

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



USO DE MICROMINERALES Y/O SELENIO MAS VITAMINA B₁₂ COMO
PROMOTORES DEL DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD
PASIVA EN BECERRAS HOLSTEIN FRIESIAN

Tesis

Que presenta KARLA QUETZALLI RAMIREZ URANGA

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Julio 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

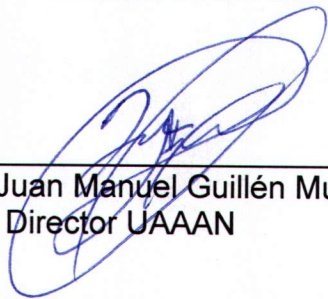


USO DE MICROMINERALES Y/O SELENIO MAS VITAMINA B₁₂ COMO PROMOTORES DEL DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS HOLSTEIN FRIESIAN


Tesis

Que presenta KARLA QUETZALLI RAMIREZ URANGA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Director UAAAN



Dr. Ramiro González Avalos
Director Externo

Torreón, Coahuila

Julio 2021


USO DE MICROMINERALES Y/O SELENIO MAS VITAMINA B₁₂ COMO
PROMOTORES DEL DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD
PASIVA EN BECERRAS HOLSTEIN FRIESIAN

Tesis

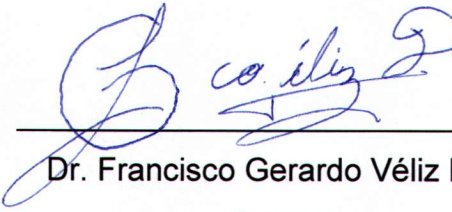
Elaborada por KARLA QUETZALLI RAMIREZ URANGA como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría




Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Asesor Principal



Dr. Ramiro González Avalos
Asesor




Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras
Asesor



Dr. Juan Luis Morales Cruz
Asesor



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefe de Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Unidad Laguna)** por permitirme realizar mis estudios en el en Ciencias en Producción Agropecuaria.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por brindarme el apoyo para realizar mis estudios de maestría.

Al **Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz** por su asesoría, orientación y apoyo brindado durante mis estudios.

Al **Dr. Ramiro González Avalos** por su asesoría, acompañamiento, apoyo que sin duda me han ayudado mucho en mis estudios.

A mis amigos **Edgar Jesus Macias Ortiz** y **Diego Hernandez Villanueva** por apoyarme en todo momento.

Al **M.V.Z. Eduardo Barrón**, por todo su apoyo y acompañamiento durante el experimento.

DEDICATORIA

A **Dios**, por nunca soltarme, permitirme culminar esta etapa en mi vida, brindándome salud, experiencias extraordinarias y por poner a personas increíbles en mi camino.

A **mi padre**, por enseñarme a ser mejor persona cada día, por estar siempre incondicional en mi vida, por todo tu apoyo, consejos y cariño, te amo.

A **mis hermanas**, por ser mis mejores amigas y compañeras de este camino, muchas gracias por su apoyo y cariño brindado en todo momento, las amo.

A **ti**, por ser incondicional en mi vida y apoyarme siempre, te amo.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	2
1.2. Objetivo general	2
1.3 Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia de los sistemas de crianza artificial	4
2.2. Importancia de la placenta en el intercambio de Ig	4
2.3 Calostro como fuente de Ig y nutrientes para neonatos	6
2.3.1 Función de las Ig en beceras neonatas	8
2.4 Transferencia de inmunidad pasiva.....	10
2.4.1 Inmunidad pasiva adecuada	10
2.4.2 Falla en la transferencia de inmunidad pasiva	12
2.5 Maduración del tracto gastrointestinal.....	13
2.6 Importancia del consumo de concentrado.....	14
2.7 Influencia de los microminerales	16
2.7.1 Selenio	17
2.7.2 Zinc	21
2.7.3 Manganeso	22
2.7.4 Cobre	23
2.8 Vitamina B ₁₂	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. General	27
3.2. Localización del estudio	27

3.3	Sujetos experimentales y manejo	27
3.4	Tratamientos	28
3.5	Muestreos	29
3.6	Variabes	29
3.7	Análisis estadísticos	30
4.	RESULTADOS	31
4.1	Ganancia de peso	31
4.2	Altura ganada.....	32
4.3	Consumo de alimento	34
4.4	Proteína sérica	36
4.5	Incidencia de enfermedades	37
5.	DISCUSIÓN	39
6.	CONCLUSIÓN	42
7.	LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. COMPOSICIÓN DEL CALOSTRO, LECHE DE TRANSICIÓN Y LECHE ENTERA DE VACAS HOLSTEIN (TOMADO DE FOLEY Y OTTERBY, 1978; HAMMON <i>ET AL.</i> , 2000)....	8
CUADRO 2. REGISTRO DE ENFERMEDADES EN BECERRAS HOLSTEIN SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES Y/O SELENIO Y VITAMINA B ₁₂	38

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1.** GANANCIA DE PESO VIVO (KG) EN BECERRAS <36 KG AL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM), SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE) Y CONTROL (CON). A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE TRATAMIENTOS (P<0.05). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO (P<0.05). NS = NO SIGNIFICATIVO (P>0.05)..... 31
- FIGURA 2.** GANANCIA DE PESO VIVO (KG) EN BECERRAS <36 KG AL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM), SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE) Y CONTROL (CON). A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE TRATAMIENTOS (P<0.05). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO (P<0.05). NS = NO SIGNIFICATIVO (P>0.05)..... 32
- FIGURA 3.** ALTURA GANADA (CM) EN BECERRAS <36 KG AL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM), SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE) Y CONTROL (CON). A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE TRATAMIENTOS (P<0.05). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO (P<0.05). NS = NO SIGNIFICATIVO (P>0.05)..... 33
- FIGURA 4.** ALTURA GANADA (CM) EN BECERRAS >37 KG AL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM), SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE) Y CONTROL (CON). A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE TRATAMIENTOS (P<0.05). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO (P<0.05). NS = NO SIGNIFICATIVO (P>0.05)..... 34
- FIGURA 5.** CONSUMO DE ALIMENTO (GRAMOS) EN BECERRAS DESDE EL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE EN ANIMALES <36 KG SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM) Y/O SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE). A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE TRATAMIENTOS (P<0.05). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO (P<0.05). NS = NO SIGNIFICATIVO (P>0.05). 35
- FIGURA 6.** CONSUMO DE ALIMENTO (GRAMOS) EN BECERRAS DESDE EL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE EN ANIMALES >37 KG SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM) Y/O SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE). A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE

TRATAMIENTOS ($P < 0.05$). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO ($P < 0.05$). NS = NO SIGNIFICATIVO ($P > 0.05$). 36

FIGURA 7. PROTEÍNA SÉRICA DE BECERRAS SUPLEMENTADAS CON MICROMINERALES (MM) Y/O SELENIO Y VITAMINA B₁₂ (SE). (A) BECERRAS <36 KG AL NACIMIENTO DEL NACIMIENTO A LOS PRIMEROS TRES DÍAS DE VIDA. (B) BECERRAS <36 KG DE LOS 29 A 31 DÍAS DE VIDA. (C) BECERRAS >37 KG AL NACIMIENTO DEL NACIMIENTO A LOS PRIMEROS TRES DÍAS DE VIDA. B) BECERRAS >37 KG DE LOS 29 A 31 DÍAS DE VIDA. 37

RESUMEN

USO DE MICROMINERALES Y/O SELENIO MAS VITAMINA B₁₂ COMO PROMOTORES DEL DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS HOLSTEIN FRIESIAN

Por:

Karla Quetzalli Ramirez Uranga

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Director de tesis: Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del suministro de microminerales y/o selenio y vitamina B₁₂, sobre el desarrollo y transferencia de inmunidad pasiva en becerras Holstein Friesian. Se seleccionaron 60 becerras Holstein Friesian, con un rango de peso al nacimiento entre 28 a 46 kg, las cuales fueron divididas en tres grupos de manera aleatoria de acuerdo con su peso al nacimiento (<36 kg y >37 kg); grupo suplementado con microminerales (MM <36 kg = n=10; MM >37 kg = n=10), grupo suplementado con selenio mas vitamina B₁₂ (Se <36 kg = n=10; SE >37 kg = n=10) y grupo control (CON <36 kg = n=12; CON >37 kg = n=8). El tratamiento en los grupos se realizó de la siguiente manera: grupo (MM) 1.5 mL de una solución inyectable de zinc, manganeso, selenio y cobre; grupo (Se) 2 mL de una solución inyectable de selenio mas vitamina B₁₂; grupo (CON) 1 ml de solución salina fisiologica. Estas aplicaciones se realizaron en el d 0 y d 29 de

vida. Las variables evaluadas fueron: desarrollo, consumo, transferencia de inmunidad pasiva y salud. El análisis estadístico para estimar la ganancia de peso, altura, el consumo de concentrado y refractometría se realizó mediante un análisis de ANOVA y se compararon las medias mediante una prueba de Tukey. Se registraron las enfermedades en todos los grupos, para determinar la salud de las becerras, solo se consideraron diarreas y neumonías mediante una chi-cuadrada. Se utilizó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Esto mediante el programa estadístico SYSTAT 12. No existió diferencia significativa en la ganancia de peso total de las becerras nacidas con <36 Kg para el MM, Se y CON fue 35.0 ± 1.9 , 36.3 ± 1.6 y 38.4 ± 1.6 , respectivamente; $P > 0.05$. No existió diferencia significativa en la altura total de las becerras nacidas con <36 Kg para el MM, Se y CON fue 2.3 ± 0.4 , 2.1 ± 0.1 y 2.2 ± 0.1 cm, respectivamente; $P > 0.05$. No existió diferencia significativa en la proteína serica, al nacimiento hasta las primeras 72 h de vida en MM, Se y CON. En promedio todos los grupos independientemente del peso al nacimiento (<36 y >37 kg) comenzaron con 6.0 ± 0.1 , a las 24 h aumentaron a 7.4 ± 0.1 ($P < 0.05$) y finalizaron en un rango de 7.2 ± 0.1 a las 36 h ($P > 0.05$). No se encontró diferencia entre grupos del mismo rango de peso al nacimiento (<37 vs >38 kg; $P > 0.05$). Finalmente, observamos un 100% de algún tipo de enfermedad durante el periodo de estudio independientemente del rango de peso al nacimiento ($P < 0.05$). El uso microminerales y/o selenio mas vitamina B₁₂ no influyó sobre la ganancia de peso y la transferencia de inmunidad pasiva en becerras Holstein Friesian.

Palabras clave: *Inmunoglobulinas, proteína serica, calostro, desarrollo, minerales.*

ABSTRACT

USO DE MICROMINERALES Y/O SELENIO MAS VITAMINA B₁₂ COMO
PROMOTORES DEL DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD
PASIVA EN BECERRAS HOLSTEIN FRIESIAN

By:

Karla Quetzalli Ramirez Uranga

To obtain the degree of Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Thesis director: Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz

The objective of the present study was to evaluate the effect of supplying microminerals and/or selenium and vitamin B₁₂ on the development and transfer of passive immunity in Holstein Friesian calves. Sixty Holstein Friesian calves, ranging in birth weight from 28 to 46 kg, were randomly divided into three groups according to birth weight (<36 kg and >37 kg); The microminerals supplemented group (MM <36 kg = n=10; MM >37 kg = n=10), selenium plus vitamin B₁₂ supplemented group (Se <36 kg = n=10; SE >37 kg = n=10) and control group (CON <36 kg = n=12; CON >37 kg = n=8). The treatment in the groups was carried out as follows: group (MM) 1.5 mL of an injectable solution of zinc, manganese, selenium and copper; group (Se) 2 mL of an injectable solution of selenium plus vitamin B₁₂; group (CON) 1 mL of physiological saline solution. These applications were carried out on d 0 and d 29 of life. The variables evaluated were: development, consumption, passive immunity transfer and health. Statistical analysis to estimate weight gain, height, concentrate

consumption and refractometry was performed by ANOVA analysis and means were compared by Tukey's test. Diseases were recorded in all groups to determine calf health, only diarrhea and pneumonia were considered using a chi-square. The value of $P < 0.05$ was used to consider statistical difference. There was no significant difference in the total weight gain of calves born at <36 kg for MM, Se and CON was 35.0 ± 1.9 , 36.3 ± 1.6 and 38.4 ± 1.6 , respectively; $P > 0.05$. There was no significant difference in total height of calves born at <36 kg for the MM, Se and CON was 2.3 ± 0.4 , 2.1 ± 0.1 and 2.2 ± 0.1 cm, respectively; $P > 0.05$. There was no significant difference in serum protein, at birth until the first 72 h of life in MM, Se and CON. On average all groups regardless of birth weight (<36 and >37 kg) started at 6.0 ± 0.1 , at 24 h increased to 7.4 ± 0.1 ($P < 0.05$) and ended in a range of 7.2 ± 0.1 at 36 h ($P > 0.05$). No difference was found between groups of the same birth weight range (<37 vs >38 kg; $P > 0.05$). Finally, we observed 100% of some type of disease during the study period regardless of birth weight range ($P < 0.05$). The use of microminerals and/or selenium plus vitamin B₁₂ did not influence weight gain and passive immunity transfer in Holstein Friesian calves.

Key words: *Immunoglobulins, serum protein, colostrum, development, minerals.*

1. INTRODUCCIÓN

Las primeras semanas de vida de una becerro tienen efecto clave en su rendimiento futuro, así como en la rentabilidad de la producción (Bateman *et al.*, 2012). En los sistemas de crianza artificial, la becerro experimenta importantes cambios en su desarrollo y crecimiento, estos cambios tienen relación directa con el potencial productivo que tendrá la futura vaca lechera a lo largo de toda su vida útil (Van Amburgh *et al.*, 2014).

