



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

SUPLEMENTACIÓN CON NUCLEÓTIDOS DURANTE LA LACTANCIA ARTIFICIAL DE TERNEROS HOLSTEIN

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

MARÍA GUADALUPE CAÑADA LUGO

Bajo la supervisión de: **Alejandro Lara Bueno, Dr.**



APROBADA



Chapingo, Estado de México, mayo 2021

SUPLEMENTACIÓN CON NUCLEÓTIDOS DURANTE LA LACTANCIA ARTIFICIAL DE TERNEROS HOLSTEIN

Tesis realizada por **MARÍA GUADALUPE CAÑADA LUGO**, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Dr. Alejandro Lara Bueno

CODIRECTOR:



Dr. Germán David Mendoza Martínez

ASESOR:



Dr. Luis Alberto Miranda Romero

CONTENIDO

Lista de cuadros.....	v
Lista de figuras.....	vi
Dedicatorias	vii
Agradecimientos	viii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	ix
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2. 1. Aditivos en dieta de animales de producción.....	12
2. 2. Nucleótidos	13
2.2.1. Bioquímica de los nucleótidos	13
Estructura de los nucleótidos	13
Digestión, absorción y transporte de nucleótidos.....	14
Metabolismo de nucleótidos.....	15
2.2.2. Fuente de nucleótidos	16
Producto comercial (Ascogen®)	17
2.2.3. Efectos de los nucleótidos.....	17
Efecto inmunológico.....	18
Efecto lipídico.....	19
Efectos gastrointestinales	19
Efecto microbiano	20
Efecto zootécnico.....	20
Efectos hematológicos	21
2. 3. Importancia de reemplazos en un sistema bovino lechero	21
2.3.1. Anatomía y fisiología del aparato digestivo del ternero	22
Fisiología digestiva de terneros	24
Digestión de proteínas	24

Digestión de carbohidratos	24
Digestión de grasas	25
2.3.2. Manejo productivo de terneros	25
Cuidado de la gestación.....	26
Uso de calostro	26
Alimentación de terneros	27
Alimentación láctea.....	27
Alimentación sólida.....	28
2.3.3. Parámetros productivos y medidas zootécnicas	29
2.3.4. Patología en terneros	30
Enfermedades perinatales	31
Acidosis	31
Digestivas	32
Diarrea.....	32
Neumoenteritis.....	33
Respiratorias.....	33
Neumonía	34
2.3.5. Parámetros bioquímicos sanguíneos de terneros Holstein	35
Glucosa.....	35
Urea	36
Creatinina.....	36
Proteínas totales	37
Albúmina	37
Bilirrubina total	37
Colesterol.....	38
2. 4. LITERATURA CITADA	39
3. SUPLEMENTACIÓN CON NUCLEÓTIDOS DURANTE LA LACTANCIA ARTIFICIAL DE TERNEROS HOLSTEIN	45

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
Cuadro 1	Fases del desarrollo del estómago de terneros.....	23
Cuadro 2	Parámetros productivos de terneros Holstein.....	30
Cuadro 3	Valores de referencia del perfil bioquímico en bovinos.....	35
Cuadro 4	Promedios de las variables de comportamiento productivo y crecimiento corporal en terneros Holstein suplementados con Ascogen®.....	53
Cuadro 5	Enfermedades y metabolitos sanguíneos en terneros Holstein suplementados con Ascogen®.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
Figura 1	Estructura de los nucleótidos	14

DEDICATORIAS

A mis padres Emeteria Lugo Moctezuma y Mauro Cañada López por el amor, la confianza y dedicación brindada incondicionalmente. Por enseñarme a trabajar y salir adelante con el ejemplo diario, gracias a ustedes soy la mujer profesional, con sueños y ambiciones de hoy en día.

A mis hermanas Aidé y Selene, y a mi hermano Henry, por todo el apoyo, confianza y motivación brindada durante estos años.

A Heric, por ser parte fundamental en mi vida, por inculcarme el respeto y los valores haciéndome mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

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

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), institución que me brindó la oportunidad de obtener de ella la formación personal y profesional de calidad.

Al Posgrado en Producción Animal (PPA) quien me permitió ser parte de él, brindándome las herramientas necesarias para una mejor formación profesional con el objetivo de enfrentar problemas de campo.

Al establo lechero, ubicado en Torreón Coahuila, quien me brindara todas las facilidades y comodidades para la realización del trabajo de campo.

A la empresa Nuproxa Switzerland Ltd. por la donación del producto y las facilidades para la realización de la presente investigación.

A mi comité asesor: el Dr. Alejandro Lara Bueno, Dr. Luis A. Miranda Romero y el Dr. Germán D. Mendoza Martínez por siempre tomarme en cuenta, por la orientación, el apoyo, aportaciones y las atenciones brindadas a mi persona durante, en el transcurso y después de la realización del trabajo de investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	María Guadalupe Cañada Lugo
Fecha de nacimiento	20 de marzo de 1994
Lugar de nacimiento	Actopan, Hidalgo, México
CURP	CALG940320MHGXGD03
Profesión	Ingeniero en Agrotecnología
Cédula profesional	10980364

Desarrollo académico

Licenciatura (2013-2016)	Ingeniero en Agrotecnología Universidad Politécnica Francisco I. Madero
Maestría en Ciencias (2019-2020)	Posgrado en Producción Animal Universidad Autónoma Chapingo

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Dentro de los sistemas de producción lecheros, una de las prácticas de mayor importancia es mejorar las condiciones productivas y reproductivas en las que inciden factores relacionados con el reemplazo de animales, los cuales tienen importancia en la eficiencia y rentabilidad del sistema (Lanuza, 2006). La meta principal de cualquier programa de reemplazo es la crianza y desarrollo de las terneras para alcanzar un tamaño y peso óptimo. Para lograrlo se debe iniciar con el cuidado de la madre antes y durante la gestación, la supervisión y asistencia durante el parto, la evaluación inmediata de los terneros recién nacidos para la detección temprana de problemas perinatales; posteriormente, garantizar que los terneros consuman calostro, establecer un sistema de alimentación, alojamiento, sanidad y evitar factores causantes de estrés (Morales, Buendía, Vélez, Gámez, & Montoya, 2016; Tobón, 2015).

Los terneros son animales pre-rumiantes que presentan altas tasas de morbilidad y mortalidad debido a diversos factores: instalaciones mal diseñadas, consumo de alimento insuficiente o de mala calidad, corrientes de aire, utensilios sucios, etc. Las afecciones más frecuentes de terneros antes del destete incluyen neumonías y diarreas neonatales (Acosta, 2015; Morales et al., 2016; Windeyer, 2014). Para minimizar estos problemas se combinan factores de manejo genético, reproductivo, sanitario, alimenticio y nutricional (Mejía, 2017; Velázquez et al., 2019). En nutrición, la búsqueda de alternativas para minimizar la tasa de mortalidad y morbilidad en la crianza de terneros ha llegado a la utilización de productos herbales que surgen como alternativa al uso de antibiótico y promotores de crecimiento.

El uso en nutrición animal de plantas y subproductos de éstas, surgen como alternativa para mejorar el comportamiento productivo, la salud y eficiencia alimenticia, por los metabolitos secundarios que aportan; así mismo, permiten reducir el costo de fármacos y alimentación (Kim et al., 2013; Sepúlveda-Vázquez, Torres, Sandoval, Martínez, & Chan, 2018; Vélez-Terranova, Campos, & Sánchez, 2014). Los nucleótidos son compuestos intracelulares que constan de una base nitrogenada, un azúcar y uno o más grupos fosfatos (Lama & González, 1998; Rivera, 2018; Varghese, Mishal, Sandeep, & Pal, 2015), son precursores de ácidos nucleicos y pueden encontrarse presentes en plantas y alimentos de origen animal, participan en procesos bioquímicos esenciales como fuente de energía y coenzimas, y funcionan como reguladores fisiológicos (Abreu et al., 2010; Borin, 2015; Rossi, Gonçalves, & Rutz, 2007).

Se han evaluado del nucleótido comercial de origen natural en el comportamiento productivo de peces, cerdos y aves (Berto *et al.*, 2016; García-Castillo *et al.*, 2014; Lu *et al.*, 2019); pero no se ha evaluado en dietas de terneros durante la lactancia artificial. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de Ascogen® como base a *Saccharomyces cerevisiae* enriquecida con ARN y nucleótidos purificados, en el comportamiento productivo, crecimiento y estado de salud de terneros Holstein-Friesian durante la crianza artificial.

El Capítulo 2 se enfoca en el uso e importancia de aditivos alimenticios de origen herbal que mejoren la rentabilidad de un sistema de producción bovino lechero. Específicamente se habla de las características, estructura, digestión y metabolismo de los nucleótidos. Además, se describe el manejo y parámetros productivos de terneros Holstein, medidas zootécnicas y patología.

En el Capítulo 3 se evaluó el efecto de suplementar 0, 2.5 y 5.0 g d⁻¹ de nucleótido (Ascogen®) en el comportamiento productivo, crecimiento y salud de terneros Holstein-Friesian durante la lactancia artificial. Este trabajo demuestra que el uso del nucleótido afecta el comportamiento productivo y la concentración de algunos metabolitos sanguíneos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2. 1. Aditivos en dieta de animales de producción

El uso de antibióticos como aditivos promotores de crecimiento ha causado problemas de resistencia microbiana y efectos residuales, por lo que de forma alternativa se buscan sustancias de diversos orígenes para estimular las defensas y mejorar el estado de salud de los animales (Cancho et al., 2000; De la Fuente et al., 2015; Torres & Zarazaga, 2002). Un aditivo alimenticio es un producto o sustancia que por sí misma no se consume como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020) y que, con la adición intencionada en la dieta, incrementa la calidad nutricional del alimento, mejora la calidad de los productos de origen animal o mejorar el comportamiento productivo, el crecimiento, bienestar y salud de los animales (Hashemi & Davoodi, 2010). Para terneros, están disponibles diferentes especies de probióticos los cuales estabilizan la flora intestinal y disminuyen el riesgo de colonización de patógenos, sin embargo, la eficiencia de estos aditivos depende de las condiciones higiénicas en que se mantienen los animales (Morales et al., 2016).

Los aditivos se clasifican dependiendo de sus propiedades y funciones en: tecnológicos, sensoriales, nutricionales y zootécnicos (Ravindran, 2010). Los aditivos comunes utilizados en dietas para animales incluyen: inmuno estimuladores, antimicrobianos, antioxidantes, agentes de control de pH y enzimas. Dentro de los aditivos zootécnicos, la alternativa que mejor muestra resultados favorables es el uso de productos con base en nucleótidos, purificados o en su forma natural, los que además de ser una alternativa para la salud del animal, son nutrientes esenciales (siendo siempre metabólicamente esenciales), especialmente en las fases iniciales y de gran desafío inmunológico

(Borin, 2015); de igual forma los nucleótidos son considerados un suplemento valioso requerido para los procesos celulares fisiológicos involucrados en el metabolismo y desarrollo del animal.

2. 2. Nucleótidos

Los nucleótidos son ésteres de fosfato de nucleósidos que contienen un azúcar unido a través de un enlace glicosídico con bases de purina y pirimidina (Rudolph, 1994). Los nucleótidos participan en numerosos procesos bioquímicos como unidades monoméricas de ácidos nucleicos, en la transferencia de energía química, en vías biosintéticas, como reguladores biológicos y como componentes co-enzimáticos (Borin, 2015; Varghese et al., 2015). Las acciones fisiológicas de estos compuestos incluyen: codificar y descifrar información genética, medir el metabolismo energético y la señalización celular, además de servir como componentes de coenzimas, efectores alostéricos y agonistas celulares (Varghese et al., 2015).

2.2.1. Bioquímica de los nucleótidos

Estructura de los nucleótidos

Los nucleótidos están estructurados sobre bases nitrogenadas (pirimidina o purina), que constituyen las moléculas fundamentales de nucleótidos y ácidos nucleicos, ácido desoxirribonucleico (ADN) y ácido ribonucleico (ARN) (Hess & Greenberg, 2012; Rossi et al., 2007; Rudolph, 1994). Las pirimidinas consisten en un sistema de anillo de seis miembros que contienen dos átomos de nitrógenos. Las purinas adoptan la estructura de anillo de las pirimidinas con la adición de un anillo de imidazol de cinco miembros fusionados. Las pirimidinas comprenden citosina, uracilo y timina, así como ácido orótico, presente en la leche de rumiantes; producida como producto intermediario durante la síntesis de uridina 5'-Monofosfato (Sauer, Mosenthin, & Bauer, 2011), mientras que las purinas comprenden adenina, guanina e hipoxantina (Figura 1) (Borin, 2015; Varghese et al., 2015). Las bases de purina y pirimidina son hidrófobas, insolubles

en agua a pH neutro de la célula, pero, en pH ácido o alcalino las bases se cargan y su solubilidad en agua aumenta (Sauer et al., 2011).

