



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**“EFECTO DE UNA FÓRMULA POLIHERBAL PROMOTORA DE LA FUNCIÓN
GASTROINTESTRINAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD EN
BECERRAS HOLSTEIN”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:
MVZ. OSCAR PONCE PÉREZ**

Centro Universitario UAEM Amecameca, Estado de México, noviembre 2021.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

“EFECTO DE UNA FÓRMULA POLIHERBAL PROMOTORA DE LA FUNCIÓN
GASTROINTESTRINAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD EN
BECERRAS HOLSTEIN”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

MVZ. OSCAR PONCE PÉREZ

TUTOR ACADÉMICO:

Dr. ENRIQUE ESPINOSA AYALA

TUTORES ADJUNTOS:

Dr. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

Dr. JUAN JOSÉ OJEDA CARRASCO

Centro Universitario UAEM Amecameca, Estado de México, noviembre 2021.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de una mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*) en diferentes dosis sobre respuesta productiva y salud en becerras de reemplazo. Se emplearon 40 becerras Holstein con peso vivo inicial de 43.94 ± 4.74 kg y 12.13 ± 6.20 días de edad, asignadas aleatoriamente a los tratamientos que consistieron en la administración oral de 0.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g/día de la mezcla polihierbal durante 64 días. Se registró el consumo de concentrado iniciador, leche, así como indicadores de crecimiento al inicio y final del experimento, para el análisis de salud se registraron eventos patológicos (número y días en tratamiento) y se colectaron muestras sanguíneas para perfil bioquímico y biometría hemática. Se observó disminución lineal ($P < 0.01$) en el peso final, ganancia diaria de peso, consumo de concentrado iniciador, consumo de materia seca, altura a la cruz, diámetro torácico y la variación del consumo de alimento al incrementar la dosis del polihierbal. El polihierbal favoreció (Ji-Square 14.98; $P < 0.01$) la presencia de diarreas (de 0.0 a 0.69%) y los días de tratamiento de 0 a 3.5 días en promedio. El aditivo herbal mostró efectos hipoglucemiantes e hipocolesterolémicos ($P < 0.05$). El polihierbal evaluado no se recomienda incluir en la dieta para becerras en crecimiento en ninguna de las dosis empleadas.

Palabras clave: Ganado lechero, parametros sanguineos, fitobiotico

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the effect of a polyherbal mixture (composed of *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* and *Trigonella foenum-graecum*) in different doses on performance and health in replacement calves. 40 Holstein calves with initial live weight of 43.94 ± 4.74 kg and 12.13 ± 6.20 days of age were used, randomly assigned to the treatments that consisted of oral administration of 0.0, 1.5, 2.0 and 2.5 g/day of the polyherbal mixture for 64 days. The milk and starter intake were recorded as well as growth indicators at the beginning and end of the experiment, for the health analysis pathological events (number and days in treatment) were recorded and blood samples were collected for biochemical profile and hematic biometry. It increases linearly ($P < 0.01$) in the final weight, daily weight gain, consumption of starter concentrate, consumption of dry matter, height at the withers, thoracic diameter and feed intake variation when increasing the dose of polyherbal. The polyherbal favored (Chi-Square 14.98; $P < 0.01$) the presence of diarrhea (from 0.0 to 0.69%) and the treatment days from 0 to 3.5 days on average. The herbal additive showed hypoglycemic and hypocholesterolemic effects ($P < 0.05$). The polyherbal tested is not recommended to include in the diet for growing calves at any of the doses used.

Key words: Dairy calves, haematological parameters, phytobiotics.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Importancia de la ganadería bovina lechera en México	3
2.2. Sistemas de producción de bovinos lecheros	4
2.2.1. Doble propósito	4
2.2.2. Semitecnificado	5
2.2.3. Tecnificados	6
2.3. Animales de remplazos en los sistemas tecnificados	7
2.3.1. Manejo postparto	8
2.3.2. Calostrado	9
2.3.3. Delactación	11
2.3.4. Delactación total	12
2.4. Parámetros Productivos de becerras en crianza	13
2.5. Anatomofisiología del aparato digestivo	14
2.6. Desarrollo ruminal	15
2.7. Microbiota del tracto gastrointestinal	17
2.8. Patologías en becerras	19
2.8.1. Digestivas	19
2.8.2. Respiratorias	21
2.8.3. Mortalidad y morbilidad	21
2.9. Aditivos en Producción animal	23
2.9.1. Aditivos naturales en producción animal	23
2.9.1.1. <i>Zingiber officinalis</i>	25
2.9.1.2. <i>Trachyspermum ammi / Carum copticum</i>	28
2.9.1.3. <i>Terminelia chebula</i>	30
2.9.1.4. <i>Trigonella foenum-graecum</i>	31
4. JUSTIFICACIÓN	35
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	36
6. HIPÓTESIS	37

7. OBJETIVOS	38
7.1. Objetivo General	38
7.2. Objetivos específicos	38
8. MATERIALES Y MÉTODOS	39
9. RESULTADOS	41
10. CONCLUSIONES GENERALES	43
11. LITERATURA CITADA	44

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los sistemas de producción tecnificado de leche el reemplazo del hato productor es una acción particularmente importante que está influenciada por factores económicos, de manejo, productivos, reproductivos y sanitarios que pueden repercutir en la rentabilidad del sistema (Compton *et al.*, 2017), esta práctica tiene la finalidad de mejorar las condiciones productivas del hato y es una puerta al mejoramiento genético (Johnson *et al.*, 2018), para lograr tal fin, la salud de las becerras destinadas a reemplazos, su crecimiento y eficiencia dependen de la nutrición y prácticas de manejo (Zanton y Heinrichs, 2010) aumentando la calidad genética del hato y reduciendo la tasa de desecho (Morrison *et al.*, 2019).

La cría de reemplazos representa entre el 15 al 20% de costos de producción por cada litro producido de leche siendo un punto crucial con oportunidad de reducir costos y mejorar la productividad animal (Avalos *et al.*, 2017), por tal motivo, dentro de la producción animal se han buscado alternativas que mejoren la rentabilidad mediante el uso de aditivos que tengan acción como promotor de crecimiento, optimizador de las funciones digestivas y que generen condiciones benéficas para el desarrollo y fortalecimiento del sistema inmunológico (Shivley *et al.*, 2018).

La utilización de antibióticos (ionóforos) como aditivos dentro de la alimentación de animales de producción tenía como finalidad aumentar la rentabilidad y parámetros productivos de los animales, sin embargo, su uso en alimentos se limita debido a la aparición de residuos y cepas bacterianas resistentes, prohibiéndose su uso desde el 2006 en la Unión Europea (Calsamiglia, *et al.*, 2007), lo cual incentivo la búsqueda de aditivos que reemplacen a los antibióticos dentro de la producción animal, surgiendo alternativas naturales con alto contenido de metabolitos secundarios de plantas y extractos herbales que les confieren propiedades farmacológicas dentro del organismo (Mendel *et al.*, 2017). La mezcla polihierbal fue diseñada para mejorar la motilidad intestinal, salud gastrointestinal y que funcionara como tónico restaurador empleando las plantas *Zingiber officinalis*, *Trachsperrum ammi*, *Terminelia chebula* y *Trigonella foenum-graecum* utilizadas

en la medicina tradicional de la India (Nuproxa México, Indian Herbs), con efectos benéficos reportados a causa de los compuestos bioactivos de entre los cuales destacan los terpenos (timol y carvacrol), polifenoles (gingeroles, shogaoles y corilagin) y taninos (ácido tánico, ácido gálico, ácido chebulinico, ácido chebulagico, ácido elágico) con propiedades antioxidantes, reguladoras de la inflamación, inmunomoduladoras, expectorantes, antimicrobianas, hipoglucemiantes, hipocolesterolemicas y antidiarreicas debido a la disminución de la hipersecreción, la motilidad gastrointestinal y el aumento del tiempo de tránsito gástrico (Saraswat *et al.*, 2010; Haniadka *et al.*, 2012; Drozdov *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2019; Dill-McFarland *et al.*, 2019; Geberemeskel *et al.*, 2019), por lo que el objetivo de este experimento fue evaluar una una mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*) en diferentes dosis sobre respuesta productiva y salud en becerras Holstein durante el periodo predestete.

2. ANTECEDENTES

2.1. Importancia de la ganadería bovina lechera en México

La ganadería lechera en México es una actividad con suma importancia dentro de la soberanía alimentaria y economía nacional, debido a que la producción de leche de bovino representa el 3^{er} lugar en el valor de la producción pecuaria nacional y a nivel mundial ocupando la octava posición por debajo de Nueva Zelanda y arriba de Argentina, resultando en que dos de cada cien toneladas de leche que se producen en el mundo son de origen mexicano, con un total de 12,008,239 miles de litros de leche de bovino para el año 2018 (SADER, 2019), sin embargo, la producción interna sólo contribuye a satisfacer el 80% del consumo nacional. México ocupa el primer lugar mundial en importaciones de leche en polvo, según datos reportados por la SADER, (2018) durante el cierre del año 2018, las necesidades de abasto nacional de leche en polvo fueron de 602,120 toneladas 2.3% mayor que el año anterior, mientras que para la leche fluida se importaron 37, 443, miles de litros que corresponden al 20% del consumo nacional.

En México el hato nacional de vacas lecheras en el cierre del 2018 contaba con 6,550,000 cabezas lo que genera una productividad de 1.87 toneladas cabeza⁻¹. La producción de leche fluida en México entre los años de 1998 y 2018 ha tenido un crecimiento del 44% durante este periodo de 20 años, debido principalmente al crecimiento poblacional que durante este mismo periodo de tiempo aumentó en un 32.2%, la producción nacional se encuentra liderada por 5 principales estados, siendo Jalisco quien se encuentra en el primer lugar con el 20.2%, seguido de Coahuila 11.2%, Durango 10.2%, Chihuahua 9.3% y Guanajuato representando el 7% de producción nacional, el crecimiento y posicionamiento de este último estado dentro de los 5 mayores productores de leche es debido principalmente a la tecnificación de los sistemas de producción, cabe hacer mención que la región lagunera que comprende los estados de Coahuila y Durango representa el 20.3% de la producción, en donde se tiene una alta tecnificación en alimentación, manejo, infraestructura y mejora genética en búsqueda del mérito lechero (SADER, 2019).

La brecha entre producción y demanda interna del lácteo brinda la oportunidad para aumentar la producción en el país y sustituir importaciones, lo cual, al aprovecharlo, implica fortalecer la cadena agroindustrial y mejorar los parámetros de la producción nacional (Loera y Banda, 2017).

2.2. Sistemas de producción de bovinos lecheros

En México existen diversos sistemas de producción de leche bovina, caracterizados por los rendimientos obtenidos, el grado de tecnificación (intensificación, mejoramiento genético, niveles y costos de producción), la utilización de razas lecheras especializadas y sus cruza adaptadas a las condiciones del sistema, la alimentación del ganado, tipo de productores y las condiciones climáticas, los cuales dependerán del tipo de suelo, la disponibilidad de agua y los recursos ambientales (SE, 2012). Para poder satisfacer la creciente demanda de lácteos en México la producción se encuentra dividida en diversos sistemas que satisfacen diferentes partes del mercado, los cuales, para efecto de este trabajo se dividirán en tres sistemas diferenciados en manejo alimenticio, tecnológica y producción: tecnificado, semi-tecnificado y doble propósito (Vera *et al.*, 2017).

2.2.1. Doble propósito

El 80% de la producción de sistemas doble propósito (DP) proviene de la región tropical de México, donde utilizan el pastoreo de razas cebuinas y cruza con europeas, principalmente buscando el vigor híbrido adaptado a condiciones tropicales mediante la rusticidad de los animales *Bos indicus* con la productividad de los *Bos taurus* (Maldonado, 2011), dentro de los sistemas de pastoreo se realiza el manejo de praderas nativas o cultivadas, mediante rotación de praderas cada 12 o 24 horas y de manera menos intensiva utilizando el pastoreo durante un periodo prolongado de tiempo sobre la superficie del terreno sin divisiones donde se encuentra todo o la mayoría del hato (Endres y Schwartzkopf, 2018).

Se obtienen simultáneamente los productos leche y carne, los machos son destinados a engorda y venta, mientras que la crianza de becerras para reemplazo

en este sistema se realiza mediante lactación interrumpida principalmente, en donde se le permite lactar de dos o tres pezones dependiendo el ganadero mientras que los cuartos que no se brindan al becerro son ordeñados manualmente para consumo y venta de la leche. La producción de leche genera ingresos diarios que cubren los costos diarios de operación en estos sistemas de producción, así como las necesidades de efectivo de la familia, representando el 53.4% de los ingresos anuales totales (Albarrán *et al.*, 2015).