La estructura de la placenta de la vaca separa los suministros de sangre materna y fetal, con ello se impide la transmisión en el útero de inmunoglobulinas (Ig) protectoras (Arthur *et al.*, 1996).

Como consecuencia el becerro nace agammaglobulinémico y por este motivo depende casi por completo de la absorción de Ig maternas provenientes del calostro después del nacimiento (Godden, 2008). El calostro es la primera fuente extrauterina de nutrientes y el sistema de inmunización temporal que le es administrado al becerro recién nacido y por ello tiene un impacto duradero a lo largo de su vida (Quigley y Dewry, 1998). De esta manera, el adquirir Ig a través de la absorción intestinal protege a la becerro de las enfermedades hasta que su sistema inmune llegue a ser completamente funcional (Robison *et al.*, 1988).

El éxito o fracaso de la crianza de reemplazos de lechería depende de varios factores que están íntimamente relacionados (Teixeira *et al.*, 2014). Todos los animales necesitan minerales ya que son elementos inorgánicos necesarios para los procesos biológicos normales (Watanabe, *et al.*, 1997).

Los procesos fisiológicos de los becerros, incluido el sistema inmune se pueden ver altamente influenciados por la disponibilidad de nutrientes y microminerales, ya que son esenciales para múltiples procesos bioquímicos, incluyendo la respuesta inmune, replicación celular y el desarrollo esquelético, los cuales son muy relevantes para el recién nacido (Carroll y Forsberg, 2007).

De acuerdo con investigadores, la suplementación con minerales juega un papel primordial en el ganado ya que estimulan el sistema inmune (Rink, 2000) esto debido a que muchos minerales son cofactores enzimáticos (Filappi *et al.*, 2005).

El comprender los factores internos y externos que ayudan a las respuestas inmunológicas de los becerros, así como los factores que ocasionan estrés, han sido identificados como claves para reducir la morbilidad y mortalidad de los mismos (Hulbert y Moisés, 2016). Es por ello que últimamente, estudios mostraron que los minerales inyectables pudieran ser un método idóneo para mejorar el uso de los minerales por parte de los animales y con ello ser una opción favorable para mejorar el rendimiento animal (Collet *et al.*, 2017). Por lo tanto, El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del suministro de microminerales y/o selenio y vitamina B₁₂, sobre el desarrollo y transferencia de inmunidad pasiva en becerras Holstein Friesian.

1.1 Hipótesis

La aplicación de microminerales y/o selenio con vitamina B₁₂ promoverán el desarrollo y transferencia de inmunidad pasiva en becerras Holstein Friesian.

1.2. Objetivo general

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del suministro microminerales y/o selenio con vitamina B₁₂ y sobre el desarrollo y transferencia de inmunidad pasiva en becerras Holstein Friesian.

1.3 Objetivos específicos

- Registrar el desarrollo (peso y altura).
- Cuantificar el consumo diario de concentrado.

- Determinar proteína sérica al nacimiento, 1, 2, 3, 29 30 y 31 días de vida de las becerras.
- Medir la incidencia de problemas digestivos y respiratorios.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de los sistemas de crianza artificial

El éxito de la crianza de becerros jóvenes es la clave de las explotaciones lecheras, estos son los futuros animales de reemplazo, por lo tanto, es de suma importancia cuidarlos hasta que logren llegar a su madurez (Ram *et al.*, 2020).

En los sistemas de crianza artificial, la becerro experimenta importantes cambios en su desarrollo y crecimiento, estos cambios tienen relación directa con el potencial productivo que tendrá la futura vaca lechera a lo largo de toda su vida útil (Van Amburgh *et al.*, 2014). Por lo tanto, las becerras nacidas en cualquier explotación lechera significan oportunidades para incrementar el tamaño del hato, para mejorarlo genéticamente y aumentar el ingreso económico de los productores (Peña-Revuelta *et al.*, 2020).

2.2. Importancia de la placenta en el intercambio de Ig

La placenta sinepiteliocorial de las vacas es parecida a una barrera epitelial uterina polarizada frente al epitelio coriónico (trofoblasto) del feto, esta barrera protege al feto de una gran cantidad de agentes infecciosos y/o tóxicos, incluso de las Ig maternas, que no pueden atravesar esta barrera, por lo cual los becerros recién nacidos dependen de la ingesta de calostro durante las primeras horas del nacimiento (Bridger *et al.*, 2007).

En los bovinos, las estructuras anatómicas de la placenta impiden el contacto directo entre la sangre materna y fetal, enfatizando la importancia de los transportadores

de proteínas, gradientes de concentración y los canales de difusión para el intercambio de nutrientes de la membrana (Brett *et al.*, 2014). Debido a esto, las Ig solo se transfieren posnatalmente a través del calostro, ya que la estructura de la placenta no permite la transferencia significativa de macromoléculas (Butler, 1994).

Las áreas de intercambio materno-fetal en las vacas se dan mediante estructuras redondas llamadas placentomas, que consisten en carúnculas maternas que se interdigitan con cotiledones fetales (Schlafer *et al.*, 2000; Bridger *et al.*, 2007).

Los nutrientes de la circulación materna llegan a la sangre fetal mediante los sincitiotrofoblastos (Firth, 1996). Estas estructuras contienen dos membranas polarizadas: la membrana de microvellosidades frente a la circulación materna y la membrana plasmática basal frente a la estructura vascular fetal, las cuales tienen baja permeabilidad, por lo tanto, se limita la velocidad de transporte de sustratos medianos y grandes a la circulación fetal (Brett *et al.*, 2014). En consecuencia, los nutrientes se absorben predominantemente y se trasladan a la circulación fetal mediante proteínas de transporte específicas de nutrientes que se encuentran dentro de la membrana microvellositaria y la membrana plasmática basal (Lager y Powell, 2012).

En el ganado bovino, se desarrollan de 100 a 140 cotiledones y se adhieren a las carúnculas uterinas pre-formadas de la madre para formar placentomas, donde las vellosidades del feto se interdigitan con las criptas de la madre, con el avance de la gestación, el tamaño del placentoma aumenta, esto debido al crecimiento y

elaboración de ambos componentes (Atkinson *et al.*, 1984; Wathes y Wooding, 1980).

2.3 Calostro como fuente de Ig y nutrientes para neonatos

El calostro es la primera fuente extrauterina de nutrientes y el sistema de inmunización temporal administrado al becerro recién nacido, por lo que tiene un gran impacto a la larga durante toda la vida (Quigley y Drewry, 1998). El calostro bovino está compuesto de una mezcla de secreciones lácteas y componentes de suero sanguíneo, sobre todo Ig y otras proteínas séricas que se acumulan en la glándula mamaria durante el periodo seco previo al parto (Foley y Otterby, 1978).

Además de los nutrientes e Ig, el calostro contiene varias sustancias bioactivas como factores de crecimiento similares a la insulina, insulina y colesterol (Koldovský, 1989).

El proceso de calostrogenesis empieza varias semanas antes del parto, con la influencia de las hormonas lactogénicas, incluida la prolactina y cesa de manera abrupta en el momento del parto (Godden, 2008). Las concentraciones de muchos de los componentes del calostro son mayores en las primeras secreciones recogidas después del parto (calostro de primer ordeño) y luego estas disminuyen en los seis ordeños siguientes (leche de transición) hasta alcanzar las concentraciones más bajas que se miden en la leche entera de venta (Cuadro 1) (Foley y Otterby, 1978).

Estas sustancias bioactivas tienen efectos beneficiosos en el crecimiento morfológico y la maduración funcional del tracto gastrointestinal, así como también

en el estado metabólico, endocrino y salud de las beceras neonatales (Bühler *et al.*, 1998; Blättler *et al.*, 2001; Blum, 2006).

Las sustancias bioactivas tienen efectos biológicos directamente en la pared del tracto gastrointestinal de la becerra, primero a través del intestino hacia la circulación de la becerra (Baumrucker y Albrecht, 2014; Baumrucker y Bruckmaier, 2014). Promueven el desarrollo de enterocitos en la becerra recién nacida y son punto de partida muy importante para que se dé la maduración adecuada del revestimiento de los mismos, promoviendo el establecimiento de la digestión y absorción intestinal (Ontsouka, 2016).

La transferencia de estas sustancias bioactivas del calostro está mediada por receptores de superficie celular y transportadores similares a receptores que se encuentran dentro del tracto gastrointestinal de la becerra (Baumrucker y Albrecht, 2014; Ontsouka y Albrecht, 2014).

Cuadro 1. Composición del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein (tomado de Foley y Otterby, 1978; Hammon *et al.*, 2000).

Parámetro	Calostro	Leche de transición (Ordeño posparto)		Leche
		1	2	
Gravedad específica	1.056	1.04	1.035	1.032
Sólidos totales (%)	23.9	17.9	14.1	12.9
Grasa (%)	6.7	5.4	3.9	4
Proteína total (%)	14	8.4	5.1	3.1
Caseína (%)	4.8	4.3	3.8	2.5
Albumina (%)	6	4.2	2.4	0.5
Inmunoglobulinas (%)	6	4.2	2.4	0.09
IgG (G / 100 mL)	3.2	2.5	1.5	0.06
Lactosa (%)	2.7	3.9	4.4	5
FCI-I (ug / L)	341	242	144	15
Insulina (ug / L)	65.9	34.8	15.8	1.1
Ceniza (%)	1.11	0.95	0.87	0.74
Calcio (%)	0.26	0.15	0.15	0.13
Magnesio (%)	0.04	0.01	0.01	0.01
Zinc (mg / 100 mL)	1.22	-	0.62	0.3
Manganeso (mg / 100 mL)	0.02	-	0.01	0.004
Hierro (mg / 100 g)	0.2	-	-	0.05
Cobalto (µg / 100 g)	0.5	-	-	0.1
Vitamina A (µg / 100 mL)	295	190	113	34
Vitamina E (µg / g grasa)	84	76	56	15
Riboflavina (µg / mL)	4.83	2.71	1.85	1.47
Vitamina B ₁₂ (µg / 100 mL)	4.9	-	2.5	0.6
Ácido fólico (µg / 100 mL)	0.8	-	0.2	0.2
Colina (mg / mL)	0.7	0.34	0.23	0.13

2.3.1 Función de las Ig en becerros neonatos

Las Ig que se encuentran en la leche y calostro provienen de la sangre principalmente, y tienen importancia en la transferencia de inmunidad pasiva entre la madre y el neonato (Pagnoncelli *et al.*, 2017). Son los principales agentes que protegen la mucosa intestinal contra microorganismos patógenos y a través del calostro brindan inmunidad pasiva al becerro recién nacido hasta que se desarrolle su propio sistema inmune (Korhonen *et al.*, 2000).

La producción de Ig se lleva a cabo en la glándula mamaria por medio células plasmáticas como resultado de la exposición de la madre a ciertos microorganismos, y entran en la leche y/o calostro mediante migración de las células plasmáticas desde los tejidos adyacentes, su concentración en el calostro es muy

elevada y su consumo brinda al neonato inmunidad pasiva contra los patógenos a los que se ha expuesto la madre, lo que permite que las crías reciban protección inmediata contra microorganismos ambientales (Klein-Jöbstl *et al.*, 2014).

Entre las Ig más importantes que se encuentran en la leche son la inmunoglobulina G (IgG), la inmunoglobulina A (IgA) y la inmunoglobulina M (IgM), las cuales tienen muchas actividades en el sistema inmune (Pagnoncelli *et al.*, 2017). Las IgG, IgA e IgM representan aproximadamente entre el 85%, 90% y el 5% y 7% respectivamente, del total de Igs en el calostro (Larson *et al.*, 1980).

Las IgG provenientes del calostro y la leche bovina se dividen en dos subclases: IgG1 e IgG2, la IgG1 se deriva de la sangre mayormente y su transporte mediante las células alveolares mamarias está mediado por un mecanismo de receptor activo (Pagnocelli *et al.*, 2017). Específicamente la IgG1 representa del 80% al 90% del total de IgG (Larson *et al.*, 1980). Por otro lado, la IgG2 deriva de la sangre o es sintetizada por las células plasmáticas o epiteliales de la glándula mamaria y transferida a las células secretorias mamarias, la función de la IgG es actuar inactivando o reduciendo muchos agentes infecciosos bacterianos mediante la unión a sitios específicos de la superficie celular microbiana (Gapper *et al.*, 2007).

La IgA, impide la adhesión de las bacterias enteropatógenas a las células epiteliales de la mucosa, aglutinando antígenos y neutralizando virus y toxinas bacterianas, en el caso de la IgM su actividad aún no es bien conocida en la leche (Mehra *et al.*, 2006).

De manera específica la IgG entra en el intestino del neonato y permanece lo suficientemente estable para ser absorbida por el sistema vascular, esto en algunas especies o actúa directamente en el tracto gastrointestinal, la IgG intacta que permanece en la luz intestinal se espera a que se una a los antígenos y participe en la protección del tejido mediante la exclusión inmunitaria (Pagnocelli *et al.*, 2017).

2.4 Transferencia de inmunidad pasiva

La transferencia de inmunidad pasiva le brinda al neonato protección contra enfermedades infecciosas mientras que su sistema inmune llega a ser funcional (Sasaki *et al.*, 1977; Nocek *et al.*, 1984; Robison *et al.*, 1988).