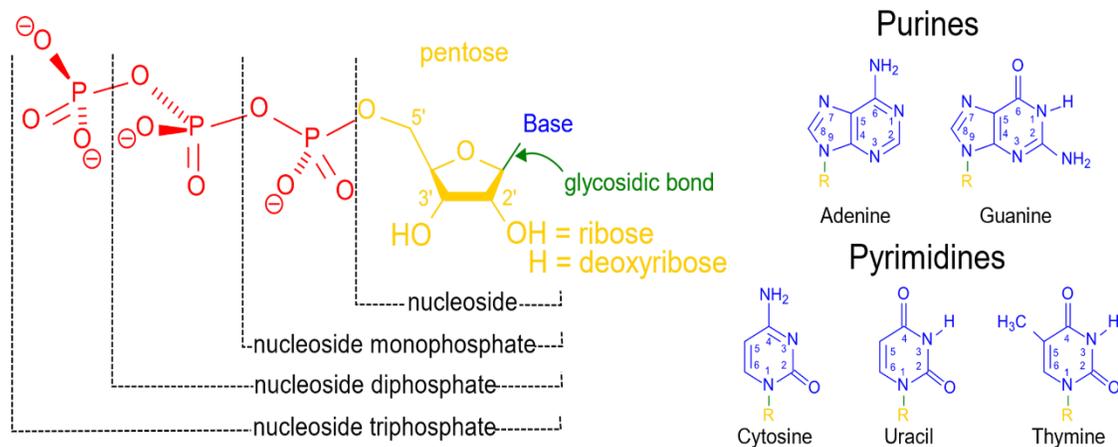


Figura 1. Estructura de los nucleótidos (Sauer et al., 2011).

Los nucleótidos actúan como precursores de ADN y ARN, fuente de energía (trifosfato de adenosina y guanosa trifosfato), coenzimas (dinucleótido de flavina adenina, dinucleótido de nicotinamida y adenina, y coenzima A) y reguladores fisiológicos como AMP cíclico y GMP cíclico (Borin, 2015). Este mismo autor menciona que los nucleótidos son de gran importancia en la dieta cuando hay crecimiento rápido, riesgo de enfermedades, consumo limitado de nutrientes o trastornos endógenos. La misma fuente señala que en esta vía, el aporte exógeno es muy importante para los tejidos y órganos cuya síntesis de nucleótidos es deficiente, siendo por lo tanto necesario suplementarlos en las dietas.

Los nucleótidos y ácidos nucleicos se forman y degradan constantemente en todos los tejidos, especialmente en los tejidos con una tasa de renovación rápida, como las células del sistema inmunológico, la mucosa intestinal, la piel y los precursores de leucocitos o eritrocitos (Sauer et al., 2011).

Digestión, absorción y transporte de nucleótidos

Los nucleótidos, primero deben ser hidrolizados enzimáticamente para ser absorbidos en el enterocito (Borin, 2015), se obtienen principalmente en las

proteínas de la dieta y se convierten en ácidos nucleicos en el tracto intestinal mediante enzimas proteolíticas (Hess & Greenberg, 2012). Borin (2015) menciona que las enzimas implicadas en el proceso de absorción son la endonucleasa, la fosfodiesterasa y nucleósido fosforilasa que se originan en el epitelio intestinal, el jugo pancreático y la bilis.

Las fosfodiesterasas facilitan la descomposición en nucleótidos, que son hidrolizados a nucleósidos por la fosfatasa alcalina en el lumen (Hess & Greenberg, 2012). Los mismos autores mencionan que los nucleósidos y las bases se translocan a través de la membrana plasmática mediante difusión facilitada y el transporte dependiente de sodio en las células epiteliales del intestino y el riñón. La mayor absorción tiene lugar en las regiones superiores del intestino delgado, que se cree que utiliza preferentemente vías de rescate (Hess & Greenberg, 2012; Rossi et al., 2007). Una vez absorbidos, los nucleótidos pueden ser degradados rápidamente en la célula y sus productos finales se excretan en la orina.

Metabolismo de nucleótidos

Los nucleótidos proceden de tres fuentes, una vía endógena mediante la síntesis de *novo* y otra vía exógena, a través de la dieta o vía de rescate (Boza, 1998; Sauer et al., 2011). Las concentraciones se mantienen dentro de los límites estrictos en el cuerpo y su síntesis es un proceso metabólico regulado (Hess & Greenberg, 2012). Los nucleótidos al ser sintetizados por el organismo no son considerados nutrientes esenciales. Sin embargo, en periodos de estrés, estado patológico, crecimiento rápido, aporte nutricional limitado o periodos que limitan su capacidad de síntesis de *novo* puede ser insuficiente para cubrir las necesidades del organismo, por lo que se consideran nutrientes semi o condicionalmente esenciales.

La síntesis de *novo*: empiezan a partir de sus precursores metabólicos, aminoácidos, ribosa-5-fosfato, CO₂ y NH₃. Las purinas y pirimidinas se pueden sintetizar directa o indirectamente a partir de aminoácidos, pero son

metabólicamente costosas debido a que la síntesis y la incorporación a nucleótidos requiere grandes cantidades de energía en forma de ATP (Hess & Greenberg, 2012; Rossi et al.,2007). En las células de los mamíferos, el anillo de pirimidina se puede sintetizar a partir de aspartato, glutamina y CO₂, mientras que el anillo de purina se puede formar a partir de glicina, aspartato, glutamina, tetrahidrofolato y CO₂ (Sauer et al., 2011).

La vía exógena recicla las bases libres y los nucleósidos liberados de la degradación de los ácidos nucleicos, estos sirven como proceso más eficiente desde el punto de vista energético y como la vía principal de síntesis en las células que no pueden realizar la síntesis de *novo* (Hess & Greenberg, 2012; Rossi et al.,2007); tal es el caso de las células hematopoyéticas de la médula ósea, la mucosa intestinal, leucocitos, eritrocitos y linfocitos (Sauer et al., 2011). Este último autor menciona que la vía de rescate recicla el 90% o más de las bases de purina, sugiriendo que esta vía depende de la disponibilidad de bases purinas y pirimidinas libres.

2.2.2. Fuente de nucleótidos

Los nucleótidos están presentes de forma natural en todos los alimentos para animales, en forma libre o como ácidos nucleicos o nucleoproteínas. La concentración de ácido nucleico depende de la densidad celular del alimento. El contenido total de bases de purina y pirimidina en los ingredientes comunes de los alimentos acuícolas es el siguiente: harina de pescado (1.4 %), harina de pescado de torta prensada (0.4 %), pescado soluble (2.8 %), levadura (0.9 %), extracto de levadura (2.3 %) y proteínas celulares (2.1 %). La levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) contiene de 12 a 20 % del nitrógeno total como nitrógeno ARN, principalmente en las bases purina y pirimidínicas de las nucleoproteínas (Varghere et al., 2015).

Producto comercial (Ascogen®)

Ascogen® es un aditivo alimenticio, considerado nucleótido, elaborado a base de *Saccharomyces cerevisiae*. La composición básica del producto es: proteína cruda 49.0 %, fibra cruda 0.4 %, grasa cruda 1.5 % y humedad 7.5 % (J. Castañeda; comunicado personal, 01 julio de 2020).

Ascogen® es un producto comercial altamente palatable, recomendado como inmunomodulador en aves de engorda, gallinas ponedoras y reproductoras, porcinos y bovinos productores de leche; susceptible de ser usado como micro ingredientes que a dosis adecuadas coadyuba a resolver problemas entéricos relacionados con condiciones de estrés. Este producto ayuda a mejorar el comportamiento reproductivo de la vaca lechera al inicio de la lactancia y permite que se favorezca la fermentación ruminal reduciendo el pH e incrementa la ingesta de fibra, mejorando y restaurando la microflora y coadyuvando en mejorar los niveles de proteína y grasa de la leche (J. Castañeda; comunicado personal, 01 julio de 2020).

2.2.3. Efectos de los nucleótidos

Los nucleótidos son moléculas que constituyen parte del núcleo celular. En el proceso de división celular la mayoría de los órganos crecen, como ejemplo tenemos al intestino, la médula ósea, glóbulos rojos y blancos, resultando necesaria la incorporación de nucleótidos para el proceso de división celular (Sánchez & Gil, 2002).

Los nucleótidos tienen mucha energía acumulada en los enlaces de los grupos fosfatos, pero, aun así, la propia síntesis de nucleótidos requiere de energía y esto puede ser una limitante para la división celular y por ende del crecimiento. La falta de nucleótidos en la dieta influye negativamente en la síntesis de proteína tanto en el hígado como en el intestino delgado (Sánchez & Gil, 2002).

En la actualidad, los productores han reemplazado el uso de promotores de crecimiento por nucleótidos, logrando numerosos efectos positivos.

Efecto inmunológico

Un animal es inmunológicamente inmaduro al nacer y depende de la transferencia precoz de anticuerpos maternos a través del calostro para la protección inmune. Las funciones atribuidas en el campo inmunitario conducen a una disminución en los procesos infecciosos, gastroenteritis y sepsis, y una mejor respuesta a la inmunización activa (Jiménez, 2005).

La limitada capacidad que presentan las células del tejido linfoide para la síntesis de *novoo* de nucleótidos hace mayor dependencia de las fuentes exógenas que en otras células del organismo. El crecimiento rápido que se experimenta en los primeros meses de vida del ternero demanda mayor cantidad de nucleótidos. Jiménez (2005) menciona que los nucleótidos en animales desempeñan la activación de macrófagos y linfocitos naturales *Killer*, un aumento en la producción de interleucinas-2 e interferón *gamma*, y mayor resistencia a las infecciones bacterianas y fúngicas. Xu et al. (2015) mencionaron que suplementar nucleótidos en dieta de peces brinda efectos benéficos en la actividad de superóxido dismutasa en el hígado, lisozima y proteínas del complemento C3 y C4. Siendo la actividad de lisozima un componente importante del sistema inmunológico innato del humor, que protegen a los peces de organismos potencialmente invasores.

Las dietas suplementadas con nucleótidos aumentan la subpoblación de linfocitos CD4 y CD8 (Superchi et al., 2012), cuyas células tienen la función de combatir contra las infecciones y juegan un papel importante en la función del sistema inmunitario. Sin embargo, la suplementación de nucleótidos en lechones no tiene efecto en la concentración de haptoglobina, que es una proteína de fase aguda positiva y, como tal, es un marcador útil de inflamación (Perricone et al., 2020).

Efecto lipídico

Las acciones sobre los lípidos condicionan un menor índice aterogénico y una mejora en el perfil de ácidos grasos de cadena larga. La suplementación de nucleótidos en dieta de peces puede mejorar el estado antioxidante del hígado (Xu et al., 2015). La suplementación de nucleótidos aumenta los niveles de colesterol HDL en lactantes, aumenta la apoproteína A-IV en recién nacidos prematuros. Esta proteína que forma parte de HDL es de origen intestinal e interviene como activador de la lecitina-colesterol fácil transferasa junto a la apoproteína A-I (Fontana, Sáez, Santisteban, & Gil, 2006). Así, los nucleótidos en la dieta influyen la composición de ácidos grasos de las fracciones lipídicas del plasma y de las membranas celulares.

Efectos gastrointestinales

Las acciones digestivas hacen referencia a un incremento en la maduración del intestino delgado y desarrollo de flora intestinal más parecida a la que presentan los lactantes alimentados naturalmente. Según Jiménez (2005), los nucleótidos contenidos en la leche materna parecen ser responsables en parte de estas funciones. El tracto intestinal del recién nacido es inmaduro y sus células tienen una elevada tasa de crecimiento y recambio. De esta forma, el epitelio intestinal se renueva completamente cada cinco días y, en estas circunstancias, la demanda de nucleótidos es elevada y puede desbordar la capacidad de síntesis endógena.

Se ha demostrado que incluir nucleótidos en la dieta de los animales, aumenta la capacidad de reparación del intestino delgado tras presentar gastroenteritis (Jiménez 2005). Xu et al. (2015) mencionaron que suplementar nucleótidos en la dieta de peces (tilapia) aumentó la longitud del intestino, sin embargo, no afectó el peso de este órgano. Esto implica que el crecimiento del intestino puede contribuir a la digestión y absorción de nutrientes, y por tanto, al crecimiento de los peces.