2.2.2. Semitecnificado

Más del 78% de las granjas lecheras en México son sistemas semitecnificados y en diversas regiones, aunque esto no implica que presente el mayor número de cabezas, en donde se vincula el sistema agrícola con el ganadero, siendo así que el cultivo de maíz representa una de las fuentes principales de alimentación animal, ya que, no solo se usa como forraje tradicionalmente en forma de paja, sino también como forraje verde, espigas, granos molidos y en menor medida como ensilaje, la práctica tradicional de alimentación depende en gran medida de insumos externos, principalmente concentrados comerciales que resultan en altos costos de alimentación que intervienen directamente en la economía, eficiencia y rentabilidad de estos sistemas (Celis-Alvarez *et al.*, 2016).

Las razas más empleadas en este sistema son: Pardo Suizo Americano, Holstein y el cruzamiento resultante de ellas, el hato se encuentra en semiestabulación dentro de instalaciones adaptadas a la empresa lechera ubicado en extensiones pequeñas de terreno, donde la ordeña se realiza con equipo mecánico y en mayor medida de manera manual, careciendo en ocasiones de equipo para conservación y enfriamiento necesario para el procesamiento de la leche por lo que la comercialización de este producto se realiza mediante intermediarios (Maldonado, 2011).

En sistemas de semi-confinamiento, las vacas están en pastoreo durante parte del día y se complementan con forraje y grano en un comedero, generalmente en áreas cubiertas con piso de concreto o, a veces, en algún tipo de granero. Las

vacas en este tipo de sistemas producen de 3000 a 7000 kg de leche por lactancia (305 días), dependiendo del nivel de suplementación de concentrado (Endres y Schwartzkopf, 2018). El uso de forrajes ensilados y cantidades moderadas de concentrados para el pastoreo de vacas lecheras en estos sistemas ha sido reportado con rendimientos diarios de leche entre 15 y 20 kg vaca día⁻¹ y márgenes económicos favorables (Celis-Alvarez *et al.*, 2016).

Dentro de los sistemas semitecnificados a su vez se encuentra una clasificación considerada como sistemas de producción en pequeña escala, donde la producción animal se desarrolla en pequeñas superficies de tierra, con pocos animales y escasa diversidad de ellos (Arriaga y Anaya, 2014), su estructura se subdivide en tres estratos dependiendo la cantidad de animales con que se cuenta: para el estrato uno el hato promedio es de 8.52 animales, para el estrato dos, considerado como el valor medio, comprende aquellas unidades de producción con 20.63 animales promedio, mientras que para el tercer estrato el número del hato comprende 29.11 animales, con una producción de leche entre los estratos que abarca de 12.8 a 15 kg vaca día⁻¹. El manejo dentro de estos sistemas de producción en cuestión de reemplazos se limita a utilizar las becerras nacidas en el establo como propios reemplazos sin la necesidad de incluir al hato animales externos, la generación de los reemplazos se obtiene mediante monta natural o inseminación artificial (Espinosa, 2003).

2.2.3. Tecnificados

En sistemas de producción tecnificados, el mejoramiento genético se realiza mediante la utilización de animales con alto merito genético principalmente de razas *Bos taurus* con aptitud lechera (Gil, 2017), las vacas en los sistemas de confinamiento en general producen más leche que las vacas en condiciones de pastoreo, debido a los cuidados en alimentación al contar con una ración mixta equilibrada para una mayor producción, la cantidad de leche producida por vaca varía ampliamente, pero promedia 7,000 a 14,000 kg de leche por vaca por lactancia (305 días) (Endres y Schwartzkopf, 2018), estos sistemas se encuentran bajo estabulación, con alto grado de tecnificación en cuanto a alimentación,

manejo y genética, el ganado que predomina es el Holstein y en menor cantidad Jersey. Para los procesos de producción que abarcan desde el ordeño, almacenamiento y procesamiento de forrajes hasta el manejo de la leche se emplean equipos y maquinarias especializadas, la alimentación se realiza mediante insumos de alta calidad y dietas balanceadas (Monforte *et al.*, 2006); un punto crucial de estos sistemas es la eficiencia productiva y reproductiva con el propósito de aumentar la rentabilidad, sin embargo se requiere de inversiones y recursos externos para cumplir con la tecnología, infraestructura, mano de obra, alimentación e implementos necesarios (Gil, 2017).

Las vacas se gestan de los 12 a 16 meses de edad, paren aproximadamente a los 24 meses de edad, se ordeñan durante una lactancia promedio de 305 días hasta que se produce el secado para descanso y preparación del animal (por un período de 50 a 60 días), para posteriormente entrar al ciclo productivo, en este sistema la tasa de desecho es alta debido a las exigencias productivas y los niveles de estrés, por tal motivo es de gran relevancia el contar con sistemas eficientes en la generación de remplazos de alto mérito genético, con la intención de no depender de animales externos por medidas de bioseguridad (Endres y Schwartzkopf, 2018).

2.3. Animales de remplazos en los sistemas tecnificados

Dentro del sistema de producción tecnificado de leche se lleva a cabo el desecho o reemplazo de animales que no está cumpliendo con los estándares productivos o reproductivos de la unidad con la finalidad de mejorar las condiciones productivas y mantener en uniformidad el hato, esta es una acción particularmente importante que está influenciado por factores económicos, de manejo y de sanidad, la cual, cuando no se realiza de manera oportuna puede repercutir en la rentabilidad del sistema (Compton *et al.*, 2017).

Este proceso de crianza durante al menos dos años no proporcionan retorno económico, por lo tanto, los ganaderos buscan alternativas alimenticias más baratas para criarlos y en algunos casos es la razón por la que reciben poca

atención el área de crianza (Kehoe *et al.*, 2019), sin embargo, la inversión que representa esta actividad se observa retribuida en cuanto a la mejora genética (Shivley *et al.*, 2018), mejorando valores productivos, reproductivos, fenotípicos y de salud para aumentar la calidad del hato y reducir la tasa de desecho de animales (Morrison *et al.*, 2019).

El área de crianza de becerras está enfocada en la utilización de adecuadas técnicas de alimentación con la finalidad de disminuir los costos de producción sin afectar el bienestar y salud de las becerras, para conseguir tal fin es necesario intensificar el programa de alimentación desde el nacimiento hasta la etapa de destete temprano favoreciendo el desarrollo y madurez anatómica del sistema digestivo de las becerras (Elizondo y Sánchez, 2012). El proceso de crianza de reemplazos tiene alto impacto económico que representa desde el 15 al 20% de los costos de cada litro de leche producido (Avalos *et al.*, 2017).

Para conseguir satisfacer la necesidad de reemplazos dentro de la unidad de producción se deben tomar en cuenta puntos cruciales que fungen como pilares dentro de una crianza eficiente, siendo la alimentación balanceada, salud y correcto manejo factores importantes que se deben conseguir dentro del área de crianza y generación de reemplazos eficientes (Tobón, 2015). Ahora bien, además se debe buscar aumentar el mérito genético del hato ya que es un punto clave en la productividad para los productores lecheros, la importancia de ello radica en que las becerras desarrolladas de manera adecuada en el momento de incorporarse a la cadena de producción reemplazarán a las vacas que no cumplan con los parámetros del establo aumentando la calidad genética y por ende la productividad (Johnson *et al.*, 2018), para lograr tal fin, el crecimiento, productividad y salud de la becerro dependerán principalmente las buenas prácticas de manejo y alimentación (Zanton y Heinrichs, 2010).

2.3.1. Manejo postparto

La salud y la supervivencia de las becerras se ven afectadas por varias prácticas de manejo de la unidad de producción, como la intervención del parto, la

administración del calostro y los regímenes de alimentación (Murray *et al.*, 2016). En el momento del parto a las becerras se les asiste y se debe constatar que se encuentren respirando, en el caso de no ser así, se debe limpiar la boca y nariz de la mucosidad, así mismo, siendo los intentos de levantarse de la becerro un signo de buen estado de ánimo o vigor, posteriormente, se recomienda desinfectar el ombligo con una solución de yodo (7 a 10%), repitiendo este proceso entre 12 y 24 h después de la primera desinfección, otro factor de suma importancia posterior al nacimiento de la becerro es el consumo de calostro en cantidades adecuadas y de alta calidad. Después del segundo día hasta el destete, los factores claves para la salud y crecimiento de las becerro son: manejo óptimo, el consumo suficiente en cantidad y calidad de leche y concentrado iniciador (Klein- Jöbstl *et al.*, 2014).

2.3.2. Calostrado

Los primeros meses de vida son una etapa crítica debido a la falta de madurez en el sistema inmunológico y factores de estrés que pueden predisponer a la alta incidencia de enfermedades y mortalidad a causa de trastornos digestivos y respiratorios (Bombik *et al.*, 2012). El calostro es la primera línea de defensa que protegerá a la becerro contra enfermedades al transferirle hormonas, inmunoglobulinas (Igs) y factores de crecimiento que se encargan de estimular el desarrollo de la mucosa del tracto gastrointestinal necesaria en la correcta digestión de la leche (Shivley *et al.*, 2018).

A nacimiento, la becerro no cuenta con la inmunidad necesaria para combatir microorganismos provenientes del medio ambiente, por lo cual, proporcionar un suministro adecuado de inmunoglobulinas mediante el calostro generalmente se reconoce como una práctica de manejo esencial en la cría de becerras (Silva del Río *et al.*, 2017). Además de inmunoglobulinas el calostro contiene minerales, vitaminas, aminoácidos, β -Carotenos y diversos componentes con actividad antimicrobiana como lactoferrina, lisozima, lactoperoxidasa, retinol entre otros (Kehoe *et al.*, 2007). La calidad del calostro es muy variable, por lo tanto, para minimizar la falla de la transferencia pasiva en becerras neonatales, se necesita un plan de manejo exitoso del calostro, que requiere que los productores

proporcionen consistentemente a las beceras calostro de alta calidad ($> 50 \text{ g L}^{-1}$ IgG) dentro de la primera hora de vida (Cummins *et al.*, 2017).

El consumo y la absorción de inmunoglobulinas maternas a través del calostro son fundamentales para reducir la morbilidad y mortalidad en las primeras semanas de vida, fundamentalmente debido a que las beceras son agammaglobulinémicas al nacer a causa de que el tipo de placentación es corioalantoidea, impidiendo el paso de Ig desde la madre hacia el feto, haciendo a las beceras completamente dependientes de los inmunoglobulinas recibidas a través del calostro (Gulliksen *et al.*, 2008). Conforme la beceras es expuesta a agentes infecciosos, utiliza las inmunoglobulinas obtenidas por el calostro y su resistencia disminuye con el tiempo. Después de 4 a 6 semanas de edad la beceras genera la inmunidad adquirida respondiendo a la presencia de agentes extraños (Wattiaux, 2010).

Las Igs que se encuentran en el calostro bovino son : son IgM, IgA e IgG, siendo la IgG la que se encuentra en mayor concentración abarcando de entre el 85 al 90% del total de Igs ($50 \text{ a } 150 \text{ mg ml}^{-1}$) además de ser la principal inmunoglobulina que se absorbe en el intestino de las beceras, por su parte la IgM representa 7% y la IgA, cerca del 5% del total de Igs presentes en el calostro (Shivley *et al.*, 2018).

Cada inmunoglobulina tiene funciones determinadas y específicas, por ejemplo la IgG en mayor concentración ayuda a la identificación y destrucción de patógenos, se transporta y se abre paso hacia diversas partes del cuerpo fuera del torrente sanguíneo, la IgA se adhieren a la mucosa intestinal protegiéndola y previniendo la adherencia de patógenos que puedan causar enfermedades (Furman *et al.*, 2011).

La mala calidad del calostro o el manejo deficiente del calostro, combinado con una mala higiene, pueden aumentar la susceptibilidad a la enfermedad, lo que contribuye a tasas de mortalidad elevadas (Barry *et al.*, 2019). Para analizar la calidad del calostro se mide la concentración de inmunoglobulinas, utilizando la densidad del calostro debido a que existe una relación estadística entre la gravedad específica del calostro y la cantidad de inmunoglobulinas presentes en este. Mientras que para determinar una adecuada transferencia de inmunidad

pasiva se realiza la medición de proteínas séricas mediante refractometría indicando adecuado calostro cuando los niveles son $\geq 5.4 \text{ g dL}^{-1}$. Esta lectura debe darse entre las 24 y 48 horas de vida, ya que es el tiempo donde el paso de inmunoglobulinas está abierto en el intestino delgado. El refractómetro no mide la cantidad de inmunoglobulinas en sangre sino que estima la cantidad total de proteínas séricas de la becerro (Yang , 2015).