El becerro neonato tiene un sistema inmunológico inmaduro que requiere de tiempo para desarrollar anticuerpos específicos y adaptativos (Gelsinger y Heinrichs, 2017). Hay cuatro factores que contribuyen a una exitosa transferencia de inmunidad pasiva: suministrar calostro con concentración de Ig (>50 g/L), ofrecer un volumen adecuado de calostro, administrarlo durante las primeras dos horas de vida y disminuir la contaminación bacteriana del mismo (Stott *et al.*, 1979; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009).

2.4.1 Inmunidad pasiva adecuada

La importancia de la inmunidad pasiva a través de la absorción intestinal de Ig provenientes del calostro, para la mortalidad, morbilidad y el posterior crecimiento y bienestar de un becerro recién nacido es reconocida actualmente de manera internacional (Hickson *et al.*, 2016; Raboisson *et al.*, 2016; Homerosky *et al.*, 2017; Todd *et al.*, 2018).

Para lograr una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, el becerro debe consumir primero la masa suficiente de IgG en el calostro, después debe ser capaz de absorber con éxito una cantidad suficiente de estas moléculas en su circulación (Godden, 2008).

Se necesitan asegurar varios puntos críticos, de los más importantes se encuentran: garantizar la administración de una cantidad suficiente de calostro de buena calidad dentro de las primeras horas de vida (Foster *et al.*, 2006).

La recomendación actual es administrar 4L de calostro con una concentración de IgG >50 g/L dentro de las primeras 6 a 8 horas de vida (McGuirk y Collins, 2004). La concentración de IgG en el calostro se ha considerado como una señal de referencia para evaluar la calidad del calostro, esto debido a que la relación entre las concentraciones de IgG componen más del 85% del total de Ig en el calostro (Godden, 2008).

La evaluación del estado de transferencia de inmunidad pasiva es sustancial para el éxito en la cría de becerras, así mismo se puede realizar con herramientas baratas, rápidas y fáciles de utilizar en la granja (Hernandez *et al.*, 2016). Entre estas herramientas se encuentra la refractometría óptica o digital (REF) y la refractometría Brix (BRIX), son técnicas muy valiosas para evaluar la concentración de IgG (Chigerwe *et al.*, 2008; Elsohaby *et al.*, 2015). Estas dos pruebas utilizan muestras de suero y el resultado que brindan es un número continuo (en g/L⁻¹) para el refractómetro, 0% en refractometría Brix (Buczinski *et al.*, 2016). Se han utilizado puntos de referencia específicos para definir el nivel aceptable para lograr una

transferencia adecuada de inmunidad pasiva (5.0, 5.2 o 5.5 g/L⁻¹) con refractometría (Weaver *et al.*, 2000; McGuirk y Collins, 2004; Godden, 2008).

Los beneficios a largo plazo asociados a la transferencia de inmunidad pasiva incluyen la disminución de mortalidad en el periodo posterior al destete, mejoría en la tasa de ganancia y eficiencia alimenticia, la reducción de la edad al primer parto, la mejoría en la producción de leche en la primera y segunda lactancia y la reducción de desecho de vaquillas durante la primera lactancia (Faber *et al.*, 2005).

La becerrea recién nacida necesita adaptarse a un entorno que es completamente nuevo, el cual tiene una alta carga de patógenos, también debe tener que regular su propio cuerpo, cambiar su sistema digestivo de la recepción de nutrientes umbilicales durante la gestación, a la digestión con biberón o balde, después realizar la transición de pre-rumiante a rumiante (Osorio, 2020). Todos estos factores provocan una cantidad de estrés en las crías y es dentro de las primeras tres semanas de vida cuando se pondrá a prueba el estado inmunológico, cuando patógenos dañinos como *Escherichia coli* enterotoxigénica (ETEC), coronavirus y *Cryptosporidium spp.* colonicen el tracto digestivo (Meganck *et al.*, 2014). Es por ello que la salud y el rendimiento de las becerras son de vital importancia para la futura capacidad de producción (Thu Hang *et al.*, 2017).

2.4.2 Falla en la transferencia de inmunidad pasiva

La falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) afecta a la supervivencia y salud de las becerras y la futura productividad de las explotaciones lecheras (Hernandez *et al.*, 2016).

Becerras que presentan FTIP son más susceptibles a enfermedades infecciosas y presentan morbilidad y mortalidad (Windeyer *et al.*, 2014). Así como también tienen un riesgo mayor de muerte durante los primeros 3 meses de vida después del nacimiento (Virtala *et al.*, 1999). La FTIP ocurre cuando el becerro no absorbe suficientes Ig provenientes del calostro en el período posnatal inmediato (Todd *et al.*, 2018).

Está definido que los becerros presentan FTIP si la concentración de IgG en el suero es inferior a 10 mg/mL cuando se muestrean entre 24 y 48 h después del nacimiento (NAHMS, 1996; Weaver *et al.*, 2000). La prueba de FTIP es importante para monitorear los programas de manejo de calostro y resolver los problemas actuales de salud (Godden, 2008; McGuirk, 2008). Estas evaluaciones de FTIP se realizan generalmente durante la primera semana de vida y las crías deben tener al menos 24 h de vida antes de la colecta de la muestra de sangre (McGuirk 2005; Godden, 2008; McGuirk, 2008). La FTIP se asocia a una disminución de la producción de leche y a un aumento de las tasas de desecho en vaquillas lecheras durante la primera lactancia (Chuck *et al.*, 2018).

2.5 Maduración del tracto gastrointestinal

Al momento del nacimiento las crías tienen un tracto gastrointestinal inmaduro el cual es colonizado de manera inmediata por comunidades de arqueas, bacterias y hongos (Fonty *et al.*, 1987; Guzman *et al.*, 2015). Estos microorganismos se adquieren de la madre (por el contacto al momento del parto) y del medio ambiente (alojamiento y dieta) (Taschuk y Griebel, 2012).

La maduración intestinal es un proceso fundamental para que el neonato desarrolle la capacidad de digerir y absorber nutrientes de la leche o sustituto de leche mientras lo protege contra diferentes patógenos oportunistas, es por ello que los compuestos bioactivos del calostro interactúan o estimulan el revestimiento de los enterocitos inmaduros de los recién nacidos provocando una maduración intestinal (Ontsouka, 2016).

Un punto importante que caracteriza la maduración del tracto gastrointestinal en becerros neonatos alimentados con calostro es la sustitución del epitelio intestinal vacuolado de tipo fetal presente en el nacimiento por un epitelio intestinal maduro que contiene enterocitos polarizados (Bittrich *et al.*, 2004).

En este sentido, los procesos generados por la ingesta de alimentos sólidos y la actividad microbiana promueven la funcionalidad del rumen durante los primeros meses de vida (Warner *et al.*, 1956).

2.6 Importancia del consumo de concentrado

Durante los primeros meses de vida, las becerras son animales monogástricos debido que al momento del nacimiento los compartimientos de su estómago (rumen, retículo y omaso) no se encuentran desarrollados aún y no participan en el proceso digestivo, el consumo de materia seca en becerras tiene la finalidad de cubrir los requerimientos necesarios para su crecimiento y con ello estimular el desarrollo ruminal en una etapa temprana (Elizondo-Salazar y Monge-Rojas, 2019). Para que las becerras lleven a cabo una adecuada transición pre-rumiante a rumiante

completamente funcional es necesario promover el consumo de concentrado a partir de la primera semana de vida (Coverdale *et al.*, 2004).

El rumen empieza a desarrollarse al momento de que las becerras empiezan a consumir concentrado y agua, esto debido a que la materia seca es un factor clave en el desarrollo del animal, así como también en el desarrollo físico y metabólico de lo que será la cámara fermentativa que permitirá a las becerras aprovechar los alimentos fibrosos al máximo (van Ackeren *et al.*, 2009; Wickramasinghe *et al.*, 2019).

El alimento concentrado es una fuente de proteínas, energía, fibra, vitaminas y minerales, este alimento debe ser palatable para los becerros (NRC, 2001). La fermentación del mismo, aumenta las concentraciones de ácidos grasos volátiles específicamente propionato y butirato (Warner *et al.*, 1956; Stobo *et al.*, 1966). Consecuentemente este aumento en las concentraciones de ácidos grasos volátiles estimula en mayor forma el desarrollo de papilas ruminales (Sander *et al.*, 1959). Por otro lado, el desarrollo de la musculatura del rumen, movimientos ruminales y su capacidad son influenciados por el estímulo físico que deriva del material fibroso consumido (Nemati *et al.*, 2015).

Autores indican que para las becerras un consumo de 1 kg de MS por día a las ocho semanas de edad pudiera ser una cantidad suficiente para lograr un adecuado desarrollo ruminal, pero aun con esta cantidad no pudiera ser suficiente llenar los requerimientos nutricionales que garanticen un adecuado desarrollo de las mismas, esto cuando se consideran animales de razas como la Holstein, en este sentido,

además del consumo de MS, también debe considerarse el consumo de nutrientes especialmente proteína y energía (Elizondo-Salazar y Monge-Rojas, 2019).

2.7 Influencia de los microminerales

El éxito o fracaso de la crianza de reemplazos de lechería depende de varios factores que están íntimamente relacionados (Teixeira *et al.*, 2014). Todos los animales necesitan minerales ya que son elementos inorgánicos necesarios para los procesos biológicos normales (Watanabe, *et al.*, 1997).

Hay 16 microminerales esenciales en las dietas animales: calcio, fósforo potasio, azufre, sodio, cloruro, magnesio, hierro, zinc, cobre, manganeso, yodo, selenio, molibdeno, cromo y flúor (Ensley, 2020). Estos se requieren en cantidades mucho más pequeñas (miligramos a microgramos por día) (Goff, 2018).

En los becerros, las deficiencias de los microminerales pueden verse reflejadas en los recién nacidos, ya que las reservas de estos minerales están en relación con la nutrición materna, la cantidad de microminerales en los becerros recién nacidos depende de la transferencia materna a través de la placenta, calostro o la leche (Enjalbert, 2009).

El funcionamiento del sistema inmunológico en el neonato puede estar altamente influenciado por la disponibilidad de microminerales esenciales que son muy importantes para procesos bioquímicos, incluyendo la respuesta inmune, la replicación celular y el desarrollo esquelético (Teixeira *et al.*, 2014; Carroll and Forsberg, 2007).

El comprender los factores internos y externos que ayudan a las respuestas inmunológicas de los becerros, así como los factores que ocasionan estrés, han sido identificados como claves para reducir la morbilidad y mortalidad de los mismos (Hulbert y Moisés, 2016). Es por ello que últimamente, estudios mostraron que los minerales inyectables pudieran ser un método idóneo para mejorar el uso de los minerales por parte de los animales y con ello ser una opción favorable para mejorar el rendimiento animal (Collet *et al.*, 2017).

De acuerdo con investigadores, la suplementación con minerales juega un papel primordial en el ganado ya que estimulan el sistema inmune (Rink, 2000) esto debido a que muchos minerales son cofactores enzimáticos (Filappi *et al.*, 2005).

2.7.1 Selenio

Durante los últimos años, el interés por estudiar los microelementos particularmente el selenio (Se) ha aumentado a causa de la gran importancia de este elemento en la nutrición animal (Cruz-Monterrosa *et al.*, 2011). Es un mineral muy importante que es requerido en cantidades pequeñas en la dieta (Edens y Sefton, 2016). Interviene de manera primordial en los sistemas antioxidantes enzimáticos como el glutatión peroxidasa, tioredoxinas, reductasas y otras selenoproteínas (Hawkes y Alkan, 2010).

Su función primordial es actuar como un cofactor del glutatión peroxidasa, que está encargado de destruir a los peróxidos tóxicos formados durante el metabolismo intracelular de los lípidos (Mulrenan, 1999; Scott *et al.*, 1982). Cabe destacar que los animales de granja, especialmente los que se encuentran en sistema intensivo,

están sometidos a niveles muy altos de estrés oxidativo, que puede afectar su rendimiento, entre otros factores (Edens y Sefton, 2016).

Este mineral también tiene funciones en el metabolismo de la hormona tiroidea y las proteínas redox (McKenzie 2002). En el sistema inmune, es primordial en la formación y actividad de las células T colaboradoras, T citotóxicas y asesinas naturales (Petrie *et al.*, 1989). De manera general el Se es necesario para el mantenimiento de la salud, crecimiento y una gran cantidad de funciones bioquímicas-fisiológicas (Scott *et al.*, 1982).

Las fuentes de este mineral se clasifican en naturales (aquellas que se encuentran en los alimentos), normales y suplementos minerales (Ciria *et al.*, 2005). Debido a que los elementos minerales no se pueden sintetizar en el organismo (Parmar *et al.*, 2015), los animales necesitan cubrir sus necesidades en base a los alimentos que consumen, esto porque el agua y suelo proporcionan cantidades muy mínimas (Ciria *et al.*, 2005).

El Se elemental de los suelos se encuentra como selenito, biselenito o selenato, esto dependiendo del pH, si el pH del suelo es neutro o ácido, el selenito que es la presentación más abundante del elemento no se encontrará disponible (Rosemary, 1990). La mayoría de los suelos del mundo tienen una concentración baja de selenio de 0.01 a 2.0 mg kg⁻¹ con una media de 0.4 mg kg⁻¹, por lo contrario, en suelos seleníferos puede hallarse en concentraciones ≥ 1200 mg de Se kg⁻¹ (Fordyce, 2012).

En algunos lugares de México las concentraciones de selenio en el suelo son hasta 0.05 mg kg^{-1} (Ramírez-Briebesca *et al.*, 2001). La concentración de Se en el suelo puede influir en las cantidades encontradas en los alimentos (Rucker *et al.*, 2008), debido a la poca disponibilidad de minerales en el suelo impacta a los forrajes minimizando la concentración de este mineral en los tejidos y con ello resulta en un bajo crecimiento de la planta (Salamanca, 2010).