En lactantes la suplementación con nucleótidos reduce la incidencia de diarreas, debido a una posible modulación del ecosistema en la luz intestinal, efecto estimulado por un crecimiento de las bifidobacterias. Así mismo, la duración e intensidad de las diarreas es menor en lactantes suplementados con nucleótidos (Lama & González, 1998).

Efecto microbiano

Los nucleótidos modifican el tipo y crecimiento de la microflora intestinal, favoreciendo el desarrollo de las bifidobacterias. Este tipo de bacterias disminuyen el pH intestinal, lo cual suprime la proliferación de bacterias patógenas e inhibe el crecimiento de enterobacterias que causan diarrea.

La suplementación de nucleótidos en dieta de peces (tilapia) ejerce una influencia moderada en la microbiota intestinal con reducción en la abundancia de especies putativas productores de butirato, por lo que se sugiere una interacción entre los nucleótidos de vía exógena y la producción de butirato (Xu et al., 2015).

Efecto zootécnico

Xu et al. (2015) mencionan que los nucleótidos suplementados a peces (tilapia) no tienen efecto sobre la palatabilidad del alimento, por lo que, la ingesta no se afecta. Por el contrario, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia en las tilapias si es afectada por la ingesta de nucleótidos, lo cual concuerda con lo reportado por Yin, Huang, Yang, Zhao, Jia y Zhang (2015), quienes evaluaron los efectos de suplementar nucleótidos en peces de agua dulce (*Ancherythroculter nigrocauda*).

En dieta para lechones, suplementar nucleótidos mejora el peso corporal de los mismos, sin embargo, la ingesta de alimento no se ve afectada con la suplementación de nucleótidos (Superchi et al., 2012). Perricone et al. (2020) suman efectos positivos en la ganancia diaria promedio; en este caso, la ingesta de alimento también es favorecida con la suplementación de nucleótidos.

Efectos hematológicos

En los últimos años, varios estudios han demostrado que tanto los nucleótidos individuales como mezclas de ellos promueven la producción de inmunoglobulinas (Igs) en recién nacidos humanos y animales de experimentación (Fontana et al., 2006; Garzón, 2007; Xu et al., 2015).

Los nucleótidos incrementan la producción de IgG específica frente a α -caseína y β -lactoglobulina en recién nacidos, dando lugar a un incremento en los niveles totales de Igs M e Igs A durante los tres primeros meses de vida (Fontana et al., 2006).

La suplementación dietética con nucleótidos en peces no tiene influencia sobre el hematocrito, el contenido sérico de proteína total y sobre el contenido de globulina, sin embargo, mejora el contenido de hemoglobina, aunque presenta disminución en el contenido de albúmina y la relación de ésta con globulinas (Xu et al., 2015).

2. 3. Importancia de reemplazos en un sistema bovino lechero

En la etapa de destete de los terneros en producción animal, coinciden el estrés de manejo, aporte nutricional limitado, periodo de vacunaciones, posibles enfermedades y el rápido crecimiento de algunos tejidos, en especial el tejido de la mucosa intestinal. Esta etapa se caracteriza por una ingesta de alimento insuficiente para cubrir las necesidades de los animales, no solamente de los nucleótidos, sino también de energía y glutamina que son precursores de la síntesis endógena de nucleótidos. Por este motivo, es razonable esperar que la suplementación oral con nucleótidos a animales jóvenes tenga un efecto promotor de crecimiento, salud y nutrición.

En un sistema de producción lechero, el crecimiento y mejoramiento productivo radica en la importancia de la crianza de terneros y reemplazos (Żychlińska-Buczek, Bauer, Kania-Gierdziewicz, & Wrońska, 2015). La crianza artificial de terneros es una alternativa para mejorar el estado productivo y salud en un

mínimo de tiempo y con menores gastos económicos y alimenticios; además, se busca incrementar el consumo de materia seca de raciones con concentrado iniciador, con una reducida ingesta de leche o sustituto.

2.3.1. Anatomía y fisiología del aparato digestivo del ternero

El sistema digestivo de un animal tiene como función básica, realizar la digestión del alimento, la absorción de los nutrientes y la excreción de los residuos; para ello, el animal dispone de diferentes órganos y procesos. La fisiología del aparato digestivo comprende una serie de procesos motores, secretores y de absorción que tienen lugar desde el momento de la ingesta del alimento hasta la eliminación final de los residuos no útiles para el organismo.

El estómago del rumiante se caracteriza por tener cuatro compartimentos: pregastricos (retículo-rumen y omaso) y el estómago verdadero o abomaso. Los terneros son considerados monogástricos en sus primeros meses de vida puesto que aún no tienen desarrollado su sistema retículo-rumen y la leche no entra al rumen (Martín, Cal, Fernández, & González, 2019), permitiendo que la leche pase directamente al abomaso a través de la gotera retículo abomasal; la ingesta de alimento sólido ayuda al desarrollo del rumen y al establecimiento de los microorganismos. Así, la fermentación de la fibra puede ser establecida desde las primeras semanas de vida del rumiante. El desarrollo del estómago de los terneros pasa por diferentes fases, identificándose una fase pre-rumiante, una fase de transición y una fase de rumiante (Cuadro 1). Factores tales como, calidad, cantidad y forma física del alimento, determinan el desarrollo y diferenciación de los compartimentos del aparato digestivo (Ghezzi et al., 2000).

Si la dieta en terneros es limitada a leche líquida, natural o artificial, todos los componentes del estómago aumentan en peso y tamaño a la misma velocidad que el resto del cuerpo, pero en estas condiciones sólo el abomaso es funcional, ya que el alimento líquido evita el paso por los pre-estómagos a través del canal reticular.

Cuadro 1. Fases de desarrollo del estómago de los terneros.

Fase	Características	Duración
Fase pre-rumiante	El abomaso constituye el principal órgano del estómago relacionado con el proceso digestivo. En esta fase la alimentación se basa en alimentos lácteos.	Desde el nacimiento hasta las dos o tres semanas de vida.
Fase de transición	Una vez que el ternero inicia el consumo de concentrados se da paso al inicio de la fermentación ruminal. La producción de AGV es responsable del desarrollo del rumen, que junto al abomaso constituyen los órganos implicados en la digestión.	La fase dura hasta tanto sean ofrecidos los alimentos lácteos.
Fase de rumiante	Los productos secos son la única fuente de alimento, junto al agua. En esta fase el rumen pasa a ser el principal órgano del tracto digestivo, produciendo elevadas cantidades de AGV y proteína microbiana por medio de la degradación de los alimentos.	Esta fase se inicia con el destete de los animales y dura hasta el final de su vida.

Fuente: Garzón, 2007.

Fisiología digestiva de terneros

Digestión de proteínas

La digestión de las proteínas está en función de la composición de aminoácidos que tenga la dieta, así como por la capacidad de las enzimas digestivas que participan en su hidrólisis (Shimada, 2018). La digestión de las proteínas inicia en el estómago y es llevada a cabo por las enzimas renina y pepsina, las cuales son secretadas por las glándulas fúndicas de la mucosa gástrica como precursores inactivos, pero son rápidamente activados por las condiciones ácidas del abomaso. La secreción de ácido clorhídrico (HCl) por las células parietales del abomaso es baja en el recién nacido, pero se incrementa rápidamente. La coagulación de la leche consumida por el ternero ocurre después de la entrada al abomaso, primeramente, por la acción de la renina (Garzón, 2007). La secreción de la renina aumenta desde el primer mes de vida del ternero en adelante, pero esta secreción es afectada directamente por la dieta que reciba el animal. La falta de caseína junto con otros factores resulta en una casi total inhibición de la secreción de la renina.

Digestión de carbohidratos

Los terneros encuentran restringida la capacidad para utilizar carbohidratos. El bovino no secreta amilasa salival, la actividad de la amilasa pancreática es muy baja al nacimiento y permanece así hasta los 45 días de edad (Garzón, 2007).

Los terneros tienen grandes cantidades de lactasa que desciende con un incremento de la edad y cambios dietéticos, pero esta enzima puede ser mantenida alimentando al ternero con lactosa. En terneros, hay una eficiente digestión de lactosa, glucosa y galactosa, pero solo una ligera digestión de almidón y maltasa; la sacarosa no es digerida y la fructosa es pobremente absorbida. El duodeno absorbe la única fuente de carbohidratos suministrada, como; glucosa o galactosa, pero cuando son administradas en forma conjunta la glucosa es la más absorbida.

La inclusión de almidón como fuente principal de energía en los sustitutos lácteos tiene efectos bajos en respuestas productivas: derivado de diversos factores que afectan la utilización de los carbohidratos, como lo es: baja cantidad de amilasa pancreática y de maltasa a nivel intestinal, así como la asociación del almidón al coágulo de caseína en el abomaso.

Digestión de grasas

Las grasas y aceites son una fuente alimenticia para rumiantes, de alta densidad energética y de bajo costo. Las grasas en la dieta están constituidas principalmente por triglicéridos, los cuales representan casi el 90 %, y en menor medida por el colesterol, esteres de colesterol y fosfolípidos (Shimada, 2018). El valor energético de las grasas está supeditado a la digestibilidad de sus ácidos grasos, lo cual se ha determinado en 80 % en rumiantes (Plascencia, Mendoza, Vásquez, & Avery, 2005). Las grasas son una fuente concentrada de energía que, además, provee al ternero los ácidos grasos polinsaturados que necesita para su desarrollo y es incapaz de sintetizarlos biológicamente.

Para la digestión de las grasas el ternero cuenta con la enzima lipasa salival o esterasa pregástrica. Ambas enzimas son secretadas por las glándulas salivales palatinas y su presencia es de corta duración, siendo sustituida por la lipasa pancreática a partir de la segunda o tercera semana de edad. Las grasas reducen la incidencia de diarrea, mejora la apariencia del ternero y puede constituir una defensa ante el estrés.

2.3.2. Manejo productivo de terneros

Para lograr un sistema de producción estable y productivo, se precisa de obtener buenos resultados en la cría de terneros y reemplazos, pues las pérdidas que ocurren durante este proceso de crianza y desarrollo de los reemplazos ya no se recuperan, debido a las bajas tasas de ganancia de peso. La garantía del desarrollo y crecimiento adecuado del ternero depende de numerosos factores, que tienen que ver con la alimentación y el manejo (Ybalmea, 2015). Para ello,

es necesario garantizar la ingesta de calostro en el momento preciso y en cantidades adecuadas, contar con alimentos concentrados y voluminosos, adecuados al desarrollo del estómago, así como asegurar el manejo y protección adecuada para lograr un correcto desempeño productivo y mejorar la eficiencia de uso de los alimentos suministrados.

El bajo peso al destete es considerando uno de los problemas relacionados con el desempeño productivo, ocasionan la edad tardía a la incorporación de la novilla a la vida productiva (Prieto, Montes, Patiño, Cuello, & Regino, 2013).

Cuidado de la gestación

En el manejo del recién nacido se incluyen los cuidados de supervisión y asistencia al parto; protocolo de reanimación, cierre de cordón umbilical, monitoreo sanitario perinatal, ambiente higiénico, seco y ventilado.

Durante el último mes de gestación, la vaca muestra un balance energético negativo, debido al incremento de la demanda de nutrientes del ternero, al aumento de los movimientos de nutrientes para la síntesis de calostro y a la reducción de la capacidad de ingestión de MS, lo que restringe la ingesta de nutrientes necesarios para la vaca en este periodo. Esta situación puede extenderse hasta la segunda semana posparto y, si bien las vacas tienen la posibilidad de utilizar sus reservas corporales, el exceso de remoción podría ocasionar problemas patológicos y reproductivos (Ybalmea, 2015).

Uso de calostro

Los terneros recién nacidos dependen de la absorción de las Igs presentes en el calostro durante las primeras horas de vida para protegerse contra enfermedades infecciosas, proceso conocido como transferencia de inmunidad pasiva.

El calostro es la primera secreción producida de las glándulas mamarias después del parto, es esencialmente rico en IgG o anticuerpos, los cuales proveen a los terneros de protección inmunológica durante las primeras semanas de vida,

provee carbohidratos, grasas y proteínas que funcionan como combustible metabólico; también aportan vitaminas y minerales que trabajan como cofactores en procesos enzimáticos y en el mantenimiento de las funciones generales del organismo (Elizondo, 2015).

Las propiedades inmunológicas del calostro están relacionadas con el número y la etapa de la lactancia, la producción láctea, el recuento de células somáticas y el contenido de proteína en la leche (Reyes, Parra, & Flores, 2016). Las concentraciones de IgG totales de calostro varían entre 10 y 140 mg/ml, con un promedio de 85 mg/ml (Elizondo, 2015).