2.3.3. Delactación

Dentro de un sistema tecnificado el método de suministración de leche corresponde del 8 al 10 % del peso vivo de la becerro con la intención de restringir la etapa de lactante y reduciendo los costos de alimentación con leche al tiempo que se motiva a el consumo de alimento iniciador que se encuentra ofrecido *ad libitum*, (Lagger, 2010). Las becerros nacen con el rumen no funcional e inicialmente deben depender exclusivamente de la leche para satisfacer las demandas de nutrientes de mantenimiento y crecimiento. Una transición suave de la alimentación líquida a la sólida permite a las becerros consumir y digerir suficiente alimentación sólida para apoyar el crecimiento durante y después del destete, esta transición requiere el desarrollo físico y metabólico del rumen y coincide con el desarrollo del aparato salival, el comportamiento de la rumia y varios ajustes fisiológicos a nivel intestinal, hepático y tisular (Khan *et al.*, 2016).

Con este manejo se busca transformar a las becerros en rumiante rápidamente significando lograr el desarrollo de las papilas ruminales mediante la naturaleza del alimento sólido y la cantidad consumida, ya que esto puede influir en el desarrollo del rumen para lo cual se emplea alimento iniciador como fuente de alimento en destete precoz con mínimo el 25% de proteína (Steele *et al.*, 2016). Una vez iniciado el consumo de concentrado, dependiendo de algunos factores como las tasas de ganancias, el programa de alimentación (cuadro 1) y salud de las becerros se da inicio al desarrollo de los divertículos estomacales y la fermentación ruminal, la generación de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) y aunado al efecto físico de la fibra en dieta se dan los cambios necesarios para el desarrollo

total del rumen y pase de ser un animal lactante a un bovino rumiante (Tobón, 2015).

CUADRO 1. PROGRAMA DE DELACTACIÓN DE BECERRAS

PESO VIVO (KG)	Edad (Sem)	Días	Calostro (L día⁻¹)	Leche (L día⁻¹)	Relación consumo de leche y Peso corporal (%)	Concentrado iniciador (kg día⁻¹)	Agua (L día⁻¹)
40	1	1-4	4	-	10	-	-
	1	5-7	-	4	10	-	-
45	2	8-14	-	4.5	10	0.15	1
50	3	15-21	-	5	10	0.35	1
55	4	22-28	-	5.5	10	0.5	2
60	5	29-35	-	4.5	7.5	0.75	2
65	6	36-42	-	3.5	5.4	1.0	3
70	7	43-49	-	2.5	3.6	1.25	3
75	8	50-56	-	1.0	1.3	1.5	3

CONSIDERACIONES: PESO AL NACIMIENTO 40KG Y GANANCIA DE PESO SEMANAL 5 KG

FUENTE: TOBÓN (2015).

2.3.4. Delactación total

Una de las principales metas en el área de crianza, es llevar a cabo el destete precoz de las becerras sin afectar la respuesta productiva de las mismas, existen

varios criterios de destete o delactación, por ejemplo cuando la becerro duplica el peso vivo inicial, al momento que alcanza los 70 kg, o en dado caso, cuando su consumo de alimento concentrado le asegure continuar con una alta ganancia de peso, para ello con la reducción gradual de la disponibilidad de leche se busca que antes del destete se mejore el consumo de alimento iniciador haciendo la reducción gradual de la cantidad de leche durante un período de 10 días después de las 6 semanas de vida (Sweeney *et al.*, 2010). El rumen de las becerros que no tienen acceso a alimento sólido permanecerá sin desarrollo, por lo tanto una becerro no se debe destetar hasta que el rumen sea completamente funcional y pueda soportar y cubrir con los requerimientos nutricionales (Steele *et al.*, 2016).

Las becerros pueden destetarse prematuramente, a tiempo y de manera tardía, en el destete precoz se realiza entre la tercer a quinta semana de edad y en el caso de ser a tiempo se habla de una edad de entre 8 y 12 semanas, mientras que el destete tardío se comprende después de 12 semanas. Se debe destetar a una becerro cuando esté consumiendo mínimo 300 gramos de alimento concentrado y cuento con peso mínimo de 70 kg (Adams, 2007). Los objetivos a cumplir en el área de crianza son criar reemplazos en buen estado de salud, con adecuado crecimiento musculo esquelético y desarrollar de manera precoz el rumen (Wattiaux y Armentano, 2014).

2.4. Parámetros Productivos de becerros en crianza

Para obtener información necesaria sobre la productividad y correcto funcionamiento de la unidad de producción existe el análisis de variables productivas como, el peso corporal siendo la variable más empleada para evaluar el crecimiento y desarrollo de las becerros sin embargo este valor no puede ser el único que refleje el estado nutricional de los animales. Para la raza Holstein el peso promedio al nacimiento es de 35 a 40 kg, con peso de 66 kg al destete que se da entre 9 y 10 semanas de vida, con consumo promedio de 1200 g día⁻¹ de concentrado iniciador, llegando al peso final en la semana 16 de vida con un promedio de 97 kg (Tobón, 2015). Una tasa de crecimiento rápida no se logra con alimentación líquida obteniendo ganancias de peso de entre 250 y 400 g día⁻¹ ya

que posterior al destete se obtienen ganancias de 700 a 900 g día⁻¹ debido al consumo de alimento iniciador que genera el crecimiento del músculo y del tejido adiposo (Wattiaux y Armentano, 2014).

Para asegurar el crecimiento adecuado de las becerras se debe cumplir con el objetivo de alimentar y mantener en buen estado de salud a los animales debido a la influencia que este manejo tiene sobre la madurez sexual (edad a la pubertad, servicio y primer parto), además de que se puede utilizar para monitorear el la rentabilidad del hato (Wattiaux, 2010).

2.5. Anatomofisiología del aparato digestivo

Las becerras nacen con su estómago no glandular subdesarrollado física y metabólicamente e inicialmente dependen de la leche para satisfacer las demandas de nutrientes para su mantenimiento y crecimiento mediante la utilización única del abomaso (estómago glandular) mientras que los demás compartimentos (rumen, retículo y omaso) se encuentran en desarrollo hasta que se generen las condiciones óptimas (Khan *et al.*, 2016). Los compartimentos no glandulares no son funcionales al nacimiento y por lo tanto se encuentra presente la gotera esofágica, la cual es una invaginación, a manera de canal, que atraviesa la pared del retículo, extendiéndose desde la desembocadura del esófago hasta el orificio retículoomasal y al ser estimulada, los músculos de sus labios se cierran creando un canal casi perfecto que conecta el cardias con el canal omasal (Relling y Mattioli, 2003).

El cierre de la gotera esofágica asegura que los alimentos lácteos (leche, sustituto lácteo o suero reconstituido) se dirijan eludiendo su pasaje al retículo–rumen directamente por el orificio retículo–omasal al abomaso, lugar donde se cumplen los procesos de coagulación de la caseína y la primera etapa de la hidrólisis lipídico–proteica de la leche, el cierre insuficiente de la gotera esofágica provoca trastornos digestivos que conducen a una sintomatología clínica gastroentérica, la cual frecuentemente se acompaña con dilatación ruminal por fermentación bacteriana de la leche, esta situación conduce al timpanismo, que trae pérdida de

peso, falta de crecimiento y hasta la muerte de los animales (Laarman y Oba , 2011).

2.6. Desarrollo ruminal

El rumen y el abomaso son órganos en donde ocurre el rompimiento de alimentos por dos tipos de procesos drásticamente diferentes (fermentación bacteriana y digestión ácida respectivamente), el retículo está relacionado primariamente en el control del flujo de material digestivo hacia afuera del rumen, mientras que el omaso es un órgano en donde algo de agua y minerales son removidos por absorción antes de que el material digestivo alcance el abomaso (Wattiaux,1996).

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje, esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes, la degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, dichos procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (DE) (Relling y Mattioli, 2003).

Debido a que el rumen en la etapa de lactante tiene crecimiento rudimentario y alcanza su posterior desarrollo con la implantación de la masa microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes, resulta importante el tiempo que transcurre entre el desarrollo morfofisiológico digestivo y los procesos digestivos de fermentación ruminal (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2017). El desarrollo de los divertículos estomacales suele dividirse en tres períodos, el primero entre el nacimiento y las tres semanas de vida donde el animal es “lactante”, posee sólo capacidad de digerir leche y depende de la absorción intestinal de glucosa, la segunda etapa corresponde entre las tres y las ocho semanas de vida siendo un “período de transición” durante el cual el animal comienza a ingerir pequeñas cantidades de alimento sólido y se van desarrollando gradualmente los divertículos estomacales y por último a partir de las ocho semanas de vida los divertículos

estomacales están bien desarrollados y permiten una digestión fermentativa propia del rumiante adulto (Relling y Mattioli, 2003).

La incorporación de fuentes de forraje desde edades tempranas, no solo beneficia por el efecto económico en la crianza de becerros, sino por la acción positiva que ejercen en el desarrollo del rumen, estimulando el crecimiento y desarrollo de la musculatura ruminal, para lo cual es necesaria la presencia de estímulos mecánicos considerando necesaria la presencia de una dieta voluminosa. (Ybalmea *et al.*, 2005). Además de que la presencia de productos que originan Ácidos Grasos Volátiles (AGV) es un factor necesario para la maduración papilar y ayuda a que los valores de glucemia comiencen a disminuir mientras aumenta la concentración plasmática de AGV, especialmente acetato (C2), propionato (C3) y butirato (C4) en la etapa de transición (Relling y Mattioli, 2003).

El rumen contiene una comunidad compleja de microorganismos que incluyen arqueas, bacterias, hongos y protozoos que fermentan los alimentos ingeridos, proporcionando nutrientes para el bovino, las principales familias bacterianas más abundantes en el rumen son: *Lachnospiraceae*, familia sin nombre en *Bacteroidales*, *Succinivibrionaceae*, *Ruminococcaceae*, *Veillonellaceae*, *Prevotellaceae* y familia sin nombre en Clostridiales (Noel *et al.*, 2019). Las bacterias anaerobias dominan en el rumen de los rumiantes neonatales al segundo día de vida (10^9 UFC ml⁻¹ de fluido ruminal) y la densidad de las bacterias celulolíticas se estabiliza (10^7 UFC ml⁻¹ de fluido ruminal) dentro de la primera semana de vida. Los hongos anaerobios y los metanógenos aparecen en el rumen neonatal entre 8 y 10 días después del parto, mientras que los protozoos aparecen solo después de 15 días después del parto (Malmuthuge *et al.*, 2015).

Los microorganismos en el rumen degradan los nutrientes para producir ácidos grasos volátiles y sintetizan la proteína microbiana como un suministro de energía y proteínas para el rumiante, sin embargo, este proceso de fermentación tiene ineficiencias de energía (pérdidas de metano) y proteínas (pérdidas de amoníaco N) que pueden limitar el rendimiento de la producción y contribuir a la liberación de contaminantes al medio ambiente (Calsamiglia *et al.*, 2007).

2.7. Microbiota del tracto gastrointestinal

En el tracto gastrointestinal la microbiota fecal tiene diferencias con la ruminal, sin embargo ambas se ve alteradas por los cambios en la dieta teniendo un efecto prominente en la estructura de la población bacteriana, ya que el alimento proporcionan los sustratos para el crecimiento bacteriano y por lo tanto, determina la presión selectiva sobre la microbiota generando diferencias en la eficiencia de alimentación y crecimiento (Noel *et al.*, 2019). El tracto gastrointestinal (TIG) de los mamíferos alberga una comunidad microbiana diversa que contribuye a la supervivencia del animal mediante la extracción de compuestos nutricionalmente siendo de suma importancia en la etapa de no rumiante de una becerro (Lalles, 2012).