El Se comprende dos formas dietéticas principales: orgánica e inorgánica (Arshad *et al.*, 2020). Este mineral es un elemento benéfico dentro de un rango de dosis limitado para todos los animales de granja (Shi *et al.*, 2010).

La mayoría de las veces, los requerimientos nutricionales de Se en los animales, se satisfacen con dietas suplementadas con sales minerales, así como también con diferentes fuentes y formas (Kessler, 1993). En las becerras, las necesidades de selenio son de $100 \mu\text{g/kg MS}$ por día (Suttle, 2010; NRC, 2001).

Su principal absorción se da en el duodeno con poca evidencia de captación en el rumen, abomaso, yeyuno e ileón, en animales rumiantes la absorción es menor que en los animales no rumiantes (alrededor del 40%), se debe presuntamente porque en el rumen hay una reducción de selenito a formas no solubles de este mineral (Rucker *et al.*, 2008).

Las diferentes formas de Se (orgánico e inorgánico) en la dieta, tienen un destino metabólico diferente (Arshad *et al.*, 2020). El metabolismo del selenio residual de fuentes inorgánicas como orgánicas se excreta del cuerpo como iones dimetilselenuro, mono, di y trimetilselenonio (Ip y Hayes, 1989).

El bajo nivel de este mineral se relaciona con el sistema inmune debilitado (Dercksen *et al.*, 2007; Efraimidis y Wiersinga, 2014). En rumiantes la deficiencia de Se causa la enfermedad del musculo blanco (Muth *et al.*, 1958). En los bovinos, la deficiencia de este mineral puede tener impactos económicamente significativos como la reducción de la fertilidad, retenciones de placenta e incidencia de mastitis y metritis (Spears y Weiss, 2008); (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Sordillo, 2013; Eulogio *et al.*, 2012). Se ha manifestado que niveles muy bajos de selenio tienen efectos negativos ya sea directos o indirectos sobre parámetros de crecimiento, producción y salud del ganado (Mehdi y Dufrasne, 2016).

La nutrición materna puede considerarse como un factor determinante del estado de Se en becerros, afectando directamente su salud, en estos animales la deficiencia está asociada a una mortalidad perinatal, diarrea neonatal, fallo de vacunación, fallo cardíaco y altamente relacionada con la miopatía (Enjalbert, 2009).

Debido a que las becerras pueden nacer deficientes en selenio al nacimiento, la alimentación o aplicación después del nacimiento con el mismo, es una acción importante para promover el desarrollo del sistema inmune y con ello asegurar un crecimiento saludable (Kamada *et al.*, 2007).

La ingesta adecuada de este mineral se puede lograr con la administración de suplementos (Mehdi y Dufrasne, 2016). Entre algunos de estos se incluyen la adición de Se en el agua potable, suplementación con sales minerales, levaduras enriquecidas, inyecciones, implantes y el uso de forrajes en bolos con fertilizantes enriquecidos con Se (Kessler, 1993).

2.7.2 Zinc

El zinc (Zn) es un mineral fundamental para todos los organismos vivos Hu (2013).

Este mineral es muy importante en diversos procesos biológicos, ya que se ha informado que es un fuerte agente antiinflamatorio y antidiarreico (Oteiza y Mackenzie, 2005; Hu *et al.*, 2013; Bonaventura *et al.*, 2015).

De manera más específica los procesos biológicos más importantes en donde interviene el Zn son en la utilización celular de oxígeno, respiración celular, ADN y ARN, mantenimiento de la estructura de la membrana celular y en el secuestro de radicales libres (Chan *et al.*, 1998; Hendy *et al.*, 2001).

También existen factores de transcripción, enzimas y numerosas proteínas cuyas funciones son dependientes del Zn (Vallee y Falchuk, 1993).

Los requerimientos de Zn en la dieta total de los animales son los siguientes: ganado de carne 30 mg/kg, ganado de leche 40 mg/kg, cerdos 50 mg/kg, caballos 40 mg/kg, ovejas 20-33 mg/kg, cabras 40-75 mg/kg, aves 40-50 mg/kg y pavos 40-75 mg/kg (Sun *et al.*, 2005)

Estudios han evaluado la dosis necesaria para mitigar la diarrea en becerras neonatas (Wei *et al.*, 2019). Por otro lado, la deficiencia de este mineral se asocia a una pérdida de peso, retraso del crecimiento, anorexia, baja eficiencia alimenticia, lesiones dérmicas y sistema inmunológico deteriorado (Shay y Mangian, 2000).

La absorción de Zn ya sea orgánico o inorgánico en rumiantes aparentemente se lleva a cabo de manera similar (Spears, 1989; Lardy *et al.*, 1992; Nockels *et al.*,

1993). Este elemento se ha identificado por tener un amplio margen de seguridad, con esto la probabilidad de tener una ingesta excesiva en la dieta y presentar alguna toxicosis es muy baja, por otro lado, la deficiencia de este mineral en la dieta causa alteraciones severas en el metabolismo, esto en periodos donde existe un crecimiento rápido, por lo que debe incluirse de manera rutinaria en las raciones alimenticias (Rucker, 2008).

2.7.3 Manganeso

El manganeso (Mn) es un mineral primordial para los animales (Spears, 2018). Este mineral actúa como componente de metaloenzimas y también como un activador enzimático, es importante señalar que existen pocas metaloenzimas de Mn, pero existen muchas enzimas que pueden activarse con adiciones de Mn (por ejemplo, variashidrolasas, quinasas, descarboxilasas y transferasas) (Rucker, 2008).

Se ha informado que vacas con dietas deficientes de este mineral presentaron deformidades en las patas, en becerros se ha relacionado con un crecimiento deficiente (Grashuis *et al.*, 1953). En becerras, este mineral desempeña un papel esencial en el correcto desarrollo de los huesos largos y desarrollo de la placa de crecimiento epifisiaria (Rojas *et al.*, 1965; Howes y Dyer, 1971). En el mismo sentido el Mn tiene funciones muy importantes en el sistema antioxidante debido a que enzimas como la superóxido dismutasa son dependientes del mismo (Spears, 2008). Las deficiencias de este mineral han sido estudiadas en varias especies, especialmente en el pollo, los datos referentes a necesidades de Mn en bovinos han sido escasos (Rojas *et al.*, 1965).

Normalmente el feto no acumula Mn en el hígado antes del nacimiento, es por ello que los niveles de Mn en el hígado fetal son más bajos que en el hígado de un animal adulto (Rucker, 2008).

2.7.4 Cobre

El cobre (Cu) es un mineral muy importante en animales monogástricos y rumiantes (Ensley, 2020).

Estudios han reportado es componente estructural en las macromoléculas ya que actúa como centro de coordinación, este mineral es un cofactor redox común para una serie de oxidasas y monooxigenasas las cuales son primordiales en la vida (Rucker, 2008). Este mineral es un componente fundamental en ácidos nucleicos, proteínas y enzimas (Ensley, 2020).

El Cu tiene un papel importante en el sistema inmune entre ya que interviene en la producción de energía, actividad de neutrófilos, producción de enzimas antioxidantes, desarrollo de anticuerpos y replicación de linfocitos (Niederman *et al.*, 1994; Nockels, 1994). El Cu tiene efecto protector ante enfermedades infecciosas (Stabel *et al.*, 1993). Otra de las funciones de este mineral es actuar como un componente esencial en enzimas como ceruloplasmina, citocromo C oxidasa, lisil oxidasa, superóxido dismutasa y la tirosinasa las cuales son elementos clave para mantener la homeostasis del animal (Swenson y Reece 1993).

En los bovinos es muy frecuente que se presenten deficiencias (Ensley, 2020). Estas deficiencias se han relacionado con una serie de signos clínicos como: degeneración miocárdica, hipomielinización de la medula espinal, anemia, pelaje

pálido, integridad capilar deficiente, fracturas espontaneas, deterioro reproductivo y disminución a la resistencia de enfermedades infecciosas (NRC, 2001).

2.8 Vitamina B₁₂

La vitamina B₁₂ (también conocida como cobalamina) es un compuesto químico con propiedades vitamínicas que consiste en cobalto (Co) como el átomo central y un anillo de corrina que encierra el átomo de metal, la vitamina B es conocida comúnmente como un promotor del crecimiento (Bechdel *et al.*, 1926). El Co es un elemento metálico considerado como un elemento esencial ya que se requiere en la dieta humana y de algunas especies animales en pequeñas cantidades, cercanas a los 100 mg/kg de materia seca (Viglierchio, 2000; Brewer *et al.*, 2016; Miller *et al.*, 2020).

Se pudiera pensar que la vitamina B₁₂ sólo se refiere a la cianocobalamina, pero el termino vitamina B₁₂ en realidad es el nombre genérico para referirse a un grupo de compuestos que tienen actividad B₁₂, como ciano, hidroxil, metil o desoxiadenosilcobalamina, que también son conocidos como corrinoídes completos (Smith y Warren 2018; Rizzo y Laganà, 2020).

El microbioma ruminal, es decir los microorganismos, bacterias y levaduras que están presentes en el rumen pueden sintetizar vitamina B₁₂, siempre que la concentración de cobalto en el líquido ruminal sea superior a 0.5 mg/mL, si este nivel no es alcanzado, la síntesis ruminal de la vitamina B₁₂ permanece inhibida y esto reduce su distribución en sangre y otros tejidos (Dubeski, 1992; Goff, 2000; Underwood y Suttle, 2002; Stemme *et al.*, 2008). En los rumiantes adultos, esta

vitamina es producida en durante la fermentación microbiana de los alimentos, principalmente, en el rumen (Stemme *et al.*, 2006).

Las funciones primarias de la vitamina B₁₂ es estar involucrada en el metabolismo de ácidos nucleicos, proteínas, grasas y carbohidratos (Herdt y Hoff, 2011). Esta vitamina inhibe el desarrollo de anemia perniciosa en animales y se sintetiza por procariotas (Fang *et al.*, 2017). Esta vitamina es primordial para el metabolismo energético y para los procesos de replicación celular, ya que tiene comportamiento de coenzima, catalizando mutaciones intramoleculares y reacciones de transferencia de grupos de un carbono (Rizzo y Laganà, 2020).

En comparación con otras vitaminas B, B₁₂ depende de la fermentación microbiana y es sintetizada por ciertas bacterias y arqueas (Fang *et al.*, 2017).

Las formas naturales y activas más frecuentes de B₁₂ son adenosilcobalamina (también conocida como coenzima B₁₂) y metilcobalamina (Fedosov, 2012). La hidroxocobalamina y la cianocobalamina producidas industrialmente son formas inactivas de vitamina B, los rumiantes normalmente no tienen una fuente de vitamina B₁₂ en su alimentación, pero se benefician de las bacterias en su rumen que utilizan cobalto en la dieta para sintetizar la vitamina B₁₂ (Stangl *et al.*, 2000).

Los rumiantes adultos no dependen de esta vitamina en la dieta, sino de un suministro de cobalto idóneo para cubrir sus necesidades (Stemme *et al.*, 2006).

Dado que una cantidad suficiente de vitamina B₁₂ es esencial para la salud de los animales, existen recomendaciones para garantizar un contenido adecuado de cobalto en la dieta animal (Stangl *et al.*, 2000; Lehmann *et al.*, 2003).

Específicamente en animales rumiantes de hasta 6 a 8 semanas de edad donde el rumen no se encuentra completamente funcional para realizar la síntesis de vitamina B₁₂ (McDowell, 2000), se necesita una fuente dietética para cubrir sus requerimientos, dentro de estas fuentes se encuentran: el calostro, leche entera y sustituto de leche (Stemme *et al.*, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. General

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002) con número de referencia de aprobación institucional **UAAAN-UL/**

3.2. Localización del estudio

El estudio se realizó en un establo del municipio de Matamoros Coahuila; se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste (INEGI, 2009). La zona presenta un clima semiárido con una temperatura media de 25.3 °C y una precipitación media anual de 225mm, la temporada de lluvias se extiende de junio a octubre (Véliz-Deras *et al.*, 2020). El estudio se realizó durante el periodo de lactancia (60 días) de cada animal seleccionado, la fecha establecida fue del 26 de octubre de 2020 al 13 de enero del 2021.

3.3 Sujetos experimentales y manejo

Se seleccionaron 60 becerras Holstein Friesian, con un rango de peso al nacimiento entre 28 a 46 kg, las cuales fueron divididas en tres grupos de manera aleatoria de acuerdo con su peso al nacimiento (<36 kg y >37 kg); grupo suplementado con

microminerales (zinc, manganeso, selenio y cobre) (MM <36 kg = n=10; MM >37 kg = n=10), grupo tratado con selenio mas vitamina B₁₂ (Se <36 kg = n=10; SE >37 kg = n=10) y grupo control (solución salina fisiológica) (CON <36 kg = n=12; CON >37 kg = n=8). Estas fueron separadas de la madre al nacimiento, alojadas individualmente en jaulas previamente lavadas y desinfectadas. La primera ingesta de calostro se realizó dentro de la primera hora de vida (3 L por toma, con una calidad de > 50 mg / mL de IgG) y 6 h después de la primera toma se suministró una segunda con las mismas características (Godden, 2008). En todos los tratamientos se suministraron 430 L de leche entera pasteurizada repartida durante el periodo de la lactancia, que se administró de la siguiente manera, 1-7 d / 6 L, 8-22 d / 8 L, 23-41 d / 10 L, 42-45 d / 12 L, 46-60 d / 2 L, se suministró en dos tomas/día 08:00 y 15:00 h respectivamente. Se ofreció agua a libre acceso durante todo el estudio. El concentrado iniciador (Nuplen supra 380®) se suministró a partir del segundo día de vida diariamente por la mañana y de ser necesario se añadió más por la tarde (Peña-Revuelta *et al.*, 2019).