Alimentación de terneros

El crecimiento de los mamíferos se correlaciona directamente con: 1) la masa muscular, la cual está asociada con el número y la hipertrofia de las fibras musculares; y 2) el desarrollo y la diferenciación del músculo esquelético, el cual depende de la nutrición. Además, la hormona de crecimiento tipo insulina, y los factores ambientales y genéticos juegan un papel importante en el tema de la nutrición (Morales et al., 2016).

Alimentación láctea

Es preferible que los terneros consuman leche entera durante el periodo de crianza (Żychlińska-Buczek et al., 2015), en lugar de sustitutos de leche, debido a que existe menor incidencia de enfermedades, tasa de mortalidad, hay mayor aporte de energía y un menor desbalance de nutrientes (Morales et al., 2016). La leche entera posee hormonas y factores de crecimiento que no se encuentran en el sustituto, como proteínas de elevado valor biológico, un carbohidrato perfectamente utilizable (glucosa), calcio y fósforo muy digestible, vitamina D y A, además de poseer alto valor energético debido a la grasa y la galactosa, Sin embargo, el sistema de alimentación dependerá de la economía y los factores climáticos de la zona.

Cuando se utiliza sustituto de leche para la alimentación de las crías, se recomienda que se incluya proteína derivada de productos lácteos. Un sustituto de leche debe cumplir las características de mezclarse con facilidad y permanecer homogéneo después del mezclado, debe tener 25 % de proteína, 15 % de grasa, 53 % de carbohidratos y un 7 % de cenizas (Garzón, 2007), ya que la calidad de los sustitutos lácteos afecta el desarrollo ruminal del ternero. Una de las ventajas más notables de la crianza artificial del ternero es el uso de los productos de la industria lechera y derivados, cuyos precios son menores que el de la leche entera.

Los utensilios utilizados en la alimentación láctea como los pezones artificiales incrementan la saciedad, la secreción de hormonas para la función digestiva y reducen la succión no nutritiva. La temperatura recomendada para la leche o el calostro es 38 °C y si esta característica no se cumple, ello puede alterar la motilidad normal de los intestinos conduciendo a un posible timpanismo (Morales et al., 2016).

El consumo de leche o sustituto debe ser de 4 L o 1 L por cada 10 kg de peso vivo del becerro, dividido en dos porciones, una por la mañana y otra por la tarde (Garzón, 2007; Morales et al., 2016). Al reducir el consumo de leche o sustituto a partir de los 30 días de edad, se produce un estímulo al consumo de alimento sólido, necesario para acelerar el desarrollo del rumen, lo cual permite que el destete se de en mejor condición fisiológica y menos estresante.

Alimentación sólida

Los terneros, según Morales et al. (2016), nacen con un rumen subdesarrollado física y metabólicamente, por ello, a partir de la primera semana de edad se debe ofrecer alimento iniciador al ternero. Lo anterior con la finalidad de favorecer el desarrollo de los microorganismos ruminales, la fermentación y la expansión del rumen, el crecimiento de las papilas ruminales que ayudan a la absorción y el ciclo de las vías metabólicas, así como el desarrollo de la conducta de la rumia (Morales et al., 2016). Los mismos autores mencionan que todos estos elementos

son necesarios para que el ternero sea capaz de dejar la dependencia en el consumo de leche y pueda ingerir, digerir y aprovechar los nutrientes del alimento sólido.

La actividad microbiana del rumen en terneros debe estar completamente desarrollada a la tercera o cuarta semana del nacimiento (Morales et al., 2016), sin embargo, durante este periodo, la función y composición de los microorganismos ruminales son afectados por factores ambientales, por la composición del alimento y por las prácticas de alimentación, así como por factores de estrés. Cuando las poblaciones microbianas del rumen son afectadas hay un aumento en la susceptibilidad de los animales jóvenes a la proliferación de patógenos, lo cual puede provocar episodios de diarrea y enfermedades respiratorias (Görgülü, Alicja, Yurtseven, Öngel, & Kutlu, 2003; Uyeno, Shigemori, & Shimosato, 2015).

Los terneros deben tener acceso al alimento balanceado desde que ingresan a la crianza. El valor nutritivo de este alimento balanceado iniciador debe contener 18 % de proteína y 73 a 76.5 % de nutrientes digestibles totales (TDN), alimento que debe ser proporcionado al animal hasta los 90 días de vida, como también es favorable que se tenga acceso a heno de buena calidad (Garzón, 2007).

2.3.3. Parámetros productivos y medidas zootécnicas

En los sistemas de producción lechero, las características que mayor influencia tienen en los costos de operación son: la eficiencia en el manejo de cría de reemplazos, que se mide según el rendimiento productivo y reproductivo del hato. El peso de los terneros al destete es uno de los componentes del comportamiento productivo que incide en el retorno neto de la explotación, debido a que su maximización está asociada al incremento en el volumen de producción, el tamaño corporal, la producción de leche de la madre, la tasa de crecimiento en la progenie y el estrecho equilibrio que existe entre la demanda de nutrientes. Las características de peso al nacimiento, supervivencia perinatal, peso al destete,

etc., son afectados por factores genéticos y ambientales; como la nutrición (Cienfuegos, Orúe, Briones, & Martínez, 2006).

Para esperar respuestas positivas en el comportamiento de los animales es de gran importancia hacer de la crianza de reemplazos un componente esencial en los establos, lo cual incluye el manejo adecuado del ternero para reducir riesgos de morbilidad y mortalidad causado por diarreas y problemas respiratorios (Fernández, 2018). Un manejo inadecuado puede conducir a pérdidas por retardo en el crecimiento, baja eficiencia reproductiva, reducción de la vida productiva, altos costos de tratamientos y muerte.

En el Cuadro 2 se observan los índices productivos promedios en terneros Holstein lactantes obtenidos de tres fuentes de investigación.

Cuadro 2. Parámetros productivos de terneros Holstein.

Variable evaluada	Valor obtenido		
	Fernández, 2018	Narro, 2017	Uitz & Jaimes, 2012
Ganancia de peso (kg)	32.35±4.55	40.00	34.11±1.16
Peso al destete (kg)	68.35±7.13	77.40	73.4±1.16
Talla al destete (cm)	86.05±3.52	_____	_____
Consumo de alimento* (kg)	2.08±0.32	2.56	1.57
Conversión alimenticia	0.066±0.011	_____	0.046

*Kg de alimento consumido (concentrado iniciador).

2.3.4. Patología en terneros

Se llama enfermedad o desorden metabólico al evento resultado de la perturbación de uno o más procesos fisiológicos en el organismo. El equilibrio del sistema inmune, la alimentación y condiciones ambientales favorecen o desfavorecen el estado de salud. En la crianza de terneros, las enfermedades son la causa principal de altas tasas de mortalidad y morbilidad afectando la

rentabilidad del sistema de producción lechero (Morales et al., 2016; Żychlińska-Buczek et al., 2015).

Enfermedades perinatales

Son enfermedades desarrolladas desde el momento del nacimiento, al romperse el cordón umbilical y mientras el animal se adapta al ambiente extrauterino.

Acidosis

La acidosis ruminal en terneros es la enfermedad en la que se produce una acidificación excesiva del contenido retículo-ruminal a causa de la fermentación de carbohidratos solubles a ácidos grasos volátiles y ácido láctico por el acúmulo no fisiológico de leche o lacto-reemplazantes en el rumen (Puig, De la Rubia, Chacón, & Lavilla, 2013). Esta enfermedad se conoce comúnmente como: terneros que beben en rumen o ruminal drinking.

En la acidosis ruminal de los terneros lactantes, el principal motivo del acúmulo de leche en el rumen, y la posterior acidosis, es causado por el cierre deficiente de la gotera esofágica. También podrían participar las alteraciones en los mecanismos de evacuación del líquido retículo-ruminal (Puig et al., 2013). Si la leche permanece un tiempo suficiente en el espacio retículo-ruminal, los carbohidratos que contienen sufren fermentación bacteriana a ácidos acéticos, propiónico, butírico y láctico y el pH cae por debajo de 6. Esta fermentación de la leche en el rumen produce una acidosis ruminal que dará lugar a una acidosis metabólica y a ruminitis, que puede llegar a lesionar la mucosa ruminal, originando, en algunos casos, procesos de hiperqueratosis. Si esto ocurre, se producirán consecuencias sistemáticas graves como son acidosis metabólica, deshidratación, pérdida de electrolitos, hipoglucemia, intoxicación y diarrea.

La acidosis ruminal aguda suele presentarse en animales de hasta dos semanas de edad, mientras que la acidosis ruminal crónica se observa en terneros de entre tres y cuatro semanas que son llevados a cebo con sustituto de leche (Puig et al., 2013).

Los factores que influyen en terneros para que éstos sean susceptibles a sufrir acidosis ruminal son: diarrea neonatal; tiempos irregulares de alimentación; sustituto de leche de baja calidad, sustituto de leche mal disuelto o con malos olores; temperaturas frías del alimento líquido; factores de estrés.

Digestivas

El complejo digestivo es el que afecta al ternero desde el nacimiento hasta el destete temprano. Los terneros en sus primeros días de vida son considerados animales extremadamente susceptibles a las enfermedades, siendo la diarrea la principal enfermedad causante de mortalidad y morbilidad neonatal que provoca pérdidas económicas al sistema de producción lechero (Morales et al., 2016).

Diarrea

La diarrea neonatal en terneros se caracteriza por la aparición de heces líquidas o acuosas de una forma repentina o aguda, producida generalmente porque la pared del tracto intestinal está dañada. Las diarreas pueden clasificarse en: 1) diarreas mecánicas, causadas por un excesivo consumo de leche o alimento y por la poca digestibilidad del sustituto de leche; 2) diarrea nutricional, derivada por la deficiencia de vitaminas (A) y calcio en la leche; y 3) diarrea infecciosa, causada por la interacción de uno o más agentes patógenos como bacterias (*E. coli*, *C. perfringens*, *Salmonella*), hongos, virus (*coronavirus*, *rotavirus*) y parásitos (*Cryposporidium*, *Coccidias*), siendo comunes en el primer mes de vida (Morales et al., 2016). También existen diarreas a consecuencia de factores estresantes.

La diarrea tipo infecciosa causada por virus suele producirse entre los 10 a 14 días de edad, debido a deficiencias de anticuerpos maternos. La diarrea causada por *Salmonellae*, es altamente contagiosa, ocurre a cualquier edad, siendo la más frecuente la *S. entérica* (Rojas, 2010). En general las diarreas causadas por parásitos se asocian a las malas condiciones higiénicas del ambiente.

La diarrea tipo infecciosa se caracteriza por hiponatremia, acidosis, deshidratación y depresión, mientras que en la diarrea nutricional no se presentan estos signos, los cuales pueden corregirse mediante terapias de líquidos y un tratamiento adecuado, por ejemplo, la administración de electrolitos, el uso de probióticos para reducir o prevenir el riesgo de diarrea (Acosta, 2015; Morales et al., 2016; Rojas, 2010). Un animal afectado con diarrea tiende a aumentar el riesgo de otras enfermedades, especialmente de tipo respiratorio.

Neumoenteritis

La patología de esta enfermedad es por vía umbilical, siendo los coliformes o la *Pasteurella multocida* el agente causal (Rojas, 2010). Estos agentes son los responsables de la mayoría de la mortalidad de terneros lactantes. Se puede propiciar por el consumo excesivo de calostro, pues la cantidad de líquido que llega al estómago no alcanza a ser digerido, causando irritabilidad y posteriormente diarrea. Rojas (2010) menciona que los síntomas característicos son: diarrea de olor fétido, mucosa con espuma, deshidratación, dolor abdominal, piel reseca, pelo erizado, ojos hundidos, mucosas sucias y congeladas, estasis sanguínea (patas inflamadas) y se puede presentar edema ventral (causado por frío corporal) infeccioso o traumático (vientre caliente al tracto). Esta enfermedad está asociada a factores respiratorios y neumónicos, por lo cual se puede manifestar además con el decaimiento general del ternero, disnea, cabeza baja, tos, muy poca movilidad y taquicardia, que desembocan en muerte por hipotermia. El tratamiento inicial es frenar la diarrea para mitigar el proceso de deshidratación total, por medio del suministro de un antibiótico parental intramuscular y por vía oral, o con un antidiarreico que tenga antibiótico (Morales et al., 2016).