El establecimiento temprano de la microbiota intestinal se asocia con una reducción del riesgo de enfermedad en becerros, por ejemplo, la *Escherichia coli* enterotoxigénica se asocia típicamente con una mayor incidencia de diarrea, mientras que las especies beneficiosas, como *Bifidobacterium*, se asocian con la microbiota intestinal saludable y una mejor inmunidad (Fischer *et al.*, 2018). La colonización microbiana del TIG comienza temprano en la vida y las poblaciones intestinales, una vez establecidas, son resistentes al cambio sin intervenciones extremas o sostenidas. Por lo tanto, los esfuerzos para alterar la microbiota TGI para mejorar cualquier número de resultados del huésped pueden ser más efectivos en la vida temprana, antes de que las comunidades microbianas hayan alcanzado un nivel estable de adultos (Dill-McFarland *et al.*, 2019). Los microorganismos comensales específicos modulan las respuestas inmunes del huésped a través de vías proinflamatorias y antiinflamatorias, así como señales mediadas por células epiteliales, demostrando que la microbiota gastrointestinal juega un papel importante en el metabolismo del huésped, las respuestas inmunes y la regulación del tracto gastrointestinal desarrollo funcional y morfológico, (Malmuthuge *et al.*, 2013).

Las bacterias son determinantes en el desarrollo del intestino y el mantenimiento de su homeostasis, los componentes de las bacterias intestinales, participan en la

protección intestinal contra lesiones y promueve la búsqueda intestinal de mastocitos (Lalles, 2012). El tracto gastrointestinal de los mamíferos dentro del útero es estéril y se coloniza rápidamente por una serie de microbiota durante y después del nacimiento. Este proceso de colonización se ha descrito como una coevolución debido a la interacción bidireccional entre el huésped y los microbios, por parte del huésped (pH, tiempo de retención de alimentos en el intestino y mecanismos de defensa inmune), factores microbianos (adhesión, mecanismos de supervivencia bajo gradiente de oxígeno y mecanismos para obtener nutrientes del huésped) y factores externos, como la microbiota materna, la dieta y el tratamiento con antibióticos durante la vida temprana, todos se combinan para influir en la colonización intestinal (Malmuthuge *et al.*, 2015).

Las familias más abundantes presentes en muestras fecales de becerras son: *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Clostridiales*, *Rikenellaceae* y *Bacteroidale* (Noel *et al.*, 2019). Los colonizadores iniciales (*Streptococcus* y *Enterococcus*) utilizan el oxígeno disponible en el intestino y crean el ambiente anaeróbico requerido para los residentes intestinales anaeróbicos estrictos, como *Bifidobacterium* y *Bacteroides*. *Bifidobacterium*, las cuales son dos de las principales bacterias intestinales que tienen impacto beneficioso sobre el sistema inmunitario de la mucosa (Malmuthuge *et al.*, 2015). Si se retrasa la alimentación del calostro se tiende a disminuir la prevalencia de bacterias beneficiosas asociadas con la mucosa del colon, específicamente *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* spp., que juegan un papel importante en la salud intestinal (Fischer *et al.*, 2018).

El consumo de alimento sólido afecta la diversidad bacteriana, la expresión de TLR, β -defensina, PGLYRP1, claudina 4 y occludina, que pertenecen a los mecanismos de defensa de primera línea y las funciones de barrera intestinal. Estos cambios observados en las funciones inmunes de la mucosa y la madurez intestinal pueden considerarse como otro factor que facilita el destete temprano y mejor crecimiento en los animales. Las alteraciones asociadas al destete en la

diversidad bacteriana unida al tejido mucoso podrían aumentar la adherencia de *Clostridium perfringens* en el intestino delgado (Malmuthuge *et al.*, 2013).

La relación entre los microorganismos comensales, especialmente los asociados a la mucosa gastrointestinal, pueden desempeñar un papel esencial en la absorción de nutrientes, modulación del desarrollo del intestino y sistema inmunitario, por ello resulta de suma importancia tomar en consideración el grupo de principales patologías presentes en unidades de producción tecnificadas de leche, para comprender la relación de las incidencias patológicas y la eficiencia productiva de los animales (Noel *et al.*, 2019).

2.8. Patologías en becerras

La salud, productividad y prevención de enfermedades en los animales son factores de suma importancia dentro del marco económico del propietario y de la industria lechera, por lo que la prevención y cura de enfermedades se considera en términos generales como la integración de la nutrición, el alojamiento y el manejo de la unidad de producción, logrando así disminuir problemas patológicos si se realizan estos factores de manera adecuada (LeBlanc *et al.*, 2006).

2.8.1. Digestivas

Las patologías diarreicas son causadas por diversos microorganismos como virus, parásitos y bacterias, así como características de alimentación por lo que se pueden clasificar en diarreas infecciosas, osmóticas o parasitarias. Las diarreas parasitarias se generan cuando las becerras se alimentan en praderas con elevada contaminación de larvas de parásitos, sin embargo, en sistemas altamente tecnificados este tipo de presentaciones diarreicas es nula por el tipo de manejo y medidas sanitarias, por su parte las diarreas osmóticas son originadas por sobrecarga de alimento, o cambios drásticos en la alimentación principalmente en la etapa de delactación, y si no se trata con rapidez la situación puede derivar a diarrea infecciosa (McGuirk, 2008).

Existen varios agentes causales de enfermedades gastrointestinales, de entre los más comunes y de importancia económica son *Salmonella* spp. y *E. coli* con una

prevalencia para *E. coli* en las dos primeras semanas de vida de 42.9% y el 14.3% en la tercera, mientras que *Salmonella* spp. entre la primera y segunda semana de vida se encuentra su mayor tasa de prevalencia (30.8% y 34.6%); tendiendo a disminuir en la tercera y cuarta semana (23.1% y 11.5%) (Delgado-González *et al.*, 2016).

Encontrándose similitud entre el tiempo de superior susceptibilidad para *E. coli* y *Salmonella* spp. en las dos primeras semanas después del nacimiento sugiriendo que *E. coli* debe considerarse un patógeno de suma importancia económica en la presencia de diarreas en becerras (Choi *et al.*, 2013). Otro enteropatógeno frecuentemente identificado en las muestras fecales diarreicas de becerras es *Cryptosporidium* spp. con una prevalencia de 40.9%, rotavirus 19.1% y coronavirus 7.4% (Abuelo *et al.*, 2019).

El manejo que se debe dar a la cría posterior al nacimiento es la separación de la madre en la primer hora de vida debido a que sanitariamente no es conveniente que la cría permanezca por mucho tiempo en el sitio del parto al incrementar el riesgo de infección y transmisión de microorganismos como *Mycobacterium tuberculosis*, *Salmonella* y *Cryptosporidium*, entre otros, sin embargo la prevalencia general a la infección por *Cryptosporidium* spp. es de 40%, identificando como factores de riesgo a la infección de este patógeno el nivel bajo de inmunoglobulinas y la atención no especializada de personal en el área de partos (Barry *et al.*, 2019). En los bovinos se reconocen por lo menos cuatro especies, que incluyen a *C. ryanae*, *C. andersoni*, *C. bovis* y *C. parvum* siendo esta última la más reportada en animales lactantes, mientras que las otras especies se encuentran comúnmente en animales post-destete y adultos. La criptosporidiosis es de suma importancia en animales jóvenes menores a 30 días, manifestándose mediante abundante diarrea, anorexia, desequilibrio electrolítico, fiebre, pérdida de peso, y la muerte, disminuyendo la prevalencia e intensidad de la parasitosis conforme aumenta la edad (Connor *et al.*, 2017).

Los cuatro patógenos gastrointestinales de elevada importancia que desencadenan en diarrea neonatal de la ternera son rotavirus, coronavirus, *E. coli*,

y *Cryptosporidium parvum*, que clasifican a esta patología como la causa mas común de morbilidad y mortalidad en becerras y ubicándola dentro de una de las tres enfermedades frecuentes en becerras junto a la neumonía y septicemia (Meganck *et al.*, 2014).

2.8.2. Respiratorias

La etiología del complejo respiratorio bovino es multifactorial y los factores de riesgo son complejos e interconectados, lo que dificulta el diagnóstico y a su vez, resulta en tratamientos inconsistentes, varios patógenos bacterianos y virales diferentes contribuyen a la aparición del complejo respiratorio bovino, sin embargo los agentes que puede referirse son Herpesvirus causante de la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), virus parainfluenza 3 (PI3), virus sincicial respiratorio bovino (BRSV) y virus de la diarrea viral bovina (DVB), siendo estos agentes causantes de una infección inicial y permiten que bacterias oportunistas y patógenas (*Manheimia hemolítica*, *Pasteurella multocida* e *Histophilus somni*) produzcan neumonías severas y muerte (Karle *et al.*, 2019). Factores como el manejo pre destete tienen influencia significativa sobre la salud e incidencia del complejo respiratorio bovino, caso contrario al proceso de vacunación que resulta no tener impacto significativo sobre esta patología (Windeyera *et al.*, 2014).

Las tasas de mortalidad antes del destete y la mortalidad específica por complejo respiratorio bovino se asociaron con prácticas de manejo, incluida la limpieza de corrales de maternidad, la alimentación de las becerras en un plano superior de nutrición y la vacunación de las madres (Dubrovsky *et al.*, 2019). Las enfermedades respiratorias son la segunda causa más común de muerte en becerras al implicar afecciones en el tracto respiratorio posterior o anterior tal como rinitis junto con descargas nasales y oculares, resultando de interés económico por las pérdidas que genera (Love *et al.*, 2014).

2.8.3. Mortalidad y morbilidad

La mortalidad en becerras destetadas es una fuente importante de pérdida económica para los productores lecheros debido a las elevadas tasas de

morbilidad y mortalidad que se presentan en esta etapa (46% y 5%, respectivamente) y tomando en cuenta que las becerras económicamente hablando son el futuro de la unidad de producción la muerte de algún animal representa una pérdida considerable (Murray *et al.*, 2016). Dentro de la morbilidad en becerras lecheras se los problemas digestivos tienen hasta el 35% de incidencia en la etapa predestete, mientras que enfermedades respiratorias representan de entre el 29 al 39 % de riesgo (Windeyera *et al.*, 2014). La mortalidad en el ganado lechero no solo es relevante con respecto a las pérdidas económicas, sino también con la salud y el bienestar de los animales, por lo cual es fundamental que mantener libre de enfermedades a las beceras ahorrando costos en la etapa de crianza (Fuerst y Sorensen, 2010).

Las becerras son particularmente vulnerables a problemas de salud antes del destete y experimentan altas tasas de mortalidad, la mala calidad del calostro o el manejo deficiente del calostro, combinado con una higiene deficiente, pueden aumentar la susceptibilidad a la enfermedad, lo que contribuye a elevar las tasas de mortalidad (Barry *et al.*, 2019). Una crianza se debe evaluar con diversos criterios, considerándola exitosa cuando se logran diversos puntos como crecimiento, desarrollo y peso corporal al primer parto dentro de los rangos establecidos para la raza, primer parto en un periodo de 24 meses, menos del 5% de mortalidad en novillas y becerras, permitiendo económicamente hablando mayores rendimientos y contar con mayor calidad genética del hato (Wattiaux, 2010).

Dentro de la búsqueda de mecanismos para mejorar la salud de los animales se emplean aditivos naturales que se pueden emplear como una medida preventiva evitando el uso de antibióticos como promotores de crecimiento y limitar su uso de manera terapéutica al ejercer efecto benéfico en el sistema inmunológico y en general sobre otros aparatos y sistemas del organismo (Mendoza-Martínez *et al.*, 2018).

2.9. Aditivos en Producción animal

Resulta complicado asignar una definición específica a los aditivos para la alimentación animal debido a que son tan heterogéneos y se encuentran en gran número, no obstante, se puede llamar aditivo alimentario aquel producto que se incluye en la dieta en un bajo nivel de inclusión con el propósito de incrementar la calidad nutrimental del alimento, la salud y bienestar de los animales que lo consuman, principalmente se clasifican en aditivos sintéticos y naturales, estos últimos se clasifican dependiendo su función por ejemplo colorantes, conservantes, antioxidantes, reguladores de la acidez, potenciadores del sabor, promotores de crecimiento, entre otros (Ravindran, 2010).

Los antibióticos (ionoforos) que durante años se han empleado como aditivos en la alimentación animal con la finalidad de mejorar el rendimiento y el crecimiento de los animales, mejorando las condiciones ruminales y por ende la productividad, sin embargo, el uso de antibióticos en alimentos para animales se limita debido a la aparición de residuos y cepas resistentes de bacterias y su uso ha sido prohibido en el Unión Europea desde enero de 2006 (Calsamiglia, *et al.*, 2007), por ello, las investigaciones sobre extractos de plantas como alternativas naturales han incrementado significativamente.