3.4 Tratamientos

Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: MM=20, SE=20 y CON=20 becerras respectivamente. A las becerras del grupo MM se les suministraron 1.5 mL de una solución inyectable de zinc, manganeso, selenio y cobre, al grupo SE, se le suministró 2 mL de una solución inyectable de selenio mas vitamina B₁₂, el grupo CON se le aplico 1 ml de solución salina fisiologica. Los tratamientos mencionados se aplicaron en el día 0 y 29 de vida.

3.5 Muestreos

Se obtuvo una muestra de sangre de la vena yugular (5 mL en tubos Vacutainer®), de cada animal al nacimiento para obtener un valor de referencia, después se realizaron muestreos sanguíneos nuevamente en el 1, 2, 3, 29,30 y 31 días de vida (Yang *et al.*, 2015).

3.6 Variables

I. Peso: El peso de las becerras fue medido en una báscula ganadera (PG-2000, Torrey®), el pesaje se realizó cada 10 días, desde el nacimiento hasta el término del experimento (día 60) (He *et al.*, Ra).

II. Altura: La altura de las becerras se realizó cada 10 días, desde el hasta el término del experimento (día 60), mediante una cinta de medir (Uline Accu-Lock H-1766), tomando como referencia la altura a la cruz del animal (Ramírez *et al.*, 2008).

III. Consumo diario: El concentrado se ofreció a libre acceso a partir del día 1 de vida y el consumo se obtuvo por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado, diariamente se pesó el sobrante del día anterior en una báscula electrónica digital (L-EQ 5, Torrey®) (Steele *et al.*, 2017).

IV. Transferencia de inmunidad: Las muestras de sangre obtenidas se dejaron coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero (Yang *et al.*, 2015). La lectura de la cantidad de proteína sérica se realizó en un refractómetro (SPER SCIENTIFIC®), la cual se empleó como variable de la transferencia de inmunidad pasiva del calostro hacia las becerras.

V. Salud: Se registraron diariamente los días que permaneció enferma de problemas digestivos, respiratorios y mixtos (González-Avalos, 2019).

3.7 Análisis estadísticos

El análisis estadístico para estimar la ganancia de peso, altura, consumo de concentrado y concentración de proteína sérica iniciador se realizó mediante un análisis de ANOVA y se compararon las medias mediante una prueba de Tukey. Los grupos se registraron las enfermedades para determinar la salud de las becerras, solo se consideraron diarreas y neumonías mediante una chi-cuadrada. El registro se realizó a partir del nacimiento hasta los 60 días de vida. Se utilizó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Esto mediante el programa estadístico SYSTAT 12.

4. RESULTADOS

4.1 Ganancia de peso

En la figura 1 y 2 se muestra la ganancia de peso durante el tiempo de estudio. No existió diferencia significativa en la ganancia de peso total de las becerras nacidas con <36 Kg para el MM, SE y CON fue 35.0 ± 1.9 , 36.3 ± 1.6 y 38.4 ± 1.6 , respectivamente; $P > 0.05$. Así mismo, para las becerras nacidas con >37 kg no existió diferencia significativa el MM, SE y CON fue 36.0 ± 1.6 , 35.7 ± 2.7 y 30.4 ± 4.5 , respectivamente; $P > 0.05$. Los grupos MM y Se independientemente del peso al nacimiento (<36 y >37) tuvieron una ganancia diaria promedio de 600 gr ($P < 0.05$). Mientras el CON las becerras <36 kg al nacimiento tuvieron una ganancia de 640 gr mientras las >37 kg fue de 510 gr ($P < 0.05$).

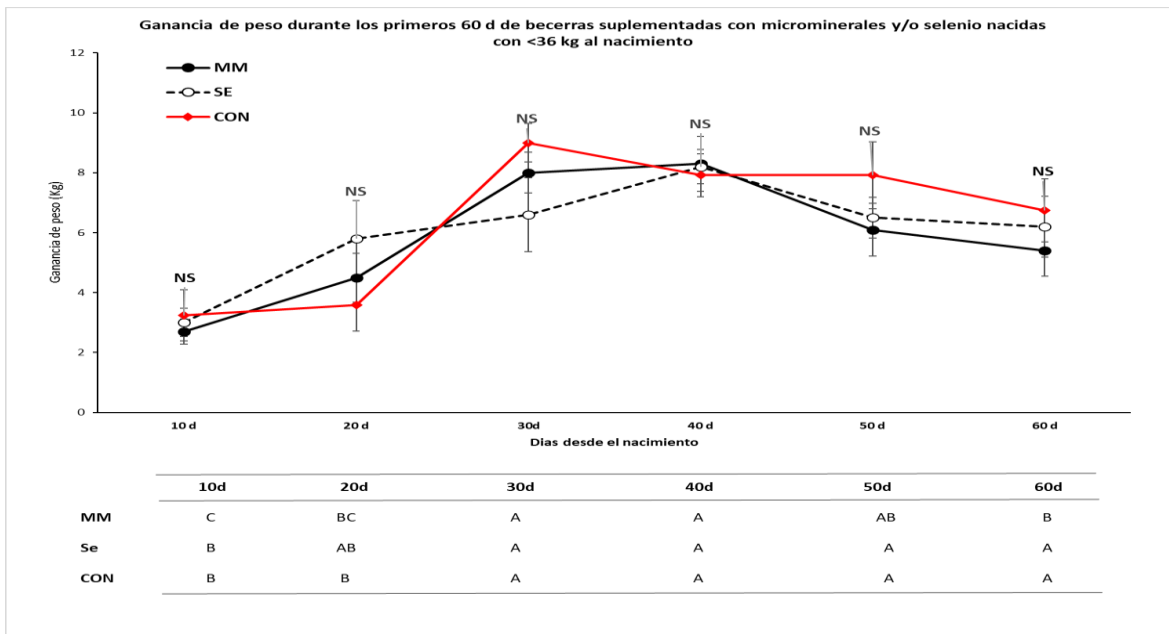


Figura 1. Ganancia de peso vivo (kg) en becerras <36 Kg al nacimiento hasta el destete suplementadas con microminerales (MM), Selenio y vitamina B₁₂ (Se) y control (CON). a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos ($P < 0.05$). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo ($P < 0.05$). NS = No significativo ($P > 0.05$).

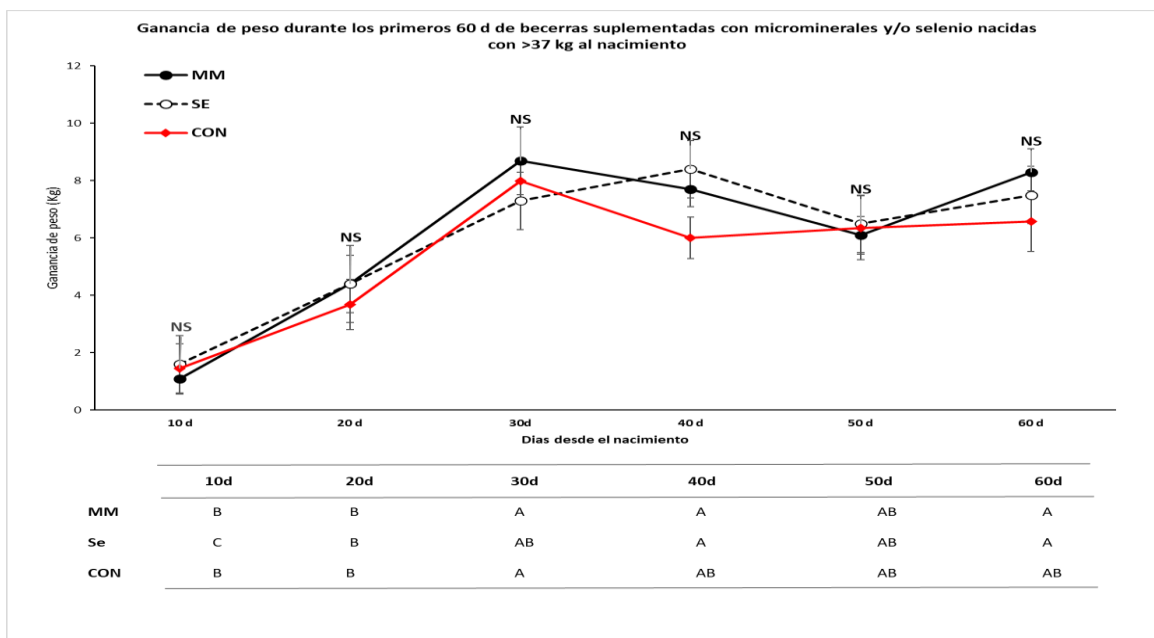


Figura 2. Ganancia de peso vivo (kg) en becerras <36 Kg al nacimiento hasta el destete suplementadas con microminerales (MM), Selenio y vitamina B₁₂ (Se) y control (CON). a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos (P<0.05). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo (P<0.05). NS = No significativo (P>0.05).

4.2 Altura ganada

En la figura 3 y 4 se muestra la altura ganada durante el tiempo de estudio. No existió diferencia significativa en la altura total de las becerras nacidas con <36 Kg para el MM, SE y CON fue 2.3±0.4, 2.1±0.1 y 2.2±0.1 cm, respectivamente; P>0.05. Así mismo, para las becerras nacidas con >37 kg no existió diferencia significativa el MM, SE y CON fue 2.0±0.1, 2.0±0.2 y 2.2±0.1 cm, respectivamente; P>0.05. Los grupos MM y Se con pesos al nacimiento <36 tuvieron una altura promedio diaria de 0.23 cm (P<0.05). Mientras las becerras <37 kg al nacimiento tuvieron una altura promedio de 0.20 cm (P<0.05).

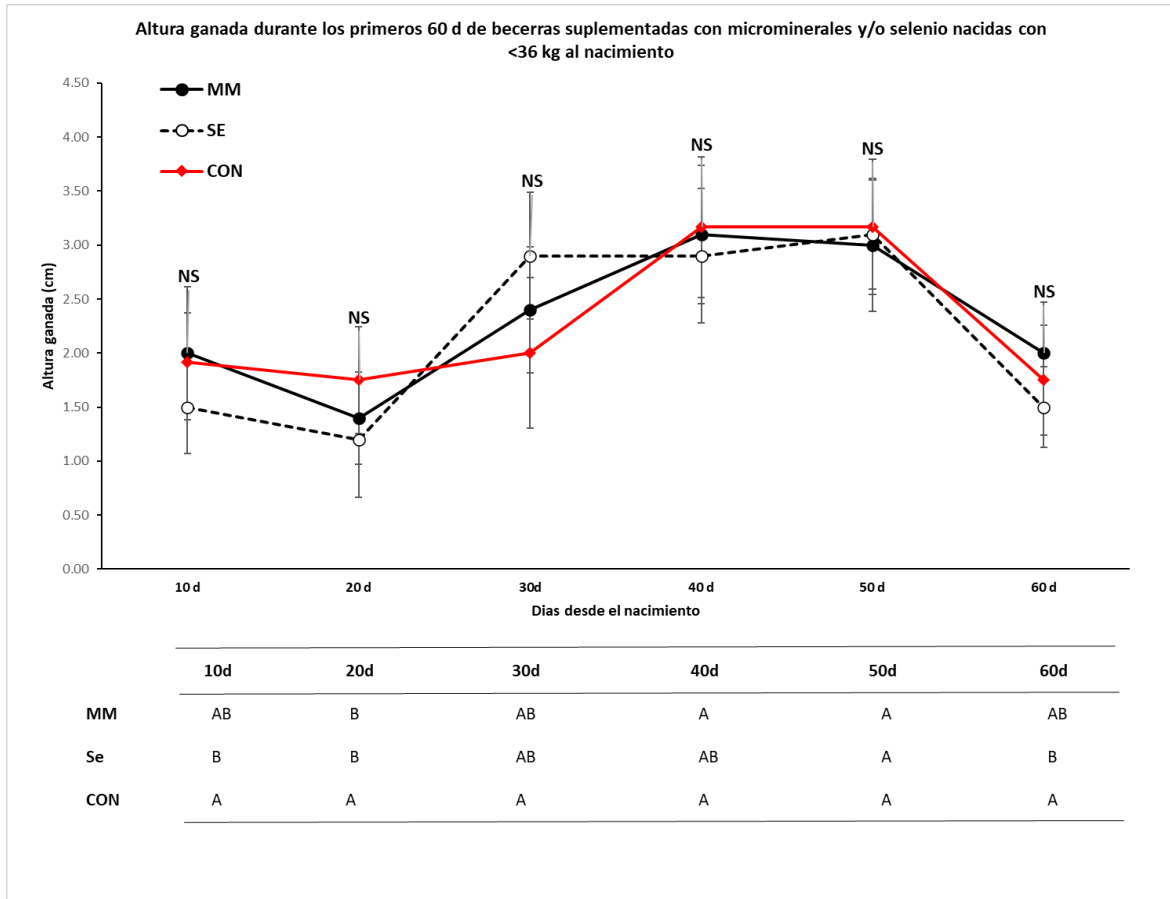


Figura 3. Altura ganada (cm) en becerras <36 Kg al nacimiento hasta el destete suplementadas con microminerales (MM), Selenio y vitamina B₁₂ (Se) y control (CON). a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos (P<0.05). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo (P<0.05). NS = No significativo (P>0.05).