Respiratorias

Las enfermedades respiratorias son causa de la interacción entre factores ambientales y de manejo con los organismos patógenos. La prevalencia de estos agentes patógenos depende de varios factores donde se incluye la fauna del

entorno, condiciones ambientales, la gestión sanitaria de los mismo y el método de diagnóstico (Morales et al., 2016).

Neumonía

La neumonía o enfermedad respiratoria bovina es la principal causa de muerte natural en los sistemas de producción de ganado de carne y leche, siendo un problema de salud común afectando de manera importante el bienestar de los animales (Morales et al., 2016). Los mismos autores señalan que los terneros son más susceptibles debido a la inmunidad pasiva que generan en su descendencia, la respuesta de estrés a diversos factores y a la exposición a los agentes patógenos. Existe mayor susceptibilidad en hatos grandes debido al incremento en la probabilidad de que los agentes patógenos de un animal enfermo hagan contacto con otro animal sano.

Los signos principales de neumonía son: disnea, tos, fiebre, descarga nasal, anorexia y depresión. Las lesiones ocasionadas por neumonía afectan la capacidad respiratoria del animal disminuyendo su rendimiento productivo (Morales et al., 2016).

Parasitarias

La otitis del oído bovina ocurre en animales jóvenes de todas las razas, principalmente la raza Gyr debido a la conformación anatómica del pabellón auricular (Cardona, González, & Álvarez, 2010), aunque pocas veces se ha reportado en terneros. La infección proviene de una colonización bacteriana desde el conducto auditivo externo o por vía hematógena como consecuencia de una onfaloflebitis, siendo ésta la causa principal en terneros (Galarza, Abdala, Never, & Gianre, 2008). Los agentes patógenos aislados son: *Haemophilus somnus*, *Pasteurella multocida*, *Mannheimia haemolytica*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Mycoplasma bovis* (Galarza et al., 2008). La signología clínica se caracteriza por inclinación de la cabeza, ataxia, nistagmo, epifora y descarga purulenta del canal auditivo externo, que en ocasiones pueden llegar a producir

síndrome vestibular o lesiones del nervio facial (Cardona et al., 2010; Galarza et al., 2008).

Estas enfermedades de los terneros son considerables pérdidas económicas en explotaciones de zonas tropicales y subtropicales, refiriéndose a gastos de medicamentos, manejo, disminución en la producción y ganancia de peso (Cardona et al., 2010).

Las fuentes de contagio son las actividades grupales, contacto con animales enfermos con animales sanos. La presencia de moscas, épocas de lluvia son factores que favorecen la presencia de esta enfermedad (Cardona et al., 2010).

2.3.5. Parámetros bioquímicos sanguíneos de terneros Holstein

Para determinar el estado metabólico y la salud de un animal es necesaria la evaluación de parámetros bioquímicos (Campos, Cubillos, & Rodas, 2007) que ayudan a conocer el funcionamiento de los órganos. En el Cuadro 3 se describen los valores de referencia del perfil bioquímico en bovinos. El cambio de estas variables está asociado a la edad, nutrientes, maduración de los órganos y en terneros, se asocia con que el animal se está adaptando a la vida extrauterina.

Glucosa

La glucosa es el azúcar sanguíneo que sube después de comer o beber algo además del agua. Un nivel alto de glucosa (hiperglicemia) puede ser una señal de la enfermedad de diabetes. Un alto nivel de azúcar sanguínea a largo plazo puede dañar los ojos, nervios, riñones y el corazón. La concentración de glucosa disminuye por el ayuno o por el ejercicio prolongado, por el exceso de insulina, ya sea por un insulinoma o por dosis altas de insulina como terapia; en toxemia, inanición y lesiones hepáticas; también disminuyen en hipoadrenocorticalismo debido a la reducción en la secreción de las glándulas adrenales o a la producción reducida de adrenocorticotropa por la glándula pituitaria. En momentos de estrés, la insulina y epinefrina aumentan y el hígado produce más glucosa (Ruilova, 2019).

Cuadro 3. Valores de referencia del perfil bioquímico en bovinos.

Analito	Unidades	Valor de referencia
Glucosa	mmol/L	2.6 – 4.9
Urea	mmol/L	2.5 – 6.6
Creatinina	mmol/L	<129
Bilirrubina total	mmol/L	0 – 11.7
Aspartato aminotransferasa	U/L	<120
Fosfatasa alcalina	U/L	<237
Proteínas totales	g/l	59.5 – 80.0
Albúminas	g/l	27.7 – 40.4
Globulinas	g/l	26.2 – 45.2
Colesterol	mg/dl	39 – 177

Fuente: Ruilova, 2019.

Urea

La urea en la dieta es el principal producto de desecho de los mamíferos y, en última instancia, se excreta casi de forma exclusiva en la orina. Se sintetiza en el hígado a partir del dióxido de carbono y del amoníaco utilizado en la vía del ciclo de la urea (Ruilova, 2019).

La concentración de nitrógeno ureico en sangre depende de la nutrición que haya tenido el ternero, este parámetro ayuda a conocer algún daño ocasionado en los riñones. El aumento de la concentración indica un aumento del catabolismo de las proteínas y aparece en las diarreas de larga duración (Rivera, 2017).

Creatinina

La creatinina es un producto de degradación espontánea no enzimática de creatina y fosfocreatina en el músculo, es proporcional a la masa muscular y no aumenta con la dieta, la concentración aumenta cuando el funcionamiento del sistema glomerular de los riñones tiene lesiones graves (Rivera, 2017). Según

Ruilova (2019), la creatinina es excretada por los riñones mediante filtración glomerular, sin ser reabsorbida por túbulo renales.

Cuando se eleva la urea y la creatinina, se denomina azotemia renal y es indicativo de que al menos el 75 % de las nefronas renales están afectadas (Ruilova, 2019).

Proteínas totales

Se denomina proteínas totales a todas las que se encuentran en el plasma, con excepción del fibrinógeno, ya que su medición se realiza en suero. La concentración de proteínas totales depende de la nutrición del ternero y el funcionamiento del hígado. Cuando el ternero consume un buen calostro, la concentración de proteína total es alta y se asocia con la absorción de Igs (Rivera, 2017). En los mamíferos domésticos, la concentración total de proteínas plasmáticas es baja en el momento del nacimiento, pero aumenta tras la absorción de las Igs del calostro.

Albumina

La albumina es la única proteína plasmática homogénea que contiene una pequeña cantidad de carbohidratos. Rivera (2017) redacta que las albuminas son sintetizadas en el hígado, sirven como proteínas de transporte para los procesos metabólicos y puede realizar hasta 75 % de la actividad osmótica en el plasma. Las bajas concentraciones de albuminas plasmáticas presentes en animales sanos se asocian a un suministro insuficiente de aminoácidos. La concentración depende de la nutrición y capacidad funcional del hígado y madurez del mismo órgano.

Bilirrubina total

Nombre que recibe uno de los pigmentos que forma parte de la bilis hepática. La bilirrubina se forma por la destrucción de eritrocitos maduros, y esto ocurre en el hígado y médula ósea (Rivera, 2017). La misma fuente menciona que la

bilirrubina indirecta se une a la albumina y es llevada al hígado, con la ayuda de la proteína ligandina. Así, la bilirrubina pasa a los hepatocitos donde se transforma en bilirrubina directa, pero en terneros recién nacidos hay una baja cantidad de esta proteína, por ello disminuye su excreción. Las concentraciones séricas de bilirrubina total en los primeros días son mayores que en los adultos, pero conforme pasa el tiempo disminuyen. Una mayor concentración de bilirrubina sérica total después del nacimiento se asocia con la destrucción de la hemoglobina fetal y una excreción más lenta de la bilirrubina debido a la menor concentración de ligandina que es la proteína de transporte (Rivera, 2017).

Colesterol

El colesterol y los ésteres de colesterol son lípidos importantes en la dieta provenientes de las grasa y fosfolípidos de las plantas. El colesterol es el esteroide más abundante en los tejidos animales, tanto libre como esterificados. El colesterol se deriva de la dieta y de la síntesis hepática sufriendo una recirculación enterohepática.

2. 4. LITERATURA CITADA

- Abreu, L. M., Lopes, D. J., Saraiva, A., Oliveira, F. R., Lanino, F. E., & Lora, G. G. (2010). Glutamina, nucleotídeos e plasma suíno em rações para leitões desmamados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 520-525.
- Acosta, H. A. (2015). Crianza de becerras del nacimiento al destete. (Tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México). Consultada en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6897/CRIANZADEBECERRASNACIMIENTODESTETE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Berto, R. S., Pereira, G. V., Pereira, J. L., Martins, M. L., & Machado, D. F. (2016). Yeast extract on growth, nutrient utilization and haemato-immunological responses of Nile tilapia. *Aquaculture Research*, 47, 2650-2660.
- Borin, J. H. (2015). Los nucleótidos. Artículo técnico / nutrición. Consultado en <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/los-nucleotidos-t31967.htm>.
- Boza, J. (1998). Nucleotides in infant Nutrition. *Monatsschr Kinderheilkd*, 146, 39-48.
- Campos, G. R., Cubillos, C., & Rodas, A. (2007). Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agronómica*, 56, 85-92.
- Cancho, G. B., García, F. M. S., & Simal, G. J. (2000). El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3, 39-47.
- Cardona. Á. J., González, T. M., & Álvarez, P. J. (2010). Otitis bovina por *Rhabditis bovis* en Córdoba, Colombia. Reporte de dos casos. *Revista MVZ Córdoba*, 15, 2240-2244.
- Cienfuegos, R. E., Orué, R. M., Briones, L. M., & Martínez, G. J. (2006). Estimación del comportamiento productivo y parámetros genéticos de características predestete en bovinos de carne (*Bos taurus*) y sus cruzas, VIII Región, Chile. *Archivo Medicina Veterinaria*, 38, 69-76.
- De la Fuente-Salcido, N. M., Villarreal-Prieto, J. M., Díaz, L. M. A., & García, P. A. P. (2015). Evaluación de la actividad de los agentes antimicrobianos ante el desafío de la resistencia bacteriana. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 46, 7-16.
- Elizondo, S. J. (2015). Concentración de inmunoglobulinas totales en calostro de vacas en explotaciones lecheras de Costa Rica. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 26, 27-32.
- Fernández, C. T. (2018). Uso de probióticos y prebióticos en terneros lactantes raza Holstein sobre los parámetros productivos del establo Santa Fe,

Lurín-Lima. (Tesis profesional, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú). Consultada en http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3546/TESIS%20MV180_Fer.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Fontana, G. L., Sáez, L. M., Santisteban, B. R., & Gil, H. A. (2006). Compuestos nitrogenados de interés en nutrición clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 15-29.
- Galarza, R. I., Abdala, A. A., Neder, V. E., & Gianre, V. R. (2008). Otitis media en terneros de tambo provenientes de una crianza artificial. Descripción de 5 casos clínicos. XVII Reunión Científico-Técnica de la Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorios de Diagnósticos (AAVLD).
- García-Castillo, R., Hernández-Martínez, K., Kawas-Garza, J., Salinas-Chavira, J., Vega-Rios, A., Ruiloba-Villareal, M., & Fimbres-Durazo, H. (2014). Efecto de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) en la alimentación de cerdos post-destete. *Revista Científica XXIV*, 1, 29-37.
- Garzón, Q. B. (2007). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Revista electrónica de Veterinaria*, 8, 1-39.
- Ghezzi, M., Lupidio, M. C., Castro, A. N. C., Gómez, S. A., Bilbao, G. N., & Landi, H. G. (2000). Desarrollo morfológico del estómago en terneros alimentados con dos sustitutos lácteos. *Revista Chilena de Anatomía*, 18, 19-26.
- Görgülü, M., Alicja, S., Yurtseven, S., Öngel, E., & Kutlu, H. R. (2003). Efecto de probióticos en el comportamiento y salud de terneros en crecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37, 125-129.
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2010). Phytochemicals as new class of feed additive in poultry industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 2295-2304.
- Hess, R. J., & Greenberg, A. N. (2012). The role of nucleotides in the immune and gastrointestinal systems: potential clinical applications. *Nutrition in Clinical Practice*, 27, 281-294.
- Jiménez, M. (2005). Papel de los nucleótidos en la alimentación del lactante. *Anales de Pediatría*, 03, 34-42.
- Kim, D., Kim K., Nam, I., Lee, S., Choi, C., Kim, W., Know, E., Lee, K., & Oh, Y. (2013). Effect of indigenous herbs on growth, blood metabolites and carcass characteristics in the late fattening period of Hanwoo steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26, 1562-1568.
- Lama, M. R., & González, B. G. (1998). Efecto de la suplementación dietética con nucleótidos sobre la diarrea en el lactante. *Anales Españoles de Pediatría*, 48, 371-375.

- Lanuza, A. F. (2006). Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores: crianza de terneros y reemplazos de lechería. Boletín INIA No. 148, 109-128.
- Lu, Z., Thanabalan, A., Leung, H., Kakhki, R. A. M., Patterson, R., & Kiarie E. G. (2019). The effects of feeding yeast bioactives to broiler breeders and/or their offspring on growth performance, gut development, and immune function in broiler chickens challenged with *Eimeria*. *Poultry Science*, 98, 6411-6421.
- Martín, A. M., Cal, P. L., Fernández, C. M., & González, M. J. (2019). Anatomía, fisiología, manipulación y aplicaciones veterinarias del surco reticular. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10, 729-755.
- Mejía, L. A. (2017). Peso al nacer y al destete de terneros y terneras Holstein y Jersey bajo estrés calórico en Mexicali, Baja California, México (Tesis Profesional de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Universidad Autónoma del Estado de México, México), 89 p.
- Morales, L. A., Buendía, R. G., Vélez, I. A., Gámez, V. F., & Montoya F. M. (2016). Manual de crianza de becerros Holstein. Folleto para productores. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, CENIFyMA, Celaya, Guanajuato, 54 p.
- Narro, C. N. (2017). Efecto de la adición de cepas probióticas a la leche sobre los parámetros productivos de terneras Holstein al destete. (Tesis profesional de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú). Consultada en http://200.62.226.186/bitstream/upaorep/3574/1/REP_MED.VETE_NILTO N.NARRO_EFECTO.ADICI%c3%93N.CEPAS.PROBI%c3%93TICAS.LECHE.PAR%c3%81METROS.PRODUCTIVOS.TERNERAS.HOLSTEIN.D ESTETE.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). Norma general para los aditivos alimenticios. Consultado en http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf.
- Perricone, V., Comi, M., Bontempo, V., Lecchi, C., Ceciliani, F., Crestani, M., ... & Agazzi, A. (2020). Effects of nucleotides administration on growth performance and immune response of post-weaning piglets. *Italian Journal of Animal Science*, 19, 295-301.
- Plascencia, J. A., Mendoza, M. G., Vásquez, P. C., & Avery, Z. R. (2005). Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: una revisión. *Interciencia*, 30, 134-142.

- Prieto, M. E., Montes, V. D., Patiño, P. R., Cuello, P. H., & Regino, G. C. (2013). Desempeño productivo y comportamiento ingestivo de terneros recibiendo diferente manejo alimenticio en un sistema doble propósito, departamento de sucre, Colombia. *Revista Colombiana Ciencia Animal*, 5, 380-395.
- Puig, L. R. P., De La Rubia, C. S., Chacón, R. M., & Lavilla, N. D. D. (2013). Acidosis ruminal en el ternero lactante: a propósito de un caso clínico. *Reduca (Recursos Educativos)*, 5, 143-148.
- Ravindran, V. (2010). Aditivos en alimentación animal: presente y futuro, XXVI Curso de especialización FEDNA. Consultado en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/4-10CAP_1.pdf.
- Reyes, C. L., Parra, A. J., & Flórez, D. H. (2016). Concentración de inmunoglobulinas G en calostro bovino en cruce *Bos taurus x Bos indicus* en los primeros tres días pos parto. *Revista Orinoquia; Universidad de los Llanos*, 20, 39-45.
- Rivera, G. V. (2017). Efecto de la suplementación de dos niveles de metionina en neonatos bovinos valorando parámetros productivos y de salud. (Tesis Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, Facultad de Ciencias de Salud), 74 p.
- Rivera, R. M. (2018). Efecto de nucleótidos obtenidos de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de cuyes Perú en crecimiento-acabado en jaén, Cajamarca. (Tesis Profesional en Medicina Veterinaria. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque, Perú), 63 p.
- Rojas, G. M. (2010). Manejo de enfermedades en el Ganado de carne y leche. (1ª ed.). Bogotá: INIMINUTO.
- Rossi, P., Gonçalves, E., & Rutz, F. (2007). Nucleotides in animal nutrition. *Revista Brasileira de Agrociencia*, 13, 05-12.
- Rudolph, F. B. (1994). The biochemistry and physiology of nucleotides. *The Journal of Nutrition*, 124, 124-127.
- Ruilova, M. J. (2019). Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos Holstein machos aparentemente sanos en condiciones de altitud. (Tesis profesional en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador). Consultada en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18452/1/UPS-CT008703.pdf>.
- Sánchez, A., & Gil, A. (2002). Nucleotides as semiessential nutritional components. *British Journal of Nutrition*, 87, S135-S137.
- Sauer, N., Mosenthin, R., & Bauer E. (2011). The role of dietary nucleotides in single-stomached animals. *Nutrition Research Reviews*, 24, 46-59, doi:10.1017/S0954422410000326.

- Sepúlveda-Vázquez, J., Torres, A. J. F., Sandoval, C. C. A., Martínez, P. J. F., & Chan, P. J. I. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5, 79-95.
- Shimada, M. A. (2018). *Nutrición animal* (4ª ed.). México: Trillas.
- Superchi, P., Saleri, R., Borghetti, P., De Angelis, E., Ferrari, L., Cavalli, V., ... & Sabbioni, A. (2012). Effects of dietary nucleotide supplementation on growth performance and hormonal and immune responses of piglets. *Animal*, 6, 902-908.
- Tobón, C. I. (2015). Evaluación de la eficiencia de un alimento iniciador en terneras de tres fincas del trópico alto de Antioquia. (Tesis profesional, Corporación Universitaria Lasallista, Medicina Veterinaria, Caldas-Antioquia). Consultada en http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1802/1/Evaluacion_eficiencia_alimento_iniciador_terneras.pdf.
- Torres, C., & Zarazaga, M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino?. *Gac Sanit (Gaceta Sanitaria)*, 16, 109-112.
- Uitz, H. J., & Jaimes, J. J. (2012). Efecto de la adición de prebióticos y probióticos en el comportamiento de terneros lactantes Holstein. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9, 51-56.
- Uyeno, U., Shigemori, S., & Shimosato, T. (2015). Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes Environ*, 30, 126-132.
- Varghese, T., Mishal, P., Sandeep, K. P., & Pal, A. K. (2015). Nucleotides in Aquafeeds: a right step towards sustainable nutrition. *Fishing Chimes*, 35, 49-55.
- Velázquez, C. L., Hernández, G. P., Espinosa, A. E., Mendoza, M. G., Díaz, G. C., Razo, ... & Ojeda, C. J. (2019). Efecto de aditivo herbal sobre la digestibilidad aparente de la materia seca de becerras Holstein. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6, 408-413.
- Vélez-Terranova, M., Campos, G. R., & Sánchez, G. H. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 489-499.
- Windeyer, M. C., Leslie, K. E., Godden, S. M., Hodgins, D. C., Lissemore, K. D., & LeBlanc, S. J. (2014). Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Preventive Veterinary Medicine*, 2, 231-240.
- Xu, L., Ran, C., He, S., Zhang, J., Hu, Jun., Yang, Y., ... & Zhou, Z. (2015). Effects of dietary yeast nucleotides on growth, non-specific immunity, intestine growth and intestinal microbiota of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* ♀ x *Oreochromis aureus* ♂. *Animal Nutrition*, 1, 244-251.

- Ybalmea, R. (2015). Feeding and management of calf, a research in the Instituto de Ciencia Animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49, 141-152.
- Yin, H., Huang, J., Yang, D., Zhao, H., Jia, F., & Zhang, Y. (2015). Effects of yeast nucleotide on growth performance, serum immune index and muscle composition of *Ancherythroculter nigrocauda*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14, 646-659.
- Żychlińska-Buczek, J., Bauer, E., Kania-Gierdziewicz, J., & Wrońska, A. (2015). The main causes of calf mortality in dairy farms in Poland. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 5, 363-369.

This chapter was sent to Revista Mexicana de Agroecosistemas on October 22, 2020.

3. SUPLEMENTACIÓN CON NUCLEÓTIDOS DURANTE LA LACTANCIA ARTIFICIAL DE TERNEROS HOLSTEIN

**[NUCLEOTIDE SUPPLEMENTATION DURING ARTIFICIAL LACTATION
OF HOLSTEIN CALVES]**

María Guadalupe Cañada Lugo¹, Alejandro Lara Bueno^{1§}, Germán David

Mendoza Martínez², Enrique Espinosa Ayala³, Pedro Abel Hernández García³,

Luis Alberto Miranda Romero¹

¹Departamento de Zootecnia, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, México. ²Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad-Xochimilco, México. ³Campus Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México. [§] Autor de correspondencia: (alarab_11@hotmail.com).

SUPLEMENTACIÓN CON NUCLEÓTIDOS DURANTE LA LACTANCIA

ARTIFICIAL DE TERNEROS HOLSTEIN

RESUMEN

Los nucleótidos se han evaluado en cerdos, aves y peces, con resultados positivos en el consumo de alimento, eficiencia y conversión alimenticia; sin embargo, no se han incluido en dietas para terneros. El objetivo del estudio fue evaluar efectos de suplementar una fuente comercial de nucleótidos naturales (Ascogen®) en el comportamiento productivo, crecimiento y estado de salud de terneros Holstein-Friesian., Treinta terneros lactantes fueron asignados aleatoriamente a uno de tres tratamientos: 0, 2.5 y 5.0 g d⁻¹ de Ascogen® el cual fue proporcionado diariamente en la leche durante 65 días. Se midió el consumo diario de leche y concentrado iniciador, la incidencia de diarreas, neumonías y otitis, y el peso corporal, altura a la grupa, altura a la cadera y diámetro torácico. Los terneros suplementados con nucleótidos mostraron mejor conversión ($p<0.02$) y eficiencia alimenticia ($p<0.04$) en comparación con el grupo control. Los terneros del grupo control tuvieron menor incidencia de diarreas ($p<0.10$), pero el peso vivo final fue mayor ($p<0.05$) comparado con el de los terneros suplementados con nucleótidos. Hubo disminución en la concentración de glucosa($p<0.01$), aumento de creatinina($p>0.01$) y fosfatasa alcalina ($p<0.10$) en suero sanguíneo, en los terneros que bebieron leche adicionada con nucleótido. La inclusión de Ascogen® es una alternativa para mejorar el comportamiento productivo de terneros Holstein durante la lactancia artificial.

Palabras clave: *Ascogen®, comportamiento productivo, estado de salud, metabolitos sanguíneos.*

ABSTRACT

Nucleotides have been evaluated in pigs, poultry and fish, with positive results in feed consumption, efficiency and feed conversion; however, they have not been included in calves' diets. The objective of this study was to evaluate effects of supplementing a commercial source of natural nucleotide (Ascogen®) in the productive behavior, growth and health status of Holstein-Friesian calves. Thirty lactating calves were randomly assigned to one of three treatments: 0, 2.5, and 5.0 g d⁻¹ of Ascogen® which was provided daily in milk during 65 days. Daily consumption of milk and starter concentrate was measured, as well as the incidence of diarrhea, pneumonia and otitis, and the corporal weight, height at rump, height to the hip and thoracic diameter. The calves supplemented with nucleotides showed better feed conversion (p<0.02) and feed efficiency (p<0.04) in compared to the control group. The calves in the control group had a lower incidence of diarrhea (p<0.01), but the final live weight was higher (p<0.05) compared to calves supplemented with nucleotides. There was a decrease in glucose concentration (p<0.01) and an increase in creatinine (p>0.01) and alkaline phosphatase (p<0.10) in blood in calves that drank nucleotide-added milk. The inclusion of Ascogen® is an alternative that allows improving the productive behavior of Holstein calves during artificial lactation.

Index words: *Ascogen®, productive behavior, health status, blood metabolites.*

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de leche depende en gran medida de los reemplazos, por ello es importante buscar alternativas que minimicen la tasa de mortalidad y morbilidad la crianza de becerras e incrementen los parámetros productivos y reproductivos de la vaca lechera. Estos últimos son mejorados mediante el manejo genético y reproductivo, la sanidad y alimentación de la vaca lechera, para que la descendencia exprese cualidades hereditarias (Mejía, 2017). Velázquez *et al.* (2019) incluyeron el manejo nutricional como factor

relevante en la crianza de terneras. El manejo y alimentación son los que garantizan el crecimiento y desarrollo adecuado del ternero haciendo factible el sistema de producción lechero (Ybalmea, 2015).

Los terneros son considerados pre-rumiantes hasta el destete, y se requiere de un adecuado cuidado y manejo para alcanzar su potencial de crecimiento y prevenir enfermedades metabólicas. Las enfermedades inmunológicas representan los mayores problemas de salud de los terneros (Bacha, 1999), y el consumo de calostro asegura el desarrollo del sistema inmunológico (Cedeño *et al.*, 2015; Elizondo-Salazar *et al.*, 2016). Es conveniente establecer un sistema de alimentación que cubra los requerimientos nutricionales del ternero para prevenir enfermedades y permitir el crecimiento y desarrollo apropiados. Es preferible que el ternero después de recibir el calostro mantenga una alimentación con leche entera hasta el destete (Morales *et al.*, 2016). Sin embargo, el tipo de alimentación (leche entera, sustituto de leche, alimentación sólida, etc.) y los cuidados preventivos de salud dependerán del análisis económico y del objetivo del sistema de producción. Los sustitutos de leche se han elaborado y utilizado desde los años 50 del siglo pasado (González *et al.*, 2017) y el uso de antibióticos como promotores de crecimiento surge en los años 40 (Ardoino *et al.*, 2017), pero debido al uso excesivo de estos fármacos los animales y el consumidor han mostrado efectos negativos causados, por lo que actualmente se opta por la suplementación de productos de origen natural como alternativa para mejorar el comportamiento productivo y la eficiencia alimenticia en animales de interés zootécnico.

Los metabolitos secundarios de algunas plantas mejoran la utilización de los nutrientes, el bienestar animal, y disminuyen el estrés (Kim *et al.*, 2013; Ku, 2019; Velázquez *et al.*, 2019). Los nucleótidos son compuestos intracelulares presentes en

algunas plantas y en alimentos de origen animal que constan de una base nitrogenada, un azúcar y uno o más grupos fosfatos (Lama y González, 1998; Varghese *et al.*, 2015; Rivera, 2018). Estos compuestos participan en muchos procesos bioquímicos del organismo actuando como precursores de ácidos nucleicos, como fuente de energía, como coenzimas y como reguladores fisiológicos (Rossi *et al.*, 2007; Abreu *et al.*, 2010; Sauer *et al.*, 2011).

A la fecha, se han utilizado nucleótidos comerciales de origen herbal para evaluar el comportamiento productivo y la salud de los animales en especies no rumiantes, como cerdos, peces y aves (García *et al.*, 2014; Berto *et al.*, 2016; Lu *et al.*, 2019). Sin embargo, estos productos herbales no se han probado en terneros durante la lactancia artificial. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la suplementación de un nucleótido purificado (Ascogen®) en el comportamiento productivo, crecimiento y estado de salud de terneros Holstein-Friesian durante la crianza artificial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región lechera de Torreón, Coahuila, México, en un periodo de 65 días. El clima es seco-árido, con temperatura media anual de 21.5 °C, precipitación media anual de 227 mm, y altitud media de 1122 msnm (García, 2004). Los tratamientos se realizaron en treinta terneros de la raza Holstein con 44.0 ± 11.0 kg de peso vivo y 17 ± 8 días de edad, los cuales fueron asignados aleatoriamente a uno de tres tratamientos: 0, 2.5 y 5.0 g d⁻¹ de Ascogen® adicionados a la dieta, con 10 repeticiones por tratamiento, considerando a cada ternero como la unidad experimental. Ascogen® es un suplemento natural con base en levadura *Saccharomyces cerevisiae* inactivada, enriquecida con ARN y nucleótidos purificados. Los niveles de Ascogen® se dosificaron diariamente en forma individual vía oral en forma de gelatina, adicionados en la leche. Las gelatinas se

prepararon en vasos de plástico un día antes de que fueran suministradas a los terneros (Coloidales Duché S.A de C.V.). Los terneros asignados al grupo control recibieron gelatinas sin Ascogen®.

Los terneros se alojaron en corraletas individuales al aire libre (2.00 x 1.25 m), con agua limpia a libre acceso y fueron alimentados dos veces al día (07:00 am y 17:00 pm) con una mezcla de leche (56%) más un sustituto no medicado (44%) preparado con 130 g/l de agua, el sustituto de leche contiene 22% de proteína y 15% de grasa (Grupo Nu-3® Alimentos Balanceados, Guanajuato México). Además, se suministró a voluntad un concentrado iniciador premium para destete precoz conteniendo 21.5% de proteína y 3.0% de grasa (Nuplen®, Durango, México). Durante el periodo experimental se midieron variables de crecimiento: peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), altura a la cadera (AC), altura a la grupa (AG) y diámetro torácico (DT). El consumo de leche (CDL) y concentrado iniciador (CCI) se registró diariamente. Asimismo, diariamente se examinaron los terneros para detectar incidencias de diarreas, neumonías y otitis.

El día 59 del periodo experimental se extrajeron muestras de sangre de la vena yugular de cada ternero utilizando tubos Vacutainer de tapón morado con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) y tubos sin anticoagulante (tapón rojo); estos se mantuvieron en refrigeración a 4 °C. Los tubos sin anticoagulante se centrifugaron (3500 r/ 20 min) y el suero sanguíneo se almacenó en tubos Eppendorf y se mantuvieron en congelación a -20 °C hasta antes de realizado el análisis de colesterol total, glucosa, proteína, albúmina y bilirrubina usando un auto-analizador marca Kontrolab 2017 (Laclivet, Laboratorio clínico veterinario, Ciudad de México). Las muestras de sangre colectadas en tubos Vacutainer con EDTA disódico se colocaron en hielo y fueron transportadas al laboratorio para análisis del recuento sanguíneo completo (CBC).

Los datos de todas las variables estudiadas se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS versión 9.4 (SAS, 2015). Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando el procedimiento LSMEANS y se compararon con la prueba de Duncan con nivel de significancia de 0.05. El coeficiente de variación entre días de cada ternero se calculó como indicador de estabilidad (Britton *et al.*, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sobre variables de comportamiento productivo y crecimiento en terneros suplementados con Ascogen® se muestran en el Cuadro 1. La ganancia de peso total (GPT) y ganancia diaria de peso (GDP) fueron ligeramente menores ($p < 0.10$) en terneros alimentados con Ascogen®. Estos resultados difieren con los reportados por Cifuentes y González (2013) quienes observaron efectos positivos en la ganancia de peso final de ovinos criollos por la inclusión en la dieta de levadura (*S. cerevisiae*) sin ARN; mientras que Burgos (2014) reportó un efecto positivo similar en terneras Holstein-Friesian suplementadas con levadura (*S. cerevisiae*) sin ARN. Asimismo, Berto *et al.* (2016) obtuvieron un aumento lineal en la ganancia diaria de peso de tilapias al suplementar nucleótidos (NuPro®). Sin embargo, Almeyda (2013) y García *et al.* (2017) obtuvieron ganancias diarias de peso en terneras similares a la obtenidas en nuestro estudio al suplementar con levadura en sistema de pastoreo.

El consumo diario de concentrado iniciador (CCI) y el valor de la conversión alimenticia (CA) fueron mayores en los terneros asignados al tratamiento control ($p < 0.01$), mientras que el consumo diario de leche (CDL) y la eficiencia alimenticia (EA) fueron más altos en terneros suplementados con 2.5 y 5.0 g d⁻¹ de Ascogen® que en aquellos asignados al grupo control. Estos resultados difieren con los reportados por García-Castillo *et al.* (2014) quienes, al utilizar dietas con base en pasta de soya (*Glycine*

max) y sorgo (*Sorghum vulgare*) adicionadas con 2% de levadura (*S. cerevisiae* (NUPRO®), encontraron mayor consumo de alimento en lechones al destete. Por otro lado, Vranić *et al.* (2006) reportaron consumos de alimento superiores en parvadas de codornices japónicas suplementadas con Ascogen®, al utilizar una dieta base con maíz amarillo y pasta de soya. Por otro lado, Hernández *et al.* (2019) encontraron mayor CA en terneros Holstein que no fueron alimentados con aditivos. Sin embargo, Santana *et al.* (2015) no encontraron diferencias en el consumo de alimento, GDP y CA en lechones pre-destete, al evaluar la adición de butirato de sodio, extracto de plantas y nucleótidos en la dieta. Asimismo, Berto *et al.* (2016) tampoco encontraron diferencia en CA entre grupos de tilapias suplementadas con y sin Ascogen®.

Cuadro 1. Valores promedio de las variables asociadas al comportamiento productivo y crecimiento corporal en terneros Holstein-Friesian suplementados con Ascogen®.

Variables	Nivel de Ascogen® en la dieta, g d ⁻¹			EEM	Pr>F
	0	2.5	5.0		
PVI, kg	45.30	42.40	41.00	0.892	0.15
AC inicial, cm	78.10	79.90	78.20	0.662	0.47
AG inicial, cm	82.70	85.10	83.90	0.519	0.19
DT inicial, cm	84.10	82.20	81.50	0.503	0.11
PVF, kg	91.10 ^a	79.00 ^b	80.30 ^b	2.010	0.04
AC final, cm	91.10	90.30	89.60	0.624	0.62
AG final, cm	97.90	97.30	96.30	0.527	0.47
DT final, cm	103.00	99.50	100.00	0.803	0.18
GPT, kg	45.80 ^a	36.60 ^b	39.30 ^{ab}	1.531	0.06

GDP, g d ⁻¹	705 ^a	563 ^b	605 ^{ab}	24.54	0.06
CCI, g d ⁻¹	861 ^a	461 ^b	481 ^b	29.48	0.01
CDL, l d ⁻¹	2.20 ^b	2.71 ^a	2.69 ^a	0.017	0.01
CMS*, g d ⁻¹	1116 ^a	790 ^b	808 ^b	28.12	0.01
CA	1.50 ^a	1.33 ^b	1.26 ^b	0.021	0.01
EA	0.67 ^b	0.76 ^a	0.79 ^a	0.011	0.04

ab Medias con diferente literal entre las columnas muestran diferencia estadística (P<0.05). EEM=Error estándar de la media de tratamientos. PVI= peso vivo inicial, PVF= peso vivo final, AC= altura a la cruz, AG=altura a la grupa, DT= diámetro torácico, GPT= ganancia de peso total, GDP= ganancia diaria de peso, CCI= consumo de concentrado iniciador, CDL= consumo diario de leche, CMS= consumo total de materia seca, CA= conversión alimenticia y EA= eficiencia alimenticia.

*Determinado por la suma de materia seca de los componentes de la dieta ingerida (concentrado iniciador + leche + nucleótido).

Las respuestas del comportamiento productivo obtenidas en el presente estudio se asocian con el hecho que la leche y el producto Ascogen® son alimentos de alta calidad y proporcionan a los terneros los requerimientos nutricionales necesarios, disminuyendo el consumo y costo de alimentación.

Las variables de crecimiento (AC, AG y DT) analizadas no fueron afectadas por el nivel de Ascogen® adicionado a la dieta (p>0.05; Cuadro 1), excepto PVF, el cual fue mayor en los terneros asignados al tratamiento control (p<0.05). Estos resultados coinciden con lo reportado por Ponce (2018) quien obtuvo valores promedio de AC y AG mayores en becerras no suplementadas con ImmuPlus® (mezcla polihierbal de *Embllica officinalis*, *Tinospora cordifolia*, *Withania somnidera* y *Ocimum sanctum*), pero difieren con lo reportado por Rodríguez (2014) al evaluar productos biotecnológicos a base de levaduras, lactobacillos, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos y minerales quelados

en terneras destetadas de ocho semanas de edad. Sin embargo, los resultados nuestros obtenidos en las variables de crecimiento se asocian al peso y talla inicial, pues en los grupos suplementados con Ascogen® los pesos iniciales fueron menores a los de los terneros asignados al grupo control.

Los resultados mostrados en el Cuadro 2 indican que la suplementación con Ascogen® no afectó ($p>0.05$) la incidencia de otitis y neumonías en los terneros durante el predestete, aunque, la incidencia de diarreas fue menor ($p<0.05$) en los terneros asignados al tratamiento control, respecto al grupo de terneros suplementados con 2.5 g d^{-1} de Ascogen®. Estos resultados fueron similares a los reportados por García-Castillo *et al.* (2014), pero difieren de los obtenidos por Görgülü *et al.* (2003) quienes tuvieron menores problemas de diarreas y timpanismos en terneros alimentados con leche entera adicionada con 2.0 g d^{-1} de una mezcla de probióticos (*Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. mammosus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus faecium*, *Aspegillus oryza* y *Candida pintolopessi*).

Cuadro 2. Incidencia de enfermedades y metabolitos sanguíneos en terneros Holstein-Friesian suplementados con Ascogen®.

Variables	Nivel de Ascogen® en la dieta, g d^{-1}			EEM	Pr>F
	0	2.5	5.0		
Enfermedades					
Otitis	6.10	3.70	1.90	1.223	0.39
Neumonía	4.30	5.00	4.50	1.100	0.96
Diarrea	0.00 ^b	2.50 ^a	2.00 ^{ab}	0.461	0.08
Metabolitos séricos					
Glucosa, mg dl^{-1}	80.30 ^a	47.10 ^b	48.10 ^b	1.254	0.01

Colesterol, mg dl ⁻¹	92.50	89.00	85.50	2.894	0.64
Proteína total, g dl ⁻¹	6.94	6.98	7.26	0.070	0.15
Albumina, g dl ⁻¹	3.97	4.05	4.11	0.065	0.60
Bilirrubina, g dl ⁻¹	0.350	0.440	0.470	0.020	0.87
A.L.P, µg dl ⁻¹	26.60 ^b	37.80 ^a	31.60 ^{ab}	2.073	0.06
Creatinina, mg dl ⁻¹	1.04 ^b	1.16 ^b	1.34 ^a	0.037	0.01

ab Medias con diferente literal entre las columnas muestran diferencia estadística (P<0.05). EEM Error estándar de la media de tratamientos. A.L.P= Fosfatasa alcalina.

Vélez-Terranova *et al.* (2014) mencionaron que los efectos adversos en el estado de salud de los terneros se deben a que los aditivos que contienen metabolitos secundarios antimicrobianos presentan desafíos con respecto a la dosis, niveles y tiempo de adaptación. Asimismo, las enfermedades de las terneras en el pre-destete se asocian con malas condiciones de alojamiento, alimentación deficiente, poca atención sanitaria y mala estrategia de nutrición (Gallo, 2017), siendo la diarrea neonatal la enfermedad más común de morbilidad y mortalidad en terneros (Windeyer *et al.*, 2014).

El colesterol, proteína, albúmina y bilirrubina no fueron afectados por el nivel de Ascogen® en la dieta de los terneros (p>0.05), mientras que la concentración de glucosa, creatinina y fosfatasa alcalina si fueron afectadas con la inclusión del aditivo en la dieta. La concentración de glucosa en sangre fue mayor (p<0.01) en los terneros asignados al tratamiento control, mientras que el nivel de creatinina sérica fue superior (p>0.01) en terneros suplementados con 5.0 g d⁻¹ de Ascogen®, y la concentración de fosfatasa alcalina fue menor en los terneros del tratamiento control (p<0.10) comparado con los terneros que comieron 2.5 g d⁻¹ de Ascogen® adicionados a la dieta base (Cuadro 2).

Estudios previos indican que la glucosa es utilizada como fuente de energía para las células como unidades de galactosa y lactosa o como fuente de glicerol necesario para la síntesis de grasa (Razz y Clavero, 2004). Kim *et al.* (2013) evaluaron dietas con base en maíz, remolacha y paja de arroz en la engorda de novillos y encontraron concentraciones altas de glucosa, triglicéridos, proteína y albumina en los tratamientos que recibieron una dieta base adicionada con *curcuma longa* y silimarina como suplemento, derivado de mayor concentración de propionato ruminal, precursor de la síntesis de glucosa en rumiantes.

CONCLUSIONES

El uso del nucleótido Ascogen® suplementado en terneros Holstein tiene efectos positivos en el comportamiento productivo y en la concentración de algunos metabolitos sanguíneos, sin embargo, no se tienen efectos favorables en parámetros corporales de crecimiento y en la incidencia de algunas enfermedades propias de los terneros durante el periodo de la lactancia artificial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Nuproxa Switzerland Ltd. por la donación del producto y las facilidades para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Abreu, M. L.T., Lopes, J. D., Saraiva, A., Oliveira, R. F. M., Lanino, E. F. & Lora, G. G. 2010. Glutamina, nucleotídeos e plasma suíco em rações para leitões desmamados. Revista Brasileira de Zootecnia 39(3): 520-525.
- Almeyda, J. 2013. Manual de manejo y alimentación de vacunos-Parte I: Recría de animales de reemplazo en sistemas intensivos. Sitio Argentino de Producción Animal. Monografía 134, 15 p. (Consultado:17/07/2020). Disponible en

http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/134-Manual_manejo_1.pdf.

- Ardoino, S. M., Toso, R. E., Toribio, M. S., Álvarez, H. L. Mariani, E. L., Cachua, P. D., Mancilla, M. V. & Oriana, D. S. 2017. Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo. *Ciencia Veterinaria* 19(1): 50-66. <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-20171914>.
- Bacha, F. 1999. Nutrición del ternero neonato (nacido). XV curso de especialización. Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Barcelona, España, 277-301.
- Berto, R. S., Pereira, G.V., Pereira, J. L., Martins, M. L. & Machado, D. F. 2016. Yeast extract on growth, nutrient utilization and haemato-immunological responses of Nile tilapia. *Aquaculture Research* 47: 2650-2660.
- Britton, R., Stock, R., Sindt, R., Oliveros, B. & Parrott, C. 1990. New feed additive and technique to evaluate acidosis in cattle. MP-Universidad de Nebraska, Estación Experimental Agrícola (EE. UU.).
- Burgos, T. J. D. 2014. Efectos de aditivos y levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en el incremento de peso en terneras Holstein Friesian, de 3 a 6 meses de edad. Tumbaco, Pichincha. Tesis Profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador, 88 p.
- Cedeño, R. A. E., Padilla, B. G., González, M. A. A. & Chamizo, P. E. G. 2015. Evaluación de la calidad inmunológica del calostro por la prueba del calostrímetro

- y Test de Glutaraldehído en becerros recién nacidos en la Hacienda Los Ángeles, San Pedro de Macorís. UCE Ciencia, Revista de Posgrado 3(2): 1-8.
- Cifuentes, R. O. D. & González, T. Y. O. 2013. Evaluación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la ganancia de peso de ovinos criollos. Conexión Agropecuaria JDC, 3(1): 41-49.
- Elizondo-Salazar, J. A., Cáseres-Álvarez, B. & Monge-Rojas, C. 2016. Transferencia de inmunidad pasiva en bucerras y bucerros en una explotación comercial de Costa Rica. Revista Horizonte Lechero 7(1): 18-23.
- Gallo, F. J. L. 2017. Determinación de los costos de producción del periodo de levante de terneras de reemplazo en la hacienda los pinos Urbina. Tesis Profesional de Ingeniero Zootecnista, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Facultad de Ciencia Pecuarias, Riobamba, Ecuador, 82 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Köppen. 5ta Ed. Corregida. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 97 p.
- García, M. S., Garzón, J. P., López, E. G. & Galarza, D. A. 2017. Efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* sobre el desarrollo corporal y parámetros hematológicos en terneras Holstein criadas al pastoreo. Revista Científica Maskana, 8: 5-8.
- García-Castillo, R., Hernández-Martínez, K., Kawas-Garza, J., Salinas-Chavira, J., Vega-Rios, A., Ruiloba-Villareal, M. & Fimbres-Durazo, H. 2014. Efecto de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) en la alimentación de cerdos post-destete. Revista Científica XXIV (1): 29-37.

- González, A. R., González, A. J., Peña, R. B. P., Moreno, R. A. & Reyes, C. J. L. 2017. Análisis del costo de alimentación y desarrollo de becerros de reemplazo lactantes. Revista Mexicana de Agronegocios 40: 561-569. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14152127005.pdf>
- Görgülü, M., Alicja, S., Yurtseven, S., Öngel, E. & Kutlu, H. R. 2003. Efecto de probióticos en el comportamiento y salud de terneros en crecimiento. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 37(2): 125-129.
- Hernández, G. P. A., Espinosa-Ayala, E., Mendoza-Martínez, G. D., Vázquez-Silva, G., Velázquez-Cruz, L. A., Razo-Ortiz, P. B. & Osorio-Teran, A. I. 2019. Efecto del destilado de clavo (*syzygium aromaticum*) sobre los parámetros de fermentación ruminal *in vitro* y la emisión de gases de efecto invernadero. Revista Mexicana de Agroecosistemas 6(2): 199-204.
- Kim, D., Kim K., Nam, I., Lee, S., Choi, C., Kim, W., Know, E., Lee, K. & Oh, Y. 2013. Effect of indigenous herbs on growth, blood metabolites and carcass characteristics in the late fattening period of Hanwoo steers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 26(11): 1562-1568.
- Ku, V. J. C. 2019. Mitigación de las emisiones de metano entérico en rumiantes alimentados con plantas que contienen metabolitos secundarios. Revista Mexicana de Agroecosistemas 6(2): 44-55.
- Lama, M. R. A. & González, B. G. 1998. Efecto de la suplementación dietética con nucleótidos sobre la diarrea en el lactante. Anales Españoles de Pediatría 48(4): 371-375.
- Lu, Z., Thanabalan, A., Leung, H., Kakhki, R. A. M., Patterson, R. & Kiarie E. G. 2019. The effects of feeding yeast bioactives to broiler breeders and/or their offspring on

growth performance, gut development, and immune function in broiler chickens challenged with *Eimeria*. *Poultry Science* 98(12): 6411-6421.

Mejía, L. A. 2017. Peso al nacer y al destete de terneros y terneras Holstein y Jersey bajo estrés calórico en Mexicali, Baja California, México. Tesis Profesional de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Universidad Autónoma del Estado de México, México, 89 p.

Morales, L. A. L., Buendía, R. G., Vélez, I. A., Gámez, V. F. P. & Montoya F. M. D. 2016. Manual de crianza de becerros Holstein. Folleto para productores. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, CENIFyMA, Celaya, Guanajuato, 54 p.

Ponce, P. O. 2018. Efecto de la adición de una formula polihierbal (ImmuPlus®) sobre los parámetros productivos y de salud en becerras Holstein. Tesis Profesional en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Amecameca de Juárez, Estado de México, 94 p.

Razz, R. & Clavero, T. 2004. Niveles de urea, fósforo, Glucosa e insulina de vacas en ordeño suplementadas con concentrado en un sistema de *panicum máximum* y *leucaena leucocephala*. *Redalyc*, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal XIV (004).

Rivera, R. M. 2018. Efecto de nucleótidos obtenidos de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de cuyes Perú en crecimiento-acabado en jaén, Cajamarca. Tesis Profesional en Medicina Veterinaria. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, Lambayeque, Perú, 63 p.

- Rodríguez, C. 2014. Evaluación del uso de productos biotecnológicos a base de levaduras, lactobacilos, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales quelados, como aditivos del alimento en terneras. Tesis Profesional en Medicina Veterinaria. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, Lambayeque, Perú, 20 p.
- Rossi, P., Gonçalves, E. & Rutz, F. 2007. Nucleotides in animal Nutrition. *Revista Brasileira de Agrociencia* 13(1): 05-12.
- Santana, M. B., Brandão, A., Ribeiro, D., Pospissil, C., Carla de A., Cantarelli, V. & Batista, L. 2015. Alternatives to antibiotic growth promoters for weanling pigs. *Ciência Rural Santa María* 45(6): 1093-1098.
- SAS, Institute Inc. 2015. Base SAS® 9.4 Procedures Guide, Fifth Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sauer, N., Mosenthin, R. & Bauer, E. 2011. The role of dietary nucleotides in single-stomached animals. *Nutrition Research Reviews* 24(1): 46-59.
- Varghese, T., Mishal, P., Sandeep, K. P. & Pal, A. K. 2015. Nucleotides in Aquafeeds: a right step towards sustainable nutrition. *Fishing Chimes* 35(7): 49-55.
- Velázquez, C. L. A., Hernández, G. P. A., Espinosa, A. E., Mendoza, M. G. D., Díaz, G. C., Razo, P. B., Osorio, T. A. I. & Ojeda, C. J. J. 2019. Efecto de aditivo herbal sobre la digestibilidad aparente de la materia seca de becerras Holstein. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 6(2); 417-421.
- Vranić, M., Mazija, H., Grbeša, D. & Mužić, S. 2006. Effect of Ascogen on the growth performance and carcass yield of japanese quails. *Acta Veterinaria (Beograd)* 56(2-3): 275-283.
- Windeyer, M. C., Leslie, K. E., Godden, S. M., Hodgins, D. C., Lissemore, K. D. & LeBlanc, S. J. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of

dairy heifer calves up to 3 months of age. Preventive Veterinary Medicine 113(2): 231-240.

Ybalmea, R. 2015. Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 49(2): 141-152.

<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193039698003.pdf>