2.9.1. Aditivos naturales en producción animal

Dentro de los aditivos naturales se encuentran los probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos y extractos de plantas. La adición de estos aditivos a base de extractos herbales y aceites esenciales en las dietas tiene la finalidad de mejorar el rendimiento productivo, la salud y crecimiento de los animales (Akyildiz y Denli, 2016). Los aceites esenciales de algunas plantas pueden interactuar con las membranas celulares microbianas e inhibir el crecimiento de algunas bacterias grampositivas y gramnegativas, resultando en la inhibición de la desaminación y la metanogénesis, lo que da como resultado una menor concentración de nitrógeno, metano y acetato de amoníaco, así como mayores concentraciones de Ácidos Grasos Volátiles (AGV): propionato y butirato (Calsamiglia *et al.*, 2007).

Los fitobióticos, comúnmente conocidos como compuestos bioactivos de plantas a base de hierbas, se han empleado en medicina humana y veterinaria para prevenir enfermedades, mejorar el rendimiento en síndromes relacionados con el estrés y aumentar la resistencia contra las infecciones (Rochfort *et al.*, 2008). Este tipo de aditivos herbales permiten mejorar la salud y el bienestar de los animales además de mejorar su producción (Mendoza-Martínez *et al.*, 2018), al tener efecto en las variables productivas, parámetros sanguíneos, respuesta inmune y microbiota intestinal (Kim *et al.*, 2015).

En las industrias bovina de carne y lácteos, las modificaciones en la microbiota se ha relacionado directamente con la producción de leche, el aumento de peso y emisiones de metano, siendo posible utilizar la dieta para manipular poblaciones microbianas del TGI para aumentar el rendimiento animal (Dill-McFarland *et al.*, 2019). Además esta modificación de la microbiota no solo se realiza de manera benéfica mediante la dieta, se ha demostrado que los tratamientos con antibióticos modifican de manera negativa la microbiota debido a que reducen la población bacteriana total generando resistencia de diversos microorganismos a los antibióticos, además de disminuir algunas bacterias beneficiosas que pertenecen a las familias *Ruminococcaceae* y *Lachnospiraceae*, que producen butirato para el metabolismo energético del animal (Malmuthuge *et al.*, 2013).

Actualmente se han desarrollado aditivos naturales derivados de diversas plantas que contienen una amplia variedad de compuestos orgánicos derivados del metabolismo secundario encontrados en el citoplasma y son responsables del olor y el color de las plantas y las especias, tienen importantes funciones ecológicas como mensajeros químicos entre la planta y su entorno, las cuales a menudo exhiben actividad antimicrobiana contra una amplia gama de bacterias, levaduras y mohos (Calsamiglia, *et al.*, 2007).

En estudios con rumiantes, los compuestos secundarios de plantas se ha utilizado para modificar la fermentación ruminal, aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes y mejorar la productividad animal, por ejemplo, algunos compuestos fenólicos, como el cinamaldehído (CIN), el eugenol (EUG) y la capsaicina (CAP),

disminuyeron el acetato y aumentaron las concentraciones de propionato en el contenido ruminal del ganado mejorando la eficiencia del uso de energía en la dieta al aumentar el suministro de energía a través de la gluconeogénesis y el aumento de la concentración de propionato se asocia con una disminución de la producción de metano en los rumiantes (Janssen, 2010).

Debido a los efectos que dichos compuestos bioactivos tienen dentro del desarrollo, productividad y salud animale se encuentran formulas poliherbales que engloban una cantidad diversa de compuestos bioactivos provenientes de diferentes plantas que en su conjunto buscan generar un efecto sinérgico para mejorar parámetros productivos y estatus sanitario de animales destinados a la producción, tal es el caso de la mezcla polih herbal que contiene las plantas *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminelia chebula* y *Trigonella foenum-graecum* ricas en metabolitos secundarios que ayudan a mantener la secreción adecuada de saliva y jugos gástricos, movimientos óptimos rumenoreticulares e intestinales a través de una bioactividad óptima, población de la microbiota y funciones secretoras del tracto G.I. influyendo en el desempeño general de la salud y la producción de los animales de producción, lo cual depende en gran medida de su capacidad para digerir y asimilar nutrientes (Indian Herbs Specialities, 2019).

2.9.1.1. *Zingiber officinalis*

Zingiber officinalis (jengibre), es una planta aromática de la familia Zingiberaceae, originaria de la India y se cultiva comúnmente en Asia, África tropical y América Latina, es una especia importante a nivel mundial que ha sido utilizado durante siglos en los sistemas de medicina tradicional india, china, árabe, tibetana, unani y siddha para tratar diversas enfermedades en humanos y animales (Haniadka *et al.*, 2012), debido a su alto contenido de antioxidantes y propiedades antiinflamatorias. El rizoma de jengibre comprende varios tipos de productos químicos, incluidas las series de gingeroles y shogaoles, entre los cuales el gingerol es el ingrediente principal que representa una variedad de bioactividades que incluyen la promoción antitumoral, antiproliferativa (Choi *et al.*, 2013), efectos

antieméticos especialmente por parte del 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol y 6-shogaol, que pueden funcionar como antagonistas de 5-hidroxitriptamina (5-HT₃) y antagonistas de NK1, antihistamínicos y poseen efectos procinéticos (Haniadka *et al.*, 2012).

Es de suma importancia mencionar el contenido de elementos minerales (cuadro 2), entre los cuales destaca el hierro que tiene funciones inmunomoduladoras, la concentración de manganeso como un elemento antioxidante que se requiere para el metabolismo de la vitamina B1, C y E además de que interviene en funciones como la regulación del sistema inmune y la activación enzimática, así como la concentración de potasio que le confiere características como diurético y tiene regulación del ritmo cardíaco (Lamari *et al.*, 2016).

Cuadro 2. Concentraciones elementales (mg g⁻¹) para *Zingiber Officinalis*

Elemento	Concentración
Al ⁺	0.289 ± 0.173
Cl ⁻	1.80 ± 0.34
K ⁺	19.00 ± 1.48
Na ⁺	0.58 ± 0.035
Fe ⁺	0.94 ± 0.022
Zn ⁺⁺	16.39 ± 0.14

*Valores dados en (µg g⁻¹)

Fuente: Lamari *et al.*, (2016).

La administración oral de extracto de *Zingiber officinalis* ha mostrado efectos diferentes e inconsistentes, la administración oral del extracto de jengibre exprimido inhibió el edema del oído inducido por ácido araquidónico en ratones, pero su administración repetida fue necesaria para lograr efecto antiinflamatorio

umentando el nivel de corticosterona en suero y elevando el factor de necrosis tumoral (TNF- α) en las células peritoneales, sin embargo, el efecto antiinflamatorio del jengibre no es una acción directa, pero si el resultado de la retroalimentación negativa de la producción endógena de corticosterona (Ueda *et al.*, 2010). Además, la alimentación con *Zingiber officinalis* en ratas no solo retrasa la aparición sino también la progresión de la catarata, indicando que la alimentación de jengibre inhibe significativamente la formación de productos finales de glicación avanzada, incluida la carboximetil lisina en el cristalino ocular, además, reduce el estrés osmótico inducido por la hiperglucemia, pudiendo prevenir o retrasar las complicaciones diabéticas (Saraswat *et al.*, 2010).

En pacientes con osteoartritis el jengibre resultó ser tan efectivo como el Diclofenaco 100 mg sin mostrar efectos secundarios lo cual lo convierte en una alternativa más segura en el tratamiento de este tipo de padecimientos, ya que no tiene efecto negativo en la mucosa del estómago, como lo hace el antiinflamatorio no esteroidal debido al aumento de la síntesis de prostaglandina de la mucosa estomacal creando un aumento del potencial protector del estómago (Drozdov *et al.*, 2012), de igual modo el extracto de jengibre en comparación con el ibuprofeno tiene resultados antiinflamatorios similares debido a que el jengibre contiene sustancias químicas con potencial regulador de la inflamación atribuido a las acciones de gingeroles, shogaoles, diarilheptanoides y diterpenos de dialdehida, que pueden inhibir las prostaglandinas inflamatorias, teniendo un alto potencial como alternativa para padecimientos de osteoartritis (Haghighi *et al.*, 2005).

Se espera que el efecto de estos compuestos bioactivos dentro del jengibre ayuden a regular procesos inflamatorios resultantes de algún tipo de lesión o patología en becerras destinadas a reemplazo, así como obtener la protección gástrica (Drozdov *et al.*, 2012), generada por esta planta en la etapa de lactantes de las becerras donde el divertículo glandular es el único funcional, por lo cual se espera observar el beneficio dentro de los parámetros productivos al generar condiciones óptimas para la absorción y utilización de nutrientes (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2017).

2.9.1.2. *Trachyspermum ammi* / *Carum copticum*

Trachyspermum ammi de la familia Apiaceae comúnmente conocido como Hierba del obispo, semilla de carambola (nombres en inglés) y ajowan o ajwain u omum en idiomas indios, es originaria de Egipto y se encuentra en Irak, Irán, Afganistán, Pakistán e India, es usada ampliamente para curar diversas enfermedades tanto en humanos como en animales, siendo una de las plantas medicinales más famosas en el tratamiento de enfermedades humanas que se menciona en Ayurveda el cuál es el sistema importante de medicina y terapia de drogas en la India (Pathak *et al.*, 2010). *T. ammi* es una planta anual de 60 a 90 cm de altura, con un tallo muy ramificado y estriado, la flor es de color blanco con hojas superiores más pequeñas y poco pecioladas, mientras que las hojas inferiores tienen pecíolos largos, su fruta es de color marrón grisáceo, ovoide, que consta de dos mericarpos con crestas prominentes que mide 2 mm de largo y 1.7 mm de ancho (Joy *et al.*, 2001).

El análisis de las semillas de *T. ammi* muestra que contiene fibra en 11.9%, carbohidratos (38.6%), taninos, glucósidos, humedad (8.9%), proteínas (15.4%), grasas (18.1%), saponinas, flavonas y materia mineral. (7.1%). El aceite esencial mostró la presencia de 17 componentes de los cuales timol (39.36%), γ -terpinene (30.97%), *p*-cymene (19.47%) y β -pineno (5.45%), α -pineno (1.48%) y carvacrol fueron los principales componentes, además de que también está presente una pequeña cantidad de canfeno, mirceno y D3-careno (Nagalakshmi *et al.*, 2000). Los fenoles, el timol y el carvacrol son responsables de las propiedades antisépticas, antitusígenas y expectorantes. El timol generalmente es conocido por sus propiedades antimicrobianas, el cual se incorpora comúnmente en los enjuagues bucales, debido a su acción antibacteriana contra las bacterias orales. Además de que el timol siempre se acompaña de su isómero carvacrol el cual tiene propiedades antifúngicas, estos dos compuestos en conjunto poseen efectos inhibitorios contra la peroxidación de los fosfolípidos de los liposomas (Asif *et al.*, 2014).

Se evaluó la actividad antidiarreica del 95% de extracto alcohólico total (TAE) y extracto acuoso total (TAQ) de semillas de *T. ammi* a una dosis de 100 mg Kg⁻¹ de peso vivo en ratas Wistar machos en comparación con una drogas estándar como la loperamide resultando que los extractos de semillas de *C. copticum* tienen un efecto beneficioso en el control de la diarrea en ratas debido a la inhibición de la hipersecreción, la motilidad gastrointestinal y el aumento del tiempo de tránsito gástrico. Al comparar ambos extractos con el grupo testigo se observó que ambos disminuyeron significativamente (P <0,001) las evacuaciones en la diarrea inducida por aceite de ricino en un 39.90% y 50.70% respectivamente mientras que al compararlo con el grupo tratado con loperamide (3 mg kg⁻¹) no existió una diferencia significativa indicando los extractos de *T. ammi* cumplen con funciones antidiarreicas de igual modo que el fármaco que redujo a 60.32% la acumulación de líquido intestinal (Balaji *et al.*, 2012). Debido a los componentes en los extractos de *T. ammi* principalmente los flavonoides le confieren actividad antidiarreica, por la capacidad de inhibir la motilidad intestinal y las secreciones hidroelectrolíticas que se encuentran alteradas en estos eventos diarreicos, mientras que los taninos y el ácido tánico presentes de igual modo en esta planta desnaturalizan las proteínas en la mucosa intestinal brindándole más resistencia a la alteración química y, por lo tanto, reduce la secreción (Asif *et al.*, 2014).

De igual modo los extractos de *T. ammi* en dosis de 100 mg kg⁻¹ mostraron actividad antiinflamatoria significativa (P <0.001) de 38.32% y 41.11% respectivamente en el edema de pata de rata inducido por carragenano, al compararlos con Aspirina (150 mg kg⁻¹) y Fenilbutazona (150 mg kg⁻¹) los cuales mostraron una inhibición de 45.23% y 43.83% respectivamente demostrando la actividad como antiinflamatorio natural que brinda resultados similares a productos farmacéuticos en el mercado (Thangam y Dhananjayan, 2003)

Al no existir datos reportados en rumiantes o animales lactantes sobre la utilización de esta planta, se busca que al emplearla en becerras lactantes donde el sistema digestivo funciona de manera similar al de un ratón, en el cual ha sido

reportado que esta planta tiene efecto benéfico en el control de eventos diarreicos, se buscaría observar el efecto en la presentación de diarreas dentro del área de crianza de un sistema tecnificado donde se presenta una incidencia elevada las primeras semanas de vida debido al manejo y alimentación al cual están sometidos estos animales (Delgado-González *et al.*, 2016).

2.9.1.3. *Terminalia chebula*

Los tres árboles *Terminalia* (*Terminalia chebula* Retz, *Terminalia bellerica* y *Terminalia horrida*) pertenecen a la familia Combretaceae y están muy extendidos en Egipto y otras regiones subtropicales y tropicales. Las frutas se denominan merobalanos negros o quebólicos y se utilizan en la industria del curtido de cuero y en la medicina tradicional local en Egipto, India y Pakistán. Sus nombres triviales en Egipto son Kebuli (*T. chebula*), Hind (*T. horrida*) y Bellileg (*T. bellerica*). (Pfundstein *et al.*, 2010). Los extractos de frutas de *Terminalia* se han aplicado con frecuencia en las denominadas medicinas populares debido a sus propiedades laxantes, astringentes, purgantes y diuréticas (Kumar *et al.*, 2008).

El fruto de *Terminalia chebula*, tanto maduro como inmaduro se han utilizado en medicina popular de Asia con diferentes usos clínicos especialmente debido a sus propiedades antibacterianas, razón por la cual en el Tíbet es ampliamente incluido en la dieta de las personas, se identificaron 29 compuestos del fruto de *T. chebula* de los cuales predominan los taninos y polifenoles, uno de ellos identificado con mayor cantidad es el corilagin que demostró tener actividad antimicrobiana específicamente, inhibiendo la formación de biopelículas de *Staphylococcus aureus*, la detección de quórum y la secreción de toxinas, indicando que el corilagin podría ser un compuesto antibacteriano efectivo (Li *et al.*, 2019).

La administración tópica del extracto de alcohol de las hojas de, *Terminalia chebula*, sobre heridas dérmicas de rata, mostró una curación acelerada de estas lesiones, como lo indican las tasas mejoradas de contracción y período disminuido de epitelización. Revelando un aumento significativo en el contenido total de proteínas, ADN y colágeno en los tejidos de granulación de las heridas tratadas,

por ello se considera que *T. chebula* posee actividades antioxidantes, antimicrobiana y es activa en gran medida contra *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae* (Suguna *et al.*, 2002).

Triphala es una preparación en polvo realizada combinando *Terminalia chebula*, *Terminalia belarica* y *Emblica officinalis* la cual ha demostrado actividad antimicrobiana contra las cepas bacterianas por ejemplo, la actividad antimicrobiana in vitro determinada por el estudio de difusión en disco mostró una zona de inhibición para *Staphylococcus aureus* (19 mm), *Pseudomonas aeruginosa* (20 mm) y *Streptococcus pyogenes* (15 mm), demostrando que la dosis exitosa de este extracto contra *S. aureus* y *P. aeruginosa* estaba entre 3.91 y 7.81 mg ml⁻¹ y contra *S. pyogenes* entre 15.6 y 31.25 mg ml⁻¹ (Kumar *et al.*, 2008). Al demostrar esta modificación de algunos patógenos que si bien no son los de mayor importancia clínica o la microbiota comensal del tracto gastrointestinal en becerras, podría existir una relación entre la inclusión de esa planta y modificación de la microbiota que influya en los parámetros productivos (Malmuthuge *et al.*, 2013), al realizar cambios de las poblaciones de los divertículos estomacales en desarrollo y el mismo tracto gastrointestinal que influirá en la absorción de nutrientes (Dill-McFarland *et al.*, 2019) mientras que en ratas con diarrea inducida se observó que el extracto del fruto de *T. chebula* posee una actividad antidiarreica significativa debido a la inhibición de la propulsión gastrointestinal y la secreción de fluidos, siendo los principales componentes que atribuyen esta actividad el ácido gálico, 3,4,6-tri-O-galloil-b-D-Glc, corilagina y ácido elágico (Sheng *et al.*, 2016) esperando de igual modo que la mezcla polihierbal al contener esta planta brinde propiedades antidiarreicas de suma importancia en la crianza de becerras.

2.9.1.4. *Trigonella foenum-graecum*

Trigonella foenum-graecum es una planta medicinal que pertenece a la familia *Fabaceae*, con una altura de 30 a 60 cm, con hojas trifoliadas pinnadas compuestas, flores auxiliares de color blanco a amarillento y vainas puntiagudas de 3 a 15 cm de largo, que contienen 10 a 20 hojas oblongas de color marrón

verdoso. La cáscara de *Trigonella foenum-graecum* tiene el contenido más bajo de saponinas (1.12 g / 100 g) seguido de endospermo (4.63 g / 100 g) y semillas (5.12 g / 100 g). El contenido de polifenoles y flavonoides de las semillas de *Trigonella foenum-graecum* le otorga actividad antioxidante (Naidu *et al.*, 2011).

La semilla de *Trigonella foenum-graecum* tiene efecto gastroprotector significativo en casos de úlcera gástrica inducida por etanol en ratones, este efecto se debe a la acción antisecretora y a los efectos sobre las glicoproteínas de las mucosas, impidiendo el aumento de la peroxidación de lípidos inducida por el etanol aumentando el potencial antioxidante de la mucosa gástrica de manera más eficaz que el omeprazol para prevenir la formación de lesiones (Pandian *et al.*, 2002). Otro efecto de la semilla de *Trigonella foenum-graecum* en polvo tomada por pacientes diabéticos de tipo II recién diagnosticados produjo una reducción significativa en los niveles de colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad- colesterol (LDL-C) y un aumento en el nivel de lipoproteínas de alta densidad – colesterol (HDL-C) (Geberemeskel *et al.*, 2019).

El consumo de semillas de *Trigonella foenum-graecum* y cebolla produce bloqueo en la translocación de glucosa y el sistema renina-angiotensina en la etapa temprana de la nefropatía diabética, esto implica una regulación negativa de la expresión de las enzimas de la ruta del poliol, la restauración parcial del daño de los podocitos, la recuperación de la arquitectura renal y la anormalidad funcional, demostrando la capacidad renoprotectora cuando se consumen juntas *Trigonella foenum-graecum* y cebolla (Pradeep *et al.*, 2019).

De manera individual cada planta aporta propiedades específicas que en su conjunto contenidas en la mezcla polihierbal tienen la finalidad de actuar de manera sinérgica mejorando los parámetros productivos y de salud mediante el alto contenido de compuestos bioactivos (Indian Herbs Specialities, 2019), como son los gingeroles , shogaoles, timol, carvacrol, corilagin, entre otros, los cuales le atribuyen a la fórmula polihierbal la propiedad regulatoria de la inflamación, disminución de algunas bacterias patógenas presentes en problemas respiratorios y de otitis, disminución del peristaltismo en problemas diarreicos y mejorar las

funciones secretoras del estómago, haciendo más eficiente la absorción de nutrientes en la etapa de lactante de las becerras mejorando los parámetros productivos (Malmuthuge *et al.*, 2015).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La crianza de becerras destinadas a remplazos en sistemas intensivos de producción de leche es un factor determinante para el éxito productivo y la rentabilidad del propio sistema, enfrentando grandes retos como la elevada tasa de morbilidad y mortalidad presente en esta etapa, reflejándose de manera negativa en el desarrollo de las becerras, las curvas de crecimiento y los parámetros productivos, incentivando a la generación de estrategias que permitan disminuir la incidencia de enfermedades y disminuir la mortandad, además de disminuir los costos derivados de los tratamientos médicos.

El uso excesivo de antibióticos como promotores de crecimiento y de manera terapéutica frente a síndromes neumónicos y diarreicos genera aumento en costos de producción, resistencia de los microorganismos y efectos sobre las poblaciones de microorganismos gastrointestinales y ruminales, siendo este un aspecto que interviene en una adecuada colonización de la microbiota en animales jóvenes retrasando el desarrollo y funcionamiento ruminal.

Para disminuir la utilización de antibióticos dentro de los sistemas de producción, se han empleado diversos aditivos naturales como los productos herbales ricos en metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, taninos, terpenos entre otros, los cuales presentan alto potencial como promotores de crecimiento, inmunoestimulantes, reguladores de la inflamación, auxiliares en problemas digestivos y modificadores de poblaciones bacterianas viéndose mejorados los parámetros productivos y de salud de las becerras.

Por tal motivo, la utilización de una mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*) promotora de la función gastrointestinal representa una opción para ser empleada como promotor de crecimiento, inmunoestimulante y por consecuencia disminuir la morbilidad y mortalidad en crías de becerras para remplazos, generando así becerras con mejor potencial productivo y disminuyendo los costos derivados de las enfermedades y los tratamientos.

4. JUSTIFICACIÓN

Debido a la prohibición por parte de la Unión europea en el 2006 sobre el uso de antibióticos como promotores de crecimiento y a la tendencia de reducir la utilización de antibióticos en la producción animal a causa de sus efectos secundarios sobre la microbiota gastrointestinal y ruminal de los animales, así como la resistencia bacteriana que estos generan, surgió la necesidad de investigaciones sobre productos herbales como alternativas naturales para mejorar la salud, el bienestar y la producción.

La importancia de estas alternativas en sistemas de producción tecnificados de bovinos lecheros especialmente en el área de crianza se sustenta en que las becerras representan el futuro del sistema de producción, determinando la renovación y la mejora genética del hato, para lo cual se busca restringir el uso de antibióticos y emplear aditivos naturales en vez de sintéticos para generar las condiciones óptimas para el desarrollo y crecimiento del animal así como favorecer la colonización microbiana del tracto gastrointestinal como una de las prioridades ya que ello determina la absorción de nutrientes, sistema inmune y facilitar la transición a las siguientes etapas dentro del sistema de producción. Por ello los componentes dentro de la mezcla polihierbal al emplearlo en becerras lactantes ayudara a mejorar los parámetros productivos y de salud favoreciendo el adecuado desarrollo de estos animales destinados a reemplazo viéndose reflejado directamente en la eficiencia y rentabilidad de la unidad.

5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la adición de una mezcla polihierbal conformada por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminelia chebula* y *Trigonella foenum-graecum* sobre la respuesta productiva y salud de becerras Holstein lactantes?

6. HIPÓTESIS

Al adicionar la mezcla polihierbal (conformada por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminelia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*) en la alimentación diaria de becerras Holstein lactantes se incrementarán los parámetros productivos y mejorará la salud en el periodo predestete.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la una mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*) sobre la respuesta productiva y salud de becerras Holstein.

7.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros productivos (ganancia de peso, consumo, conversión alimenticia) de becerras Holstein adicionadas con una mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*)
- Determinar el estatus sanitario mediante la morbilidad y mortalidad de becerras Holstein adicionadas con la mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*)
- Examinar los parámetros hematológicos de becerras Holstein adicionadas con la mezcla polihierbal (compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum*)

8. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en un establo tecnificado en Torreón Coahuila, México, aprobado por el comité académico de ética y bienestar animal del departamento de ciencia animal del campus Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México en base a la regulación de la ley de protección animal. Se emplearon cuarenta becerras Holstein (peso vivo inicial 43.94 ± 4.74 kg) alojadas en jaulas individuales, asignadas aleatoriamente a los tratamientos que consistían en dosis de 0.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g/animal/día de la mezcla polihierbal conformada por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminelia chebula* y *Trigonella foenum-graecum* (Nuproxa México, Indian Herbs) durante 64 días. Las dosis se prepararon y dosificaron en forma de gelatina preparada 24 horas previo a la administración con grenetina (85% de proteína) a razón de 50 g/L de agua, cada una con un volumen de 20 ml y se otorgaron a los animales oralmente entre las 5:00 y 6:00 am.