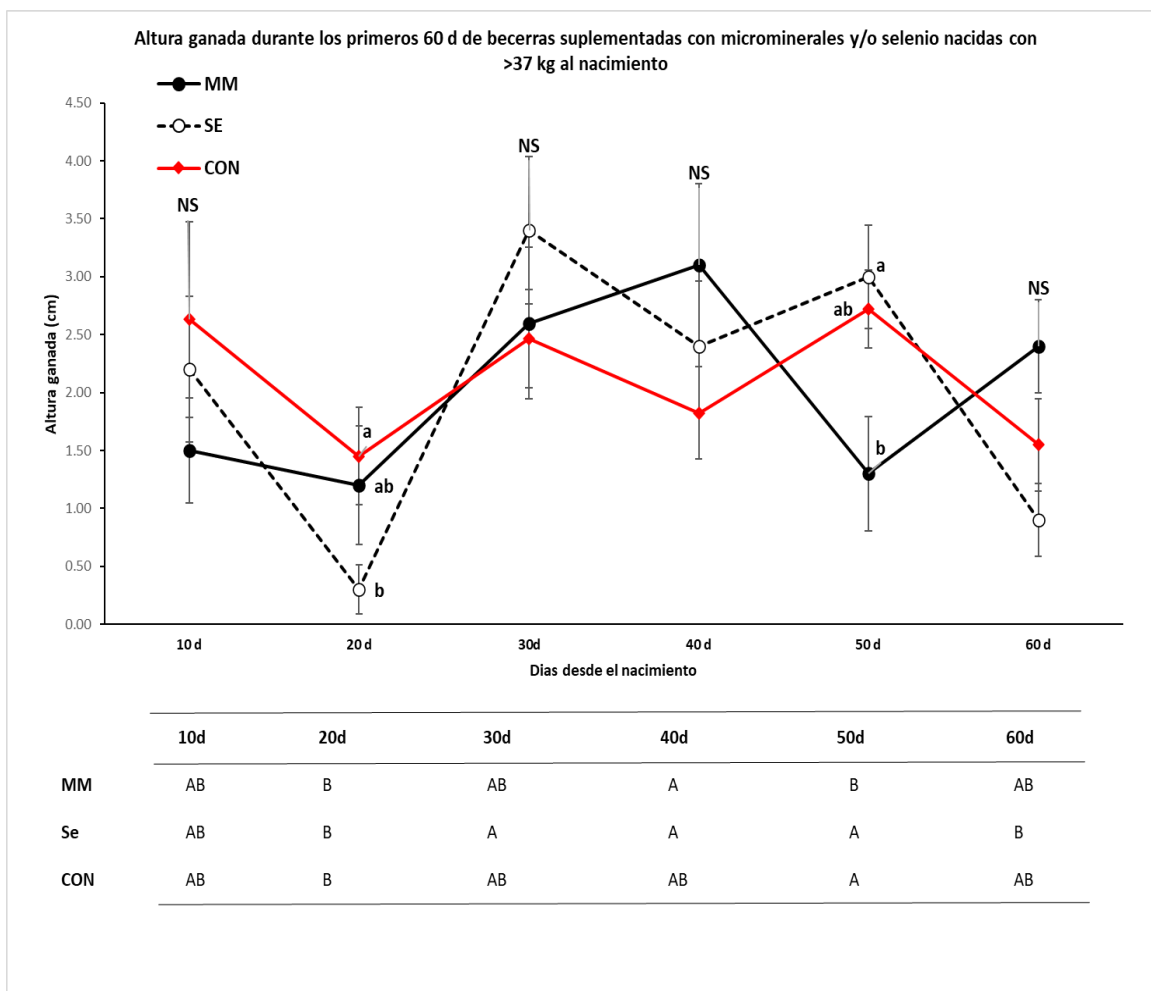


Figura 4. Altura ganada (cm) en becerras >37 Kg al nacimiento hasta el destete suplementadas con microminerales (MM), Selenio y vitamina B₁₂ (Se) y control (CON). a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos (P<0.05). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo (P<0.05). NS = No significativo (P>0.05).

4.3 Consumo de alimento

En la figura 5 y 6 se muestra el consumo de alimento de las becerras durante el tiempo de estudio. Después del día 40 de suplementación se alcanza a observar un aumento significativo en el consumo de alimento en todos los grupos independientemente del peso al nacimiento (<37 o >38 kg). Se alcanzó un mayor

consumo el día 60, seguida del 50 y 40 tanto para animales nacidos <36 y >37 para todos los grupos ($P>0.05$).

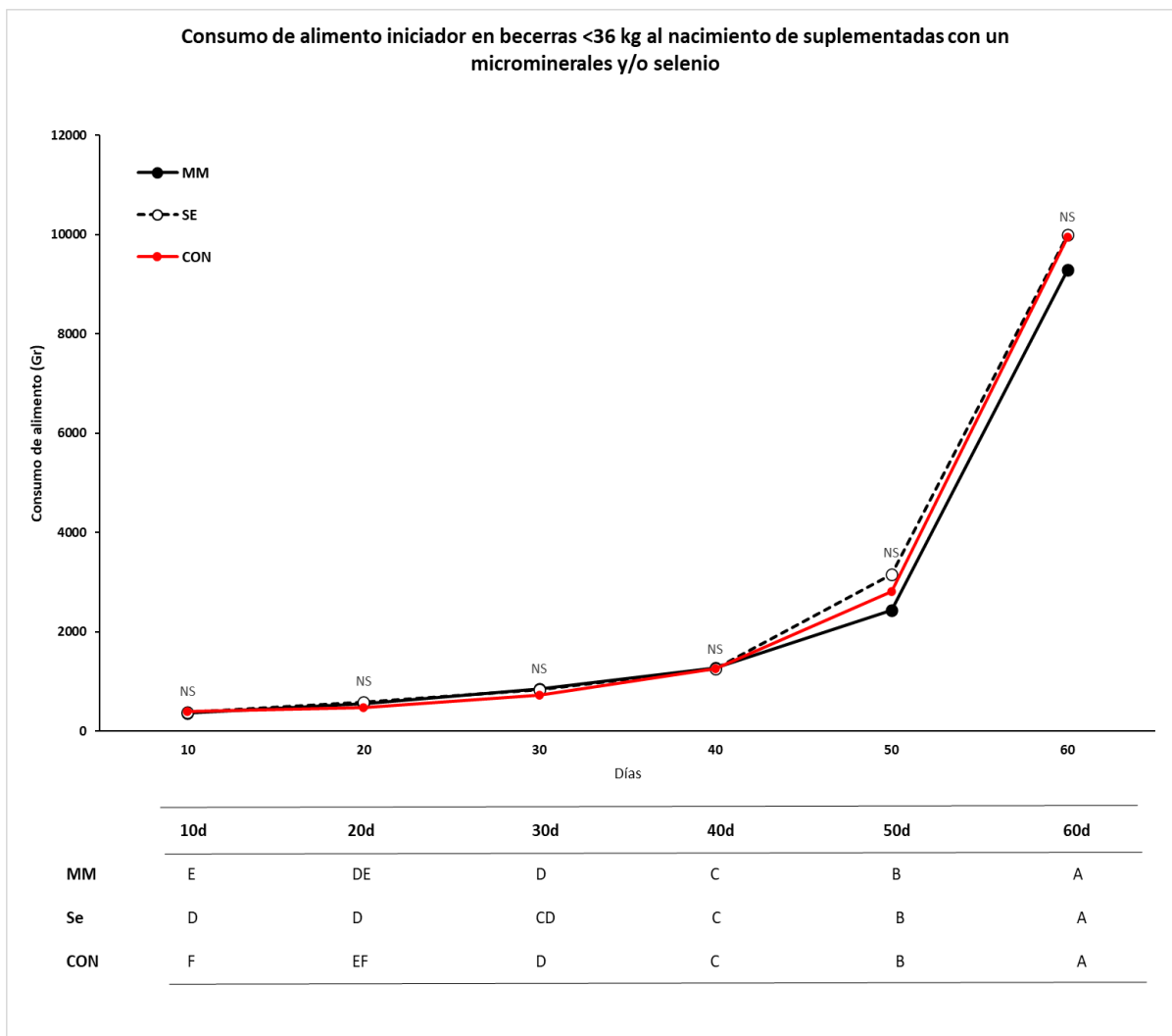


Figura 5. Consumo de alimento (Gramos) en beceras desde el nacimiento hasta el destete en animales <36 kg suplementadas con microminerales (MM) y/o selenio y vitamina B₁₂ (Se). a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos ($P<0.05$). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo ($P<0.05$). NS = No significativo ($P>0.05$).

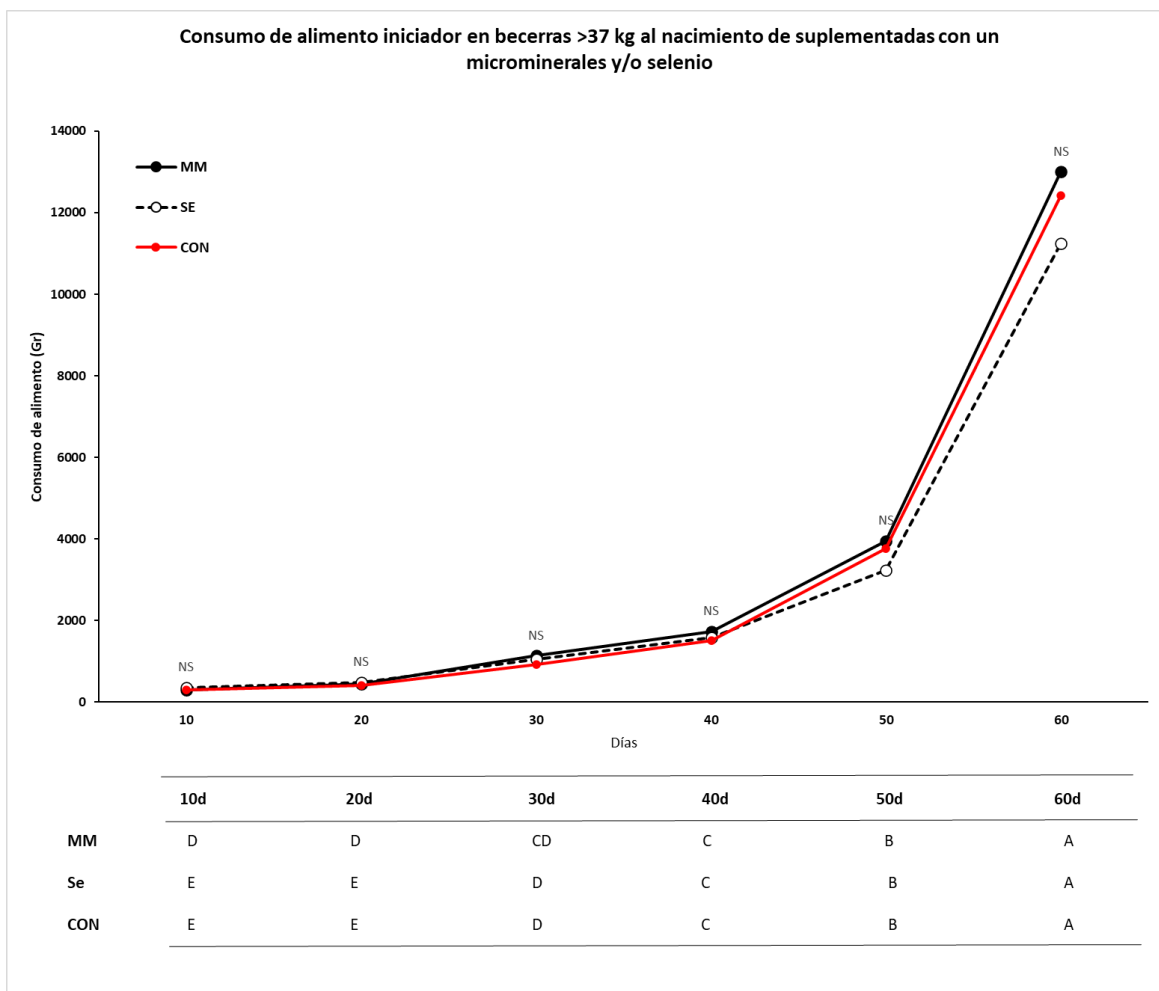


Figura 6. Consumo de alimento (Gramos) en becerras desde el nacimiento hasta el destete en animales >37 kg suplementadas con microminerales (MM) y/o selenio y vitamina B₁₂ (Se). a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos (P<0.05). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo (P<0.05). NS = No significativo (P>0.05).

4.4 Proteína sérica

No existió diferencia significativa entre la medición de proteína sérica realizada al nacimiento, hasta las primeras 72 h de vida en MM, Se y CON. En promedio todos los grupos independientemente del peso al nacimiento (<36 y >37 kg) comenzaron con 6.0 ± 0.1 , a las 24 h aumentaron a 7.4 ± 0.1 (P<0.05) y finalizaron en un rango de 7.2 ± 0.1 a las 72 h (P>0.05; Figura 7); sin embargo, para el MM, Se y

CON a los 29 a 31 días de vida fue de 6.4 ± 0.0 , 6.6 ± 0.0 y 6.6 ± 0.0 , respectivamente ($P > 0.05$).

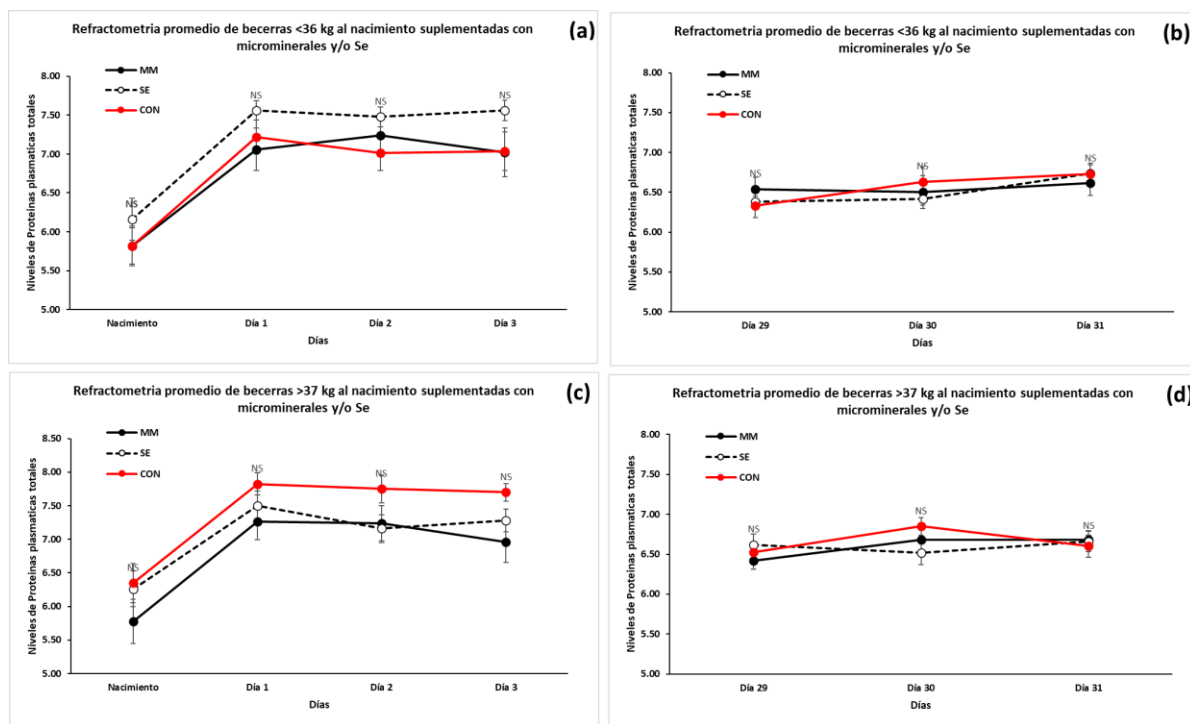


Figura 7. Proteína sérica de beceras suplementadas con microminerales (MM) y/o selenio y vitamina B₁₂ (Se). (a) Becerras <36 kg al nacimiento del nacimiento a los primeros tres días de vida. (b) Becerras <36 kg de los 29 a 31 días de vida. (c) Becerras >37 kg al nacimiento del nacimiento a los primeros tres días de vida. (d) Becerras >37 kg de los 29 a 31 días de vida.

4.5 Incidencia de enfermedades

El registro de enfermedades presentadas en las beceras durante los primeros 60 días se muestran en el Cuadro 2. No se encontró diferencia entre grupos del mismo rango de peso al nacimiento (<37 vs >38 kg; $P > 0.05$). Finalmente, observamos un 100% de algún tipo de enfermedad durante el periodo de estudio independientemente del rango de peso al nacimiento ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Registro de enfermedades en becerras Holstein suplementadas con microminerales y/o selenio y vitamina B₁₂.

Grupos	<36 kg al nacimiento			>37 kg al nacimiento		
	MM <36	SE <36	CON <36	MM >37	SE >37	CON >37
Becerras con diarrea %	100 ^a (10/10)	100 ^a (10/10)	100 ^a (12/12)	100 ^a (10/10)	100 ^a (10/10)	100 ^a (8/8)
Becerras con neumonía %	100 ^a (10/10)	90 ^a (9/10)	91.6 ^a (11/12)	90 ^a (9/10)	100 ^a (10/10)	87.5 ^a (7/8)
Becerras con diarrea + neumonía %	100 ^a (10/10)	90 ^a (9/10)	91.6 ^a (11/12)	90 ^a (9/10)	100 ^a (10/10)	87.50 ^a (7/8)
Total de becerras enfermas %	100 ^a (10/10)	100 ^a (10/10)	100 ^a (12/12)	100 ^a (10/10)	100 ^a (10/10)	100 ^a (8/8)

a, b = difieren estadísticamente entre columnas (P<0.05).

5. DISCUSIÓN

El presente estudio mostró que los respectivos tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa en la ganancia de peso total de las becerras nacidas con <36 y >37 kg para los tratamientos MM, SE y CON, respectivamente; $P > 0.05$. Teixeira *et al.*, (2014) reportó ganancias de peso diarias de 0.778 g/d y 0.784 g/d en un estudio donde se suplementó con minerales: selenio, cobre, zinc y manganeso, en el que la suplementación con microminerales no tuvo un efecto positivo sobre la ganancia diaria promedio, lo cual coincide con los resultados del presente estudio donde se obtuvieron ganancias de peso diarias de 0.600 g/d para los grupos MM y SE independientemente del peso al nacimiento (<36 y >37), y para el grupo CON <36 y >37 kg de peso al nacimiento se reportaron ganancias de 0.640 g/d y 0.510 g/d respectivamente. Por otro lado, se presume que la baja respuesta a la suplementación con selenio es dependiente directamente del estado actual de este mineral en el animal, de acuerdo a lo reportado por Mehdi y Dufrasne (2016). En otro estudio, la ganancia de peso en becerras suplementadas con microminerales no presentaron diferencias estadísticas significativas posiblemente debido a los problemas de salud enfrentados por las mismas en los días 1-45 (Roberts *et al.*, 2016).

No existió diferencia significativa en la altura total de las becerras nacidas con <36 y >37 kg para los tratamientos MM, SE y CON, respectivamente; $P > 0.05$. Hidiroglou y Jenkins (1975) concluyeron que la inyección subcutánea del Se no tuvo un efecto en el rendimiento del crecimiento en becerros neonatos. A su vez Favela-Esquivel

(2015) no encontró alguna diferencia estadística en la variable altura en un estudio donde se suplementaron becerras con Selenio y vitamina B₁₂. Por otro lado, Vedovatto *et al.*, (2019), concluyó que la aplicación de microminerales en becerros no tuvo efecto en el rendimiento del crecimiento, lo cual pudo haber ocurrido debido a que los animales no presentaron una deficiencia de estos.

A partir del día 40 del estudio se comenzó a observar un aumento significativo del consumo de alimento en todos los grupos. La mayor cantidad de consumo se presentó en el día 60, seguido del día 50 y 40 para todos los grupos tanto para animales nacidos <36 y >37 (P>0.05). En este estudio, se redujo la cantidad de leche en el día 46 lo que resultó en un aumento en la ingesta de concentrado. Durante este periodo crítico existen cambios drásticos relacionados con la transición de una dieta líquida a una dieta sólida. (Bordignon *et al.*, 2019). Lo cual coincide con lo reportado por Jensen *et al.*, (2020) donde al administrar una menor cantidad de leche en el día 40, se estimuló la ingesta de concentrado. Quigley (1997) menciona que cuando el consumo de una becerro Holstein llegue a ser de 1 kg/concentrado/día, por dos días consecutivos, se puede realizar el destete. En los valores de proteína serica, se presentaron valores adecuados, de 5.5 en adelante, al momento del nacimiento, 1, 2 y 3 día respectivamente, para todos los grupos tanto para animales nacidos <36 y >37 (P>0.05). Estudios coinciden con los hallazgos encontrados en este estudio, donde la aplicación de microminerales estimuló el sistema inmune en becerras (Teixeira *et al.*, 2014; Soldá *et al.*, 2017). En este sentido, las concentraciones iguales o superiores a 5.2 g/dL, se consideran como un valor de transferencia de inmunidad pasiva adecuada (Calloway *et al.*,

2002). En las primeras semanas de vida las becerras no tienen un sistema inmune completamente funcional, es por ello que a pesar de que se lleve a cabo una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, factores como limpieza deficiente, estrés calórico, manejo inadecuado, entre otros, pueden propiciar situaciones de estrés constante donde el sistema inmune se vea comprometido y con ello dar entrada a infecciones entéricas, respiratorias o mixtas.

En cuanto al registro de enfermedades, se observó un 100% de morbilidad en todos los tratamientos independientemente del rango de peso al nacimiento ($P < 0.05$), resultados similares fueron reportados por diversos autores donde se encontró una morbilidad del 88.23% y 100% respectivamente en becerras Holstein en etapa de lactancia (González-Avalos *et al.*, 2019; Reyes, 2019). En las explotaciones lecheras de EE. UU., las enfermedades respiratorias en bovinos son la segunda enfermedad más frecuente en becerros antes del destete (USDA-APHIS, 2012), esto coincide con los resultados encontrados en este estudio, ya que la mayoría de los problemas presentados fueron los digestivos, seguidos por los problemas respiratorios. Por otro lado, resultados similares reportó (Rocha-Valdez, 2019) donde las altas tasas de morbilidad y mortalidad en becerras neonatas se atribuyen a enfermedades infecciosas y con esto las enfermedades más frecuentes reportadas en becerras son las diarreas y problemas respiratorios. A pesar de contar con una transferencia de inmunidad pasiva adecuada, la morbilidad se presentó de igual manera en todos los tratamientos. Con base en esto, la transferencia de inmunidad pasiva adecuada y la suplementación con microminerales y/o selenio y vitamina B₁₂, no asegura la protección del neonato ante diferentes agentes

infecciosos, por lo que se recomienda implementar diversas estrategias para identificar los puntos críticos que pudieran llevar a finalizar animales sanos con un buen desarrollo.

6. CONCLUSIÓN

El uso microminerales y/o selenio mas vitamina B₁₂ como promotores del desarrollo no influyo sobre la ganancia de peso, transferencia de inmunidad pasiva e incidencia de enfermedades en becerras Holstein Friesian.

7. LITERATURA CITADA

- Arshad, M. A., Ebeid, H. M., Hassan, F. (2020). Revisiting the Effects of Different Dietary Sources of Selenium on the Health and Performance of Dairy Animals: a Review. *Biological Trace Element Research*.
- Arthur, G. H., Nokes, D. E. (1996). *Pregnancy and parturition in veterinary reproduction and obstetrics*. (7th edition) Pearson H, editors. Philadelphia: W.B. Saunders, 51-109.
- Atkinson, B. A., King, G. J., Amoroso, E. C. (1984). Development of the caruncular and intercaruncular regions in the bovine endometrium. *Biology of Reproduction*, 30(3), 763-774.
- Bateman, H. G., Hill, T. M., Aldrich, J. M., Schlotterbeck, R. L., Firkins, J. L. (2012). Meta-analysis of the effect of initial serum protein concentration and empirical prediction model for growth of neonatal Holstein calves through 8 weeks of age. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 363-369.
- Baumrucker, C. R., Albrecht, C. (2014). Biological transport across cellular structures. Preface. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 1-2.
- Baumrucker, C. R., Bruckmaier, R. M. (2014). Colostrogenesis: IgG1 Transcytosis Mechanisms. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 103-117.
- Bechdel, S. I., Eckles, C. H., Palmer, L. S. (1926). The vitamin B requirement of the calf. *Journal of Dairy Science*, 9, 409-438.

- Bittrich, S., Philipona, C., Hammon, H. M., Romé, V., Guilloteau, P., Blum, J. W. (2004). Preterm as Compared with Full-Term Neonatal Calves Are Characterized by Morphological and Functional Immaturity of the Small Intestine. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1786-1795.
- Blättler, U., Hammon, H. M., Morel, C., Philipona, C., Rauprich, A., Romé, V., Blum, J. W. (2001). Feeding Colostrum, Its Composition and Feeding Duration Variably Modify Proliferation and Morphology of the Intestine and Digestive Enzyme Activities of Neonatal Calves. *The Journal of Nutrition*, 131(4), 1256-1263.
- Blum, J. W. (2006). Nutritional physiology of neonatal calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90(1-2), 1-11.
- Bonaventura, P., Benedetti, G., Albarède, F., Miossec, P. (2015). Zinc and its role in immunity and inflammation. *Autoimmunity Reviews*, 14(4), 277-285.
- Bordignon, R., Volpato, A., Glombowsky, P., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Secco, R., Wanderson, A. B., Pereirad, M., Leale, L. R., Vedovattof, M., da Silva, A. S. (2019). Nutraceutical effect of vitamins and minerals on performance and immune and antioxidant systems in dairy calves during the nutritional transition period in summer. *Journal of Thermal Biology*.
- Brett, K., Ferraro, Z., Yockell-Lelievre, J., Gruslin, A., Adamo, K. (2014). Maternal-Fetal Nutrient Transport in Pregnancy Pathologies: The Role of the Placenta. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(9), 16153-16185.

- Brewer, K., Maylin, G. A., Fenger, C. K., Tobin, T. (2016). Cobalt use and regulation in horseracing: a review. *Comparative Exercise Physiology*, 12(1), 1-10.
- Bridger, P. S., Menge, C., Leiser, R., Tinneberg, H.-R., Pfarrer, C. D. (2007). Bovine Caruncular Epithelial Cell Line (BCEC-1) Isolated from the Placenta Forms a Functional Epithelial Barrier in a Polarised Cell Culture Model. *Placenta*, 28(11-12), 1110-1117.
- Buczinski, S., Fecteau, G., Chigerwe, M., Vandeweerd, J. M. (2016). Diagnostic accuracy of refractometer and Brix refractometer to assess failure of passive transfer in calves: protocol for a systematic review and meta-analysis. *Animal Health Research Reviews*, 17(01), 3-8.
- Bühler, C., Hammon, H., Rossi, G. L., Blum, J. W. (1998). Small intestinal morphology in eight-day-old calves fed colostrum for different durations or only milk replacer and treated with long-R3-insulin-like growth factor I and growth hormone. *Journal of Animal Science*, 76(3), 758.
- Butler, J. E. (1994). Passive immunity and immunoglobulin diversity. In *Indigenous Antimicrobial Agents of Milk-recent Developments*. IDF Special Issue 9404 4, pp. 14-50.
- Calloway, C. D., Tyler, J. W., Tessman, R. K., Hostetler, D., Holle, J. (2002). Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221(11), 1605-1608.

- Carroll, J. A., Forsberg, N. E. (2007). Influence of Stress and Nutrition on Cattle Immunity. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(1), 105-149.
- Chan, S., Gerson, B., Subramaniam, S. (1998). The role of copper, molybdenum, selenium, and zinc in nutrition and health. *Clinics in Laboratory Medicine*. Dec;18(4):673-85. PMID: 9891606.
- Chigerwe, M., Tyler, J. W., Middleton, J. R., Spain, J. N., Dill, J. S., Steevens, B. J. (2008). Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 233(5), 761-766.
- Chuck, G. M., Mansell, P. D., Stevenson, M. A., Izzo, M. M. (2018). Early-life events associated with first-lactation performance in pasture-based dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3488-3500.
- Ciria, C. J., Villanueva, M. R., Garcíadelatorre, J. (2005). Avances en nutrición mineral en ganado bovino. IX Seminario de Pastos y Forrajes, 50-69.
- Collet, S. G., Demeda, M. A., Taffarel, G. V., Taffarel, L., Girardini, L. K., Nesi, C. N., do Rego Leal, M. L. (2017). Effect of injectable trace mineral supplement and vitamins A and E on production and milk composition of Holstein cows. *Revista de Ciências Agroveterinárias, (Journal of Agroveterinary Sciences)*, 16, 463-472.
- Coverdale, J.A., H.D. Tyler, J.D. Quigley, J.A. Brumm. (2004). Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *Journal of Dairy Science*, 87, 2554-2562.

- Cruz-Monterrosa, R. G., Ramírez-Bribiesca, E., Cobos-Peralta, M. A., Revilla-Vázquez, A. L., Crosby-Galván, M. M., Cordero-Mora, J. L. (2011). Disponibilidad de selenio complementado con selenito de sodio y selenometionina en corderos. *Revista Científica*, XXI(1),31-38.[fecha de Consulta 28 de Mayo de 2021]. ISSN: 0798-2259. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918054006>
- Cuttance, E., Mason, W., Laven, R., McDermott, J., Phyn, C. (2017). Prevalence and calf-level risk factors for failure of passive transfer in dairy calves in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 65(6), 297-304.
- Dercksen, D. P., Counotte, G. H., Hazebroek, M. K., Arts, W., van Rijn, T. (2007). Selenium requirements of dairy goats [Article in Dutch]. *Tijdschr Diergeneeskd*, 132: 468-471.
- Dubiski, P. L. (1992). Ph.D. Thesis. Oklahoma State University; Stillwater, OK, USA. B-Vitamins for Cattle: Availability, Plasma Levels, and Immunity.
- Edens, F. W., Sefton, A. E. (2016). Organic selenium in animal nutrition – utilisation, metabolism, storage and comparison with other selenium sources. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 4.
- Effraimidis, G., Wiersinga, W. M. (2014). Mechanisms in endocrinology: Autoimmune thyroid disease: old and new players. *European Journal of Endocrinology*, 170(6), R241-R252.
- El Hendy, H. (2001). Effect of dietary zinc deficiency on hematological and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in growing rats. *Toxicology*, 167(2), 163-170.

- Elizondo-Salazar, J. A., Heinrichs, A. J. (2009). Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 4565-4571.
- Elizondo-Salazar, J. A., Monge-Rojas, C. R. (2019). Consumo de alimento balanceado en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta las ocho semanas de edad. *Nutrición Animal Tropical*, 13(2): 58-75.
- Elsohaby, I., McClure, J. T., Keefe, G. P. (2015). Evaluation of Digital and Optical Refractometers for Assessing Failure of Transfer of Passive Immunity in Dairy Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29(2), 721-726.
- Enjalbert, F. (2009). The relationship between trace elements status and health in calves. *Revue de Médecine Vétérinaire –Toulouse*, 160 (8-9):429-435.
- Ensley, S. (2020). Evaluating Mineral Status in Ruminant Livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*.
- Eulogio, G. L. J., Hugo, C. V., Antonio, C. N., Alejandro C. I., Juan M. Q. (2012). Effects of the selenium and vitamin E in the production, physicochemical composition and somatic cell count in milk of Ayrshire cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 687-691.
- Faber, S. N., Faber, N. E., McCauley, T. C. (2005). Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Applied Animal Scientist*, 21, 420-425.
- Fang, H., Kang, J., Zhang, D. (2017). Microbial production of vitamin B12: a review and future perspectives. *Microbial Cell Factories*, 16(1).

- FASS. (2010). Guide for the care and use of agricultural animals in agricultural research and teaching (Federation Animal Science Society (ed.); 3rd Edition).
- Favela-Esquivel, N. (2015). Efecto del selenio y vitamina b12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerras lecheras holstein friesland. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Fedosov, S. N. (2012). Physiological and Molecular Aspects of Cobalamin Transport. *Water Soluble Vitamins*, 347-367.
- Filappi, A., Prestes, D., Cecim, M. (2007). Suplementação mineral para bovinos de corte sob pastejo. *REVISÃO, Veterinária Notícias* , 11(2). Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/18660>
- Firth, J. A., Leach, L. (1996). Not trophoblast alone: A review of the contribution of the fetal microvasculature to transplacental exchange. *Placenta*, 17(2-3), 89-96.
- Foley, J. A., Otterby, D. E. (1978). Availability, Storage, Treatment, Composition, and Feeding Value of Surplus Colostrum: A Review. *Journal of Dairy Science*, 61(8), 1033-1060.
- Fonty, G., Gouet, P., Jouany, J. P., Senaud, J. (1987). Establishment of the microflora and anaerobic fungi in the rumen of lambs. *Microbiology*, 133,1835-1843.
- Fordyce, F. M. (2012). Selenium Deficiency and Toxicity in the Environment. *Essentials of Medical Geology*, 375-416.

- Foster, D. M., Smith, G. W., Sanner, T. R., Busso, G. V. (2006). Serum IgG and total protein concentrations in dairy calves fed two colostrum replacement products. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229(8), 1282-1285.
- Gapper, L. W., Copestake, D. E. J., Otter, D. E., Indyk, H. E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389(1), 93-109.
- Gelsinger, S. L., Heinrichs, A. J. (2017). Comparison of immune responses in calves fed heat-treated or unheated colostrum. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 4090-4101.
- Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 19-39.
- Goff, J. P. (2000). Determining the mineral requirement of dairy cattle; Proceedings of the 11th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida; Gainesville, FL, USA. 13-14, 106-132.
- Goff, J. P. (2018). Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2763-2813.
- González-Avalos, R., Rodríguez-Dimas, N., Peña-Revuelta, B. P., González-Avalos, J., Rodríguez-Hernández, K. (2019). Morbilidad y mortalidad en becerras Holstein alimentadas con leche entera adicionada con extracto de plantas medicinales. *Ciencia e Innovación*, 2 (1), 261-272 Universidad Galileo Galilei Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

- Grashius, J., Lehr, J. J., Beuvery, L. L. E., Beuvery-Asman, A. (1953). Mangan deficiency in beef cattle. Communication from the d'Institutuit for Modern Animal Nutrition "De Schothorst" at Hoogland, 19-53.
- Guzman, C. E., Bereza-Malcolm, L. T., De-Groef, B., Franks, A. E. (2015). Presence of selected methanogens, fibrolytic bacteria, and proteobacteria in the gastrointestinal tract of neonatal dairy calves from birth to 72 hours. PLoS One, 10(7).
- Hammon, H. M., Zanker, I. A., Blum, J. W. (2000). Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. Journal of Dairy Science, 83, 85-92.
- Hawkes, W. C., Alkan, Z. (2010). Regulation of Redox Signaling by Selenoproteins. Biological Trace Element Research, 134(3), 235-251.
- He, Z. X., Ferlisi, B., Eckert, E., Brown, H. E., Aguilar, A., Steele, M. A. (2017). Supplementing a yeast probiotic to pre-weaning Holstein calves: Feed intake, growth and fecal biomarkers of gut health. Animal Feed Science and Technology, 226, 81-87.
- Hefnawy, A. E. G., Tórtora-Pérez, J. L. (2010). The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. Small Ruminant Research, 89(2-3), 185-192.
- Herdt, T. H., Hoff, B. (2011). The Use of Blood Analysis to Evaluate Trace Mineral Status in Ruminant Livestock. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 27(2), 255-283.

- Hernandez, D., Nydam, D. V., Godden, S. M., Bristol, L. S., Kryzer, A., Ranum, J., Schaefer, D. (2016). Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves. *The Veterinary Journal*, 211, 82-87.
- Hickson, R. E., Back, P. J., Martin, N. P., Kenyon, P. R., Morris, S. T. (2016). The influence of age and breed of cow on colostrum indicators of suckled beef calves. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 76, 163-168.
- Homerovsky, E. R., Timsit, E., Pajor, E. A., Kastelic, J. P., Windeyer, M. C. (2017). Predictors and impacts of colostrum consumption by 4 h after birth in newborn beef calves. *The Veterinary Journal*, 228, 1-6.
- Howes, A. D., Dyer, I. A. (1971). Diet and Supplemental Mineral Effects on Manganese Metabolism in Newborn Calves. *Journal of Animal Science*, 32(1), 141-145.
- Hu, C. H., Xiao, K., Song, J., Luan, Z. S. (2013). Effects of zinc oxide supported on zeolite on growth performance, intestinal microflora and permeability, and cytokines expression of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 181(1-4), 65-71.
- Hulbert, L. E., Moisé, S. J. (2016). Stress, immunity, and the management of calves 1. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 3199-3216.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05009. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/20>.

- Ip, C., Hayes, C. (1989). Tissue selenium levels in selenium-supplemented rats and their relevance in mammary cancer protection. *Carcinogenesis*, 10(5), 921-925.
- Jensen, M. B., Jensen, A., Vestergaard, M. (2020). The effect of milk feeding strategy and restriction of meal patterning on behavior, solid feed intake, and growth performance of male dairy calves fed via computer-controlled milk feeders. *Journal of Dairy Science*.
- Juniper, D. T., Rymer, C., Briens, M. (2019). Bioefficacy of hydroxy-selenomethionine as a selenium supplement in pregnant dairy heifers and on the selenium status of their calves. *Journal of Dairy Science*.
- Kamada, H., Nonaka, I., Ueda, Y., Murai, M. (2007). Selenium Addition to Colostrum Increases Immunoglobulin G Absorption by Newborn Calves. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5665-5670.
- Kessler, J. (1993). Carence en sélénium chez les ruminants: Mesures prophylactiques. *Rev. Suisse Agric.* 25, 21-26.
- Klein-Jöbstl, D., Schornsteiner, E., Mann, E., Wagner, M., Drillich, M., Schmitz-Esser, S. (2014). Pyrosequencing reveals diverse fecal microbiota in Simmental calves during early development. *Frontiers in Microbiology*, 5.
- Koldovský, O. (1989). Search for role of milk-borne biologically active peptides for the suckling. *The Journal of Nutrition*, 119, 1543-1551.
- Korhonen, H., Marnila, P., Gill, H. S. (2000). Milk immunoglobulins and complement factors. *British Journal of Nutrition*, 84(S1).

- Lager, S., Powell, T. L. (2012). Regulation of Nutrient Transport across the Placenta. *Journal of Pregnancy*,1-14.
- Lardy, G., Kerley, M. S., Patterson, J. A. (1992). Retention of metal proteinates by lambs. *Journal of Animal Science*. 70(Suppl. 1),314. (Abstr.).
- Larson, B. L., Heary, H. L., Devery, J. E. (1980). Immunoglobulin Production and Transport by the Mammary Gland. *Journal of Dairy Science*, 63(4), 665-671.
- Lehmann, M., Regland, B., Blennow, K., Gottfries, C. G. (2003). Vitamin B12-B6-Folate Treatment Improves Blood-Brain Barrier Function in Patients with Hyperhomocysteinaemia and Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 16(3), 145-150.
- McDowell, L. R. (2000). Vitamin B12. *Vitamins in Animal and Human Nutrition*, 2nd edn. Iowa State University Press, Ames, IA, pp. 523-563
- McGuirk, S. M. (2005). Herd-based testing for young stock, in: *Proceedings of 38th Annual Meeting of the American Association of Bovine Practitioners*. Salt Lake City, USA, 146-148.
- McGuirk, S. M. (2008). Disease Management of Dairy Calves and Heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 139-153.
- McGuirk, S. M. Ruegg, P. (2011). Calf Diseases and Prevention. *Extensión*. University of Wisconsin-Madison. <https://articles.extension.org/pages/15695/calf-diseases-and-prevention#top>

- McGuirk, S. M., Collins, M. (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 593-603.
- McKenzie, R. C., Arthur, J. R., Beckett, G. J. (2002). Selenium and the Regulation of Cell Signaling, Growth, and Survival: Molecular and Mechanistic Aspects. *Antioxidants Redox Signaling*, 4(2), 339-351.
- Meganck, V., Hoflack, G., Opsomer, G. (2014). Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea: a systