M. L., Sequeira, G., Rodríguez R. & Rosmini, M. R. (2011). Intestinal populations of Lactobacilli and coliforms after in vivo Salmonella dublin challenge and their relationship with microbial translocation in calves supplemented with lactic acid bacteria and lactose. *Animal feed science and technology*, 170(1-2), 12-20.
- Galina, M.; Ortiz-Rubio, M. A.; Guerrero, M.; Mondragón, D.F.; Franco, N. J.; y Elías, A. 2008. Efecto de un ensilado de maíz solo o inoculado con un probiótico láctico y adicionado con un suplemento nitrogenado de lento consumo en ovinos. *Avances en investigación agropecuaria* 12 (02): 23-43.
- García, D. 2018. Evolución del peso y el consumo en corderos destetados precozmente con RUTER. Trabajo Final de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 57 p.
- García, I.; y Oliva, J. 2016. Edad al destete, momento crucial que determina la eficiencia de crecimiento y supervivencia de los corderos. *Kuxulkab'-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal* 22(43): 13-18
- García, S., Vidal, J. E., Heredia, N., y Juneja, V. K. 2019. *Clostridium perfringens*. Pp. 513-539. In: Doyle M. P.; Diez-Gonzalez, F. y Hill, C. Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. (Eds.). ASM Press. USA. Washington, DC
- Gómez, D.; Pico, M.; Marín, B.; y Álvarez, L. 2017. Efecto del consumo de leche fermentada con Bifidobacterium y Lactobacillus casei sobre ganancia de peso y duración de diarreas en cabritos lactantes. *Spei Domus* 13(26):1-8.
- Gómez, M.; Ramón, J.; Pérez, L.; y Blanco, J. 2019. El eje microbiota-intestino-cerebro y sus grandes proyecciones. *Revista de Neurología* 68 (03):111-117.
- González, J.; Pereira, N.; Soto, Z.; Hernández, E.; y Villareal, J. 2014. Aislamiento microbiológico de Salmonella spp. y herramientas moleculares para su detección. *Salud Uninorte* 30(01): 73-94.

- Görgülü, M.; Siuta, A.; Yurtseven, S.; Öngel, E.; y Kutlu, H. 2003. Efecto de probióticos en el comportamiento y salud de terneros en crecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 37(2): 125-129.
- Gutierrez, D.; Elías, A.; García, R.; Herrera, H.; Jordán, H.; y Sarduy, L. 2012. Efecto del aditivo microbiano VITAFERT en el consumo de la materia seca y fibra neutro detergente en cabras Saanen alimentadas con heno de *Brachiaria brizantha*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(3): 267-271.
- Gutierrez, D.; y Borroto, H. 2020. Consumo voluntario y pH ruminal, como indicador de la fermentación en corderos alimentados con un probiótico láctico. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 54(4): 547-556.
- Grimont P., Grimont F. y Bouvet P. 2000. Taxonomy of the Genus Salmonella. Pp. 1-17. In: Wray C. y Wray A. (Eds.). *Salmonella in Domestic Animals*. CABI Publishing is a division of CAB International. London, UK.
- Herich, R.; y Levkut, M. 2002. Lactic acid bacteria, probiotics and immune system, *Vet. Med.* 47: 169–180.
- Hernández, A.; Duran, E.; Luna, C.; López, S.; Vázquez, I.; Muñoz, J.; y Chay, Alfonso. 2022. Crecimiento post-destete y rentabilidad de corderos Pelibuey suplementados con tres diferentes concentrados comerciales en Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(2): e3148.
- Hernández, D., Ayala-, M., Pinto, R., González, S., Bárcena, J., y Torres, N. 2022. Inulina y *Lactobacillus casei*: su efecto prebiótico y probiótico durante la lactancia de corderos. *AgroDivulgación*, 2(5): 31-33.
- Herrera, L.; Coto, S.; y Medina, A. 2010. Uso de prebióticos y probióticos en la producción animal. Tesis de licenciatura. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Costa Rica. 70 p.
- Hillal, H.; El- Sayaan, G; y Abdella, M. 2011. Effect of growth promoters (probiotics) supplementation on performance, rumen activity and some blood constituents in growing lambs. *Archives Animal Breeding* 54: 607-617.

- Huang, Y., Wang, G., Li, C., Wang, W., Zhang, X., Wang, X., & Ma, Z. (2022). Periodical changes of feces microbiota and its relationship with nutrient digestibility in early lambs. *Animals*, 12(14), 1770.
- INEGI. 2021. Aspectos geográficos Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 51 p.
- Jurado H. y Jarrín V. 2015. Cinética de crecimiento de *Lactobacillus lactis* y determinación del efecto probiótico en cepas patógenas. *Revista Biosalud*. 14: 49-62.
- Jurado H. y Zambrano E. 2020. Efecto de *Lactobacillus casei* microencapsulado sobre la salud intestinal y parámetros bioquímicos y productivos en pollo de engorde. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 23:1-9
- Karakuş, F. 2014. Weaning stress in lambs. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food* 2: 165-170.
- Lazo, D. 2023. Determinación de niveles de cortisol en ovinos “*ovis aries*” aparentemente sanos mediante la técnica de ELISA cuantitativa a condiciones de altitud”. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 67 p.
- Li K, Shi B, Na R. 2023. The Colonization of Rumen Microbiota and Intervention in Pre-Weaned Ruminants. *Animals* 9;13(6):994. doi: 10.3390/ani13060994. PMID: 36978535; PMCID: PMC10044309.
- López, J. 2015. Inclusión en la dieta de un inóculo de lactobacilos y levaduras y su efecto en el crecimiento de corderos lactantes. Tesis de maestría. Ciencias Recursos Genéticos y Productividad Ganadera. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados 41 p.
- MacFaddin, J. 2000 *Biochemical Tests for Identification of Medical Bacteria* 3era edición. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, Estados Unidos. 838 p.

- Malmuthuge, N., Liang, G. y Guan, LL. 2019. Regulación del desarrollo del rumen en rumiantes neonatales a través de metagenomas microbianos y transcriptomas del huésped. *Genoma Biol* 20(1):172.
- Martínez, A.; Pérez, M.; Pérez, L.; y Gómez, G. 2010. Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión. *Interciencia* 35 (04): 240-246.
- Maroune, M.; y Bartos, S.1987. Interactions between rumen amyolytic and lactate-utilizing bacteria in growth on starch. *Journal of Applied Bacteriology*, 63: 233-238.
- Matthews, C.; Crispie, F.; Lewis, E.; Reid, M.; O'Toole, P.; y Cotter, P. 2019. The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency. *Gut Microbes* 10(2):115-132.
- Moreno, E.; Ortega, C.; Cáñez, M.; Peñúñuri, F. 2013. Evaluación del comportamiento posdestete en corral de futuros sementales ovinos de raza Katahdin y Pelibuey en Sonora. *Tecnociencia Chihuahua* 7(2): 7-16.
- Morris, W. E. y Fernández-Miyakawa, M. E. 2009. Toxinas de *Clostridium perfringens*. *Revista Argentina de Microbiología*. 41: 251-260.
- Muralidhara, K., Sheggeby, G., Elliker, P., England D. y Sandine W. 1977. Effect of Feeding Lactobacilli on the Coliform and Lactobacillus Flora of Intestinal Tissue and Feces from Piglets. *Journal of Food Protection* 40 (5): 288-295.
- Nautiyal, A., Madhav S., Chandra H., Singh V., KantaKanth L., Singhal M., Kumar S., Akhter H., Kumar R., Bhargava S., Ojha A. y Ahmad y. 2018. Current review on Probiotics health benefits. *International Journal of ChemTech Research*. 11: 287-292.
- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. The National Academy Press. Washington, DC, USA.
- Olveira G. y González I. 2016. Actualización de probióticos, prebióticos y simbióticos en nutrición clínica. *Endocrinología y Nutrición* 63:482-494.

- Orgeur, P; Bernard, S; Naciri, M; Nowak, R; Schaal, B y Lévy, F. 1999. Psychobiological consequences of two different weaning methods in sheep. *Reproduction Nutrition Development* 39 (02): 231-244.
- Öztürk, H., & Gür, G. 2021. Rumen physiology: microorganisms, fermentation and manipulation. *Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 68(4), 423-434.
- Parra, R. 2010. Bacterias Ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos. *Revista del Decanato de Agronomía* 8(01): 93-102.
- Pérez, A. 2006. pH, amoniaco, ácidos grasos volátiles y producción de proteína microbiana en el rumen de corderos, según el horario de corte de la pastura consumida. Tesis doctoral. Orientación Higiene, Inspección, Control y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. 30p.
- Pérez, A.; Repetto, J.; y Cajarville, C. 2017. Comportamiento ingestivo y ambiente ruminal de ovinos alimentados únicamente con una pastura en estabulación o a pastoreo. *Veterinaria (Montevideo)* 53(207): 32-38.
- Pérez, E.; y Sirias, R. 2007. Transferencia de líquido ruminal o transfaunación en terneros de 2 a 4 meses con trastornos de poco desarrollo corporal en la Finca las Mercedes de la UNA. Tesis de licenciatura. Médico Veterinario. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria 37 p.
- Ramírez, J.; Rosas, P.; Velázquez, M.; Ulloa, J.; y Arce, F. 2011. Bacterias lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente* 2(07): 1-13.
- Ramiro, E., Pérez F., Castellote, C. Franch, F. y Castell, M. 2008. El intestino: pieza clave del sistema inmunitario. *Revista española de enfermedades digestivas*. 100(1): 29-34.
- Relling, A.: y Mattioli, G. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Tercera edición. EDULP. La Plata, Argentina. 74 p.

- Rodríguez, C.; y Rodríguez, A. 2011. Efecto de la administración de líquido ruminal fresco sobre algunos parámetros productivos en ovinos criollos. *Revista MVZ Córdoba* 16(3): 2692-2700.
- Rodríguez, J.; Moreno, S.; Hernández, J.; Robles, M.; y Rodríguez, E. 2017. El indicador casi en la rentabilidad ovina. *Revista Mexicana de Agronegocios* 41: 764-777.
- Rogelj, I. 1994. Lactic acid bacteria as probiotics, *Mljekarstvo* 44: 277–284
- Rojas, H.; Coronado, L.; y Hurtado, E. 2005. Evaluación de la suplementación proteica durante el crecimiento post destete de corderos a pastoreo. *Zootecnia Tropical* 23(3): 311-318.
- Ruiz, O.; Lopez, J.; Salinas, J.; y Castillo, Y. 2020. Efecto de *Candida norvegensis* sobre la degradabilidad ruminal de rastrojo de maíz y el crecimiento de corderos. *Ciencia UAT* 14(2): 133-145.
- Salazar, B.; y Montoya, O. 2003. Importancia de los probióticos y prebióticos en la salud humana. *Vitae* (02):20-26.
- Saquipay, D. 2011. Alimentación de terneras de reemplazo. Tesis de licenciatura. Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca. 67 p.
- Steele, M.; Penner, G., Chaucheyras, F.; y Luo, L. 2015. Development and physiology of the rumen and the lower gut: Targets for improving gut health. [Symposium]. *The Rumen and Beyond—Nutritional Physiology of the Modern Dairy Cow*, Orlando, USA.
- Suárez, C.; y Guevara, C. 2017. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 51(2): 21-30.
- Teuber, M. 1993. Lactic Acid Bacteria. Pp. 325-366. *In*: Rehm, H.-J; Reed.G, Biotechnology. (Eds). VCH, Zurich, Switzerland.

- The European Animal Welfare Indicators Project. 2015. AWIN welfare assessment protocol for sheep. Animal Welfare Indicators. San Pablo, Brasil. 54 p.
- Torres, M., Ortega, O., Báez, M., González, A., Lara, M., y Sardi, S. 2015. Efectos de la Stevia rebaudiana (ka'a he'e) en los indicadores del metabolismo ruminal en ovinos alimentados con balaceado para engorde. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 5(2), 32-37.
- Vargas, E.; Gómez, C.; Parra, M.; y Romero, M. 2004. Producción de microorganismos probióticos como aditivo para alimentos concentrados en ganado vacuno. *Revista de ingeniería* (20): 23-33.
- Velásquez, A.; Gebauer, F. 2019. ¿Depende el peso al destete de los terneros criados a pastoreo de la fecha de nacimiento? Una mirada sobre el proceso de transición de pre-rumiante a rumiante. *Campo & Tecnología*. 15: 34-37.
- Zanolli, F y Lanza, M. 2019. Estudio anatómico del retículo en terneros holando alimentados con heno o concentrado en la etapa de lactante. Tesis doctoral. Producción animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de la república. 43 p.
- Zhang, Q.; Chong, L.; Niu, X.; Zhang, Z.; Li, F.; y Li, F. 2018. An intensive milk replacer feeding program benefits immune response and intestinal microbiota of lambs during weaning. *BMC Veterinary Research* 14 (1): 366-383.