Las becerras iniciaron el experimento a una edad de 12.13 ± 6.20 días, se pesaron y midieron en los días 0 y 64 de experimentación. Se realizó el pesaje con basculas de plataforma mecánica y la toma de las medidas: altura a la cruz, a la grupa empleando un estadímetro y el diámetro torácico mediante una cinta métrica ubicada en la tercera costilla aplicando la técnica descrita por Bozkurt, (2006) y Bretschneider *et al.*, (2014). Las becerras fueron alimentadas dos veces al día (7:00 y 17:00 h) con una mezcla de leche y un sustituto de leche en relación 56 y 44 % respectivamente (Grupo Nu-3 Alimentos Balanceados, Guanajuato, México). Se ofreció alimento iniciador comercial desde el tercer día de edad y se incrementó gradualmente para permitir un rechazo del 10% durante el experimento (Iniciación Premium Destete Precoz, Nuplen, Durango, México).

La ingesta de leche y concentrado iniciador se registraron diariamente. La variación del consumo de alimento entre individuos se evaluó como indicador de estabilidad (Britton *et al.*, 1991). Se registro diariamente el consumo de leche y alimento iniciador mediante el pesaje de alimento o leche ofrecido menos el rechazado de acuerdo a la edad, al finalizar el periodo experimental se realizó el

cálculo del consumo total, ganancia diaria de peso, ganancia de peso y conversión alimenticia mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Ganancia diaria de peso} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Número de días del experimento}}$$

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de iniciador (Kg de MS)} + \text{leche (kg de MS)}}{\text{Ganancia de peso (kg)}}$$

Se tomó una muestra de sangre preprandial (día 59) de la yugular usando tubos de vacío con y sin EDTA disódico. El suero se obtuvo por centrifugación en tubos sin EDTA (3500 g x 20 min) para analizar glucosa, colesterol total, proteína total, albúmina y bilirrubina utilizando un analizador automático Kontrolab 2017. La muestra de sangre recolectada con anticoagulante se utilizó para el recuento sanguíneo completo (CBC), recuento diferencial de leucocitos y hematocrito, utilizando un analizador de hematología QS Kontrolab EasyVet. Las enfermedades y tratamientos de las becerras se registraron diariamente para su posterior análisis con la finalidad de cuantificar la morbilidad registrando las patologías y lesiones que se presentaron en cada uno de los tratamientos, así como su abordaje farmacológico.

Los resultados se probaron para la distribución de la normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y los resultados se analizaron como un diseño completamente al azar con el software JMP7 además la determinación de los efectos lineales y cuadráticos del nivel de la mezcla polihierbal mediante polinomios no ortogonales (Sall *et al.*, 2012).

9. RESULTADOS

El resultado tras esta investigación es él envió de un artículo científico a la Revista Brasileña de Zootecnia titulado **GROWTH AND HEALTH INDICATORS IN DAIRY CALVES AFFECTED BY A POLYHERBAL ADDTIVE**

Submitted to Revista Brasileira de Zootecnia

Manuscript ID REZ-2021-0200

Title GROWTH AND HEALTH INDICATORS IN DAIRY CALVES AFFECTED BY A POLYHERBAL ADDTIVE

Authors Ponce Pérez, Oscar
Espinoza Ayala, Enrique
Hernandez, Pedro
Leo Rangel, Héctor Aaron
Mendozas, German
Martínez Cortez, Ismael
Campillo-Navarro, Marcia

Date Submitted 25-Oct-2021

Author Dashboard >

GROWTH AND HEALTH INDICATORS IN DAIRY CALVES AFFECTED BY A POLYHERBAL ADDITIVE

O. Ponce-Perez¹, E. Espinosa-Ayala^{1*}, P.A. Hernández-García¹, G.D. Mendoza-Martínez²,
J.J. Ojeda-Carrasco¹, Marcia Campillo-Navarro³, Ismael Martínez-Cortés²

¹Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, 56900, Estado de México, México.

²Universidad Autónoma Metropolitana -Xochimilco, 04960, Coyoacán, Ciudad de México, México. ³Research Coordination, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, ISSSTE, Mexico City, Mexico.

The effect of a polyherbal mixture composed of *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* and *Trigonella foenum-graecum* was evaluated on growth and health indicators in calves. Forty Holstein calves with initial live weight of 43.94 ± 4.74 kg and 12.13 ± 6.20 days of age were used in a randomly completely design of treatments which consisted in: 0.0, 1.5, 2.0 and 2.5 g/day of the polyherbal mixture for 64 days, measuring intake of starter concentrate and milk daily and recording growth indicators at the beginning and end of the experiment and presence of diseases during the trial. A blood samples was collected for biochemical profile and hematic biometry. Polyherbal reduced linearly ($P < 0.05$) final weight, daily weight gain, starter intake, dry matter intake, wither height and thoracic girth without effect on feed conversion and milk consumption. The polyherbal favored (Chi-Square 14.98; $P < 0.01$) the presence of diarrhea (from 0.0 to 0.69%) and the treatment days from 0 to 3.5 days on average. The herbal additive showed hypoglycemic and hypocholesterolemic effects ($P < 0.05$). The polyherbal tested is not recommended for growing calves at any of the evaluated doses.

Keywords: Dairy calves, growth, haematological parameters, phytobiotics.

*Reprint request: Dr. E. Espinosa-Ayala, Centro Universitario UAEM Amecameca, Amecameca Estado de México enresayal@hotmail.com

10. CONCLUSIONES GENERALES

Las dosis empleadas de la mezcla polihierbal compuesta por *Zingiber officinalis*, *Trachyspermum ammi*, *Terminalia chebula* y *Trigonella foenum-graecum* tuvieron efectos hipoglucemiantes e hipocolesterolémicos y actuaron en forma negativa sobre los indicadores de crecimiento y desarrollo de las becerras en periodo predestete, por lo que no es recomendable su uso en becerras predestete en las dosis evaluadas.

11. LITERATURA CITADA

- Abuelo, A., Havrlant, P., Wood, N., & Hernandez-Jover, M. (2019). An investigation of dairy calf management practices, colostrum quality, failure of transfer of passive immunity, and occurrence of enteropathogens among Australian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 8352-8366.
- Adams, D. (2007). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 5a ed. Chihuahua, México. Edit. Limusa, pp. 89-95.
- Akyildiz, S., y Denli, M. (2016). Application of plant extracts as feed additives in poultry nutrition. *Scientific Papers*, 71, 72-74.
- Albarrán P. B., Rebollar R. S., García M. A., Rojo R. R., Avilés N. F., Arriaga J. C., (2015). Socioeconomics and productive characterization of dual purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 47, 519-523.
- Arriaga J.C.M., y Anaya O.J.P. (2014). Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · Caracas México. Editorial Reverté
- Asif, H. M., Sultana, S., & Akhtar, N. (2014). A panoramic view on phytochemical, nutritional, ethanobotanical uses and pharmacological values of *Trachyspermum ammi* Linn. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4, S545-S553.
- Avalos, R. G., Avalos, J. G., Revuelta, B. P. P., Reséndiz, A. M., & Carrillo, J. L. R. (2017). ANALISIS DEL COSTO DE ALIMENTACION Y DESARROLLO DEBECERRAS DE REEMPLAZO LACTANTES. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 40, 561-569.
- Balaji, G., Chalamaiah, M., Ramesh, B., & Reddy, Y. A. (2012). Antidiarrhoeal activity of ethanol and aqueous extracts of *Carum copticum* seeds in experimental rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(2), S1151-S1155.
- Barry, J., Bokkers, E. A., Berry, D. P., de Boer, I. J., McClure, J., & Kennedy, E. (2019). Associations between colostrum management, passive immunity, calf-related hygiene practices, and rates of mortality in preweaning dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 10266-10276.

- Bombik, T., Bombik, E., Frankowska, A., Trawińska, B., & Saba, L. (2012). Effect of herbal extracts on some haematological parameters of calves during rearing. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 56(4), 655-658.
- Bozkurt, Y. (2006). Prediction of body weight from body size measurements in Brown Swiss feedlot cattle fed under small-scale farming conditions. *Journal of Applied Animal Research*, 29(1), 29-32.
- Bretschneider, G., Cuatrin, A., Arias, D., & Vottero, D. (2014). Estimation of body weight by an indirect measurement method in developing replacement Holstein heifers raised on pasture. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(3), 439-443.
- Britton, R., Stock, R., Sindt, M., Oliveros, B., & Parrott, C. (1990). New feed additive and technique to evaluate acidosis in cattle. MP-University of Nebraska, Agricultural Experiment Station (USA).
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580-2595.
- Celis-Alvarez, M. D., López-González, F., Martínez-García, C. G., Estrada-Flores, J. G., & Arriaga-Jordán, C. M. (2016). Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48(6), 1129-1134.
- Choi, Y. Y., Kim, M. H., Hong, J., Kim, S. H., & Yang, W. M. (2013). Dried ginger (*Zingiber officinalis*) inhibits inflammation in a lipopolysaccharide-induced mouse model. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2013.
- Compton, R., Heuer, C., Thomsen, T., Carpenter, E., Phyn, C., y McDougall, S. (2017). Invited review: A systematic literature review and meta-analysis of mortality and culling in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 1-16.
- Connor, E. E., Wall, E. H., Bravo, D. M., Evoke-Clover, C. M., Elsasser, T. H., VI, R. B., & Walker, M. P. (2017). Reducing gut effects from *Cryptosporidium parvum* infection in dairy calves through prophylactic glucagon-like peptide 2 therapy or feeding of an artificial sweetener. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 3004-3018.
- Cummins, C., Berry, D. P., Murphy, J. P., Lorenz, I., & Kennedy, E. (2017). The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 525-535.

- Curtis, G., Argo, C. M., Jones, D., & Grove-White, D. (2018). The impact of early life nutrition and housing on growth and reproduction in dairy cattle. *PLoS one*, 13(2), e0191687.
- Delgado-González, R. A., González-Álvarez, V. H., Rodríguez-Martínez, R., & Véliz-Deras, F. G. (2016). Prevalencia de Escherichia coli Y Salmonella spp. en becerras holstein con diarrea en la Comarca Lagunera, México. *AGROFAZ*, 16(1), 57-64.
- Dill-McFarland, K. A., Weimer, P. J., Breaker, J. D., & Suen, G. (2019). Diet influences early microbiota development in dairy calves without long-term impacts on milk production. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(2), e02141-18.
- Drozdo, V. N., Kim, V. A., Tkachenko, E. V., & Varvanina, G. G. (2012). Influence of a specific ginger combination on gastropathy conditions in patients with osteoarthritis of the knee or hip. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18(6), 583-588.
- Dubrovsky, S. A., Van Eenennaam, A. L., Karle, B. M., Rossitto, P. V., Lehenbauer, T. W., & Aly, S. S. (2019). Bovine respiratory disease (BRD) cause-specific and overall mortality in preweaned calves on California dairies: The BRD 10K study. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 7320-7328.
- Elizondo, A., y Sánchez, M. (2012). Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 81-90
- Endres, M. I., & Schwartzkopf G. K. (2018). Overview of cattle production systems. *Advances in Cattle Welfare, Food Science, Technology and Nutrition* 1–26. Woodhead Publishing.
- Espinosa A. E. (2003). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche ante la apertura comercial del tratado de libre comercio de América del Norte. El caso de la zona noroeste del estado de México, (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México
- Fischer, A. J., Song, Y., He, Z., Haines, D. M., Guan, L. L., & Steele, M. A. (2018). Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3099-3109.
- Fuerst, W. B. & Sorensen M.K. (2010). Genetic analysis of calf and heifer losses in Danish Holstein. *Journal of Dairy Science*, 93 (11), 5436-5442.
- Furman, F., K., Rzasas, A., & Stefaniak, T. (2011). The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5536-5543.

- Geberemeskel, G. A., Debebe, Y. G., & Nguse, N. A. (2019). Antidiabetic Effect of Fenugreek Seed Powder Solution (*Trigonella foenum-graecum* L.) on Hyperlipidemia in Diabetic Patients. *Journal of Diabetes Research*, 2019.
- Gil, E. (2017). Evaluación del confort térmico en bovinos en un sistema de lechería especializada del bosque húmedo montano bajo (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L., & Østerås, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(2), 704-712.
- Haghighi, M., Khalvat, A., Toliat, T., & Jallaei, S. H. (2005). Comparing the effects of ginger (*Zingiber officinale*) extract and ibuprofen on patients with osteoarthritis. *Archives of Iranian Medicine*, 8 (4), 267-271.
- Haniadka, R., Rajeev, A. G., Palatty, P. L., Arora, R., & Baliga, M. S. (2012). *Zingiber officinale* (ginger) as an anti-emetic in cancer chemotherapy: a review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18(5), 440-444.
- Indian Herbs Specialities (2019). Consulta en internet. Disponible en <https://www.tradeindia.com/fp4271420/Rumitone-Powder-Digestive-And-Tonic-Powder.html>. Consultado: 21/octubre/2019.
- Janssen, P. H. (2010). Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Animal Feed Science and Technology*, 160(1-2), 1-22.
- Johnson, T., Eketone, K., McNaughton, L., Tiplady, K., Voogt, J., Sherlock, R., & Chin, D. (2018). Mating strategies to maximize genetic merit in dairy cattle herds. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4650-4659.
- Joy, P. P., Thomas, J., Mathew, S., Jose, G., & Joseph, J. (2001). Aromatic plants. *Tropical horticulture*, 2, 633-733.
- Karle, B. M., Maier, G. U., Love, W. J., Dubrovsky, S. A., Williams, D. R., Anderson, R. J., & Aly, S. S. (2019). Regional management practices and prevalence of bovine respiratory disease in California's preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 7583-7596.
- Kehoe, S. I., Dill-McFarland, K. A., Breaker, J. D., & Suen, G. (2019). Effects of corn silage inclusion in preweaning calf diets. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4131-4137.
- Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4108-4116.

- Khan, M. A., Bach, A., Weary, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2016). Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 885-902.
- Kim Kim, C., Kim, J., Paik, I., y Kang, H., (2015). Effects of Increasing Supplementation of Lycii fructus and Glycyrrhiza uralensis Mixture in Diets on Growth Performance, Blood Parameter, Immune Response and Intestinal Microflora in Broilers. *Korean Journal of Poultry Science*, 42(2), 139-145.
- Klein-Jöbstl, D., Iwersen, M., & Drillich, M. (2014). Farm characteristics and calf management practices on dairy farms with and without diarrhea: A case-control study to investigate risk factors for calf diarrhea. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 5110-5119.
- Kumar, M. S., Kirubanandan, S., Sripriya, R., & Sehgal, P. K. (2008). Triphala promotes healing of infected full-thickness dermal wound. *Journal of Surgical Research*, 144(1), 94-101.
- Laarman, A. H., & Oba, M. (2011). Effect of calf starter on rumen pH of Holstein dairy calves at weaning. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5661-5664.
- Lagger, J. (2010). Crecimiento intensivo de cría y recría de vaquillonas, aplicando los principios de bienestar. *Revista Veterinaria Argentina*, 27(265), 1-28.
- Lalles, J. P. (2012). Long term effects of pre-and early postnatal nutrition and environment on the gut. *Journal of Animal Science*, 90(4), 421-429.
- Lamari, Z., Larbi, R., & Negache, H. (2016). Trace element content of Zingiber officinalis and Salvia officinalis medicinal plants from Algeria. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 309(1), 17-22.
- LeBlanc, S. J., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Duffield, T. F., & Leslie, K. E. (2006). Major advances in disease prevention in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1267-1279.
- Li, K., Han, X., Li, R., Xu, Z., Pan, T., Liu, J., Li, B., Wang, S., Diao, Y., and Liu, X.. (2019). Composition, Antivirulence Activity, and Active Property Distribution of the Fruit of Terminalia chebula Retz. *Journal of Food Science*, 84(7), 1721-1729.
- Loera, J., & Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(4), 419-426.
- Love, J., Lehenbauer, T., y Gilmore, J. (2014). Development of a novel clinical scoring system for n-farm diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *JPeer*. 2, 1-25.

- Maldonado, G. (2011). Evaluación de agroempresas lecheras con diferente nivel tecnológico en el occidente y norte de México. *Universidad Autónoma de Chapingo–México*.
- Malmuthuge, N., Griebel, P. J., & Guan, L. L. (2015). The gut microbiome and its potential role in the development and function of newborn calf gastrointestinal tract. *Frontiers in Veterinary Science*, 2, 36.
- Malmuthuge, N., Li, M., Goonewardene, L. A., Oba, M., & Guan, L. L. (2013). Effect of calf starter feeding on gut microbial diversity and expression of genes involved in host immune responses and tight junctions in dairy calves during weaning transition. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 3189-3200.
- McGuirk, S. M. (2008). Disease management of dairy calves and heifers. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 24(1), 139-153.
- Meganck, V., Hoflack, G., y Opsomer, G. (2014). Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea: a systematical review with emphasis on colostrum management and fluid therapy. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56(1), 75.
- Mendel, M., Chłopecka, M., Dziekan, N., & Karlik, W. (2017). Phytogetic feed additives as potential gut contractility modifiers—A review. *Animal Feed Science and Technology*, 230, 30-46.
- Mendoza-Martínez, G. D., Martínez-García, J. A., Hernández-García, P. A., and Lee-Rangel, H. A. (2018). Uso de productos herbales nutracéuticos en la alimentación de rumiantes. In: *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México* (Eds. Herrera-Camacho et al.). Morelia, Michoacán, México, pp. 69-86
- Monforte, M., Arjona, R., y González, M. (2006). Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14(3), 105-114.
- Morrison, S. Y., LaPierre, P. A., Brost, K. N., & Drackley, J. K. (2019). Intake and growth in transported Holstein calves classified as diarrheic or healthy within the first 21 days after arrival in a retrospective observational study. *Journal of dairy science*, 102(12), 10997-11008.
- Murray, C. F., Fick, L. J., Pajor, E. A., Barkema, H. W., Jelinski, M. D., & Windeyer, M. C. (2016). Calf management practices and associations with herd-level morbidity and mortality on beef cow-calf operations. *Animal*, 10(3), 468-477.
- Nagalakshmi, S., Shankaracharya, N. B., Naik, J. P., & Rao, L. M. (2000). Studies on chemical and technological aspects of ajowan (*Trachyspermum ammi* (L.) Syn. *Carum copticum* Hiern) seeds. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 37(3), 277-281.

- Naidu, M. M., Shyamala, B. N., Naik, J. P., Sulochanamma, G., & Srinivas, P. (2011). Chemical composition and antioxidant activity of the husk and endosperm of fenugreek seeds. *LWT-Food Science and Technology*, *44*(2), 451-456.
- Noel, S. J., Olijhoek, D. W., Mclean, F., Løvendahl, P., Lund, P., & Højberg, O. (2019). Rumen and Fecal Microbial Community Structure of Holstein and Jersey Dairy Cows as Affected by Breed, Diet, and Residual Feed Intake. *Animals*, *9*(8), 498.
- Pandian, R. S., Anuradha, C. V., & Viswanathan, P. (2002). Gastroprotective effect of fenugreek seeds (*Trigonella foenum graecum*) on experimental gastric ulcer in rats. *Journal of ethnopharmacology*, *81*(3), 393-397.
- Pathak, A. K., Nainwal, N., Goyal, B. M., Singh, R., Mishra, V., Nayak, S., y Gupta, V. (2010). Pharmacological activity of *Trachyspermum ammi*: a review. *Journal of Pharmacy Research*, *3*(4), 895-899.
- Pfundstein, B., El Desouky, S. K., Hull, W. E., Haubner, R., Erben, G., & Owen, R. W. (2010). Polyphenolic compounds in the fruits of Egyptian medicinal plants (*Terminalia bellerica*, *Terminalia chebula* and *Terminalia horrida*): characterization, quantitation and determination of antioxidant capacities. *Phytochemistry*, *71*(10), 1132-1148.
- Pradeep, S. R., Barman, S., & Srinivasan, K. (2019). Attenuation of diabetic nephropathy by dietary fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds and onion (*Allium cepa*) via suppression of glucose transporters and renin-angiotensin system. *Nutrition*, *67*, 110543.
- Ravindran, V. (2010). Aditivos en alimentación animal: presente y futuro. *Institute of Food, Nutrition and Human Health. Massey University, Palmerston North*, 4442.
- Relling, A. E., & Mattioli, G. A. (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. *Argentina: UNLP Editorial Edulp*, 23-55.
- Rochfort, S., Parker, A. J., & Dunshea, F. R. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, *69*(2), 299-322.
- SADER, (2018). Panorama de lechería en México, SIAP.
- SADER, (2019). Boletín de Leche Enero-Marzo de 2019, SIAP.
- Sall, J., Lehman, A., Stephens, M. & Creighton, L., 2012. 'JMP® Start Statistics: A Guide to Statistics and Data Analysis', 5th edn. (SAS Institute Inc: Cary, NC, USA).

- Saraswat, M., Suryanarayana, P., Reddy, P. Y., Patil, M. A., Balakrishna, N., & Reddy, G. B. (2010). Antiglycating potential of Zingiber officinalis and delay of diabetic cataract in rats. *Molecular Vision*, 16, 1525.
- Secretaría de Economía (SE), (2012). Dirección General De Industrias Básicas Análisis Del Sector Lácteo En México, Análisis Del Sector Lácteo En México. Marzo 2012. Disponible en: www.economia.gob.mx/.../industria.../informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf . [Consultado: 26/08/2019].
- Sheng, Z., Yan, X., Zhang, R., Ni, H., Cui, Y., Ge, J., & Shan, A. (2016). Assessment of the antidiarrhoeal properties of the aqueous extract and its soluble fractions of Chebulae Fructus (Terminalia chebula fruits). *Pharmaceutical Biology*, 54(9), 1847-1856.
- Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Haines, D. M., Sargent, R., Koprak, C. A. & Garry, F. B. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9185-9198.
- Silva-del-Río, N., Rolle, D., García-Muñoz, A., Rodríguez-Jiménez, S., Valldecabres, A., Lago, A., & Pandey, P. (2017). Colostrum immunoglobulin G concentration of multiparous Jersey cows at first and second milking is associated with parity, colostrum yield, and time of first milking, and can be estimated with Brix refractometry. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5774-5781.
- Steele, M. A., Penner, G. B., & Chaucheyras-Durand, F. (2016). Development and physiology of the rumen and the lower gut: Targets for improving gut health. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4955-4966.
- Suárez-Machín, C., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 21-30.
- Suguna, L., Singh, S., Sivakumar, P., Sampath, P., & Chandrakasan, G. (2002). Influence of Terminalia chebula on dermal wound healing in rats. *Phytotherapy Research*, 16(3), 227-231.
- Sweeney, B. C., Rushen, J., Weary, D. M., & De Passillé, A. M. (2010). Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *Journal of Dairy Science*, 93(1), 148-152.
- Thangam, C., & Dhananjayan, R. (2003). Antiinflammatory potential of the seeds of *Carum copticum* Linn. *Indian Journal of Pharmacology*, 35(6), 388-391.

- Tobón, I. (2015). Evaluación de la eficiencia de un alimento iniciador en terneras de tres fincas del trópico alto de Antioquia. Tesis doctoral. Corporación Universitaria Lasallista
- Vera, C., Hiutzilihuitl, J., Cervantes, F., Palacios, M. I., Cesín, A., y Ocampo, J. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 259-268.
- Wattiaux, M. A. (1996). Guía técnica lechera: Crianza de terneras y novillas. Capítulo 3: Alimentado Terneras y Novillas
- Wattiaux, M., (2010). Guía técnica lechera: Crianza de terneras y novillas. Universidad de Wisconsin.
- Wattiaux, M., y Armentano, L. (2014). Esenciales lecheras. Crianza de Terneras del Nacimiento al Destete. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison.
- Windeyera, D., Leslie, K., y Goddend, S., (2014). Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Preventive Veterinary Medicine*, 113: 231-240.
- Yang, M., Zou, Y., Wu, Z. H., Li, S. L., & Cao, Z. J. (2015). Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7153-7163.
- Ybalmea, R., Jordán, H., Delgado, D., Chongo, B., Ortega, J., & Vera, A. M. (2005). Efecto de la proporción y tipo de fibra de las dietas integrales en la morfometría y desarrollo del estómago de terneros jóvenes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(3), 279-285.
- Zanton, G., y Heinrichs, J. (2010). Short communication: Analysis of milk yield and composition for dairy heifers limit-fed lower forage diets during the rearing period. *Journal of Dairy Science*, 93:4730-4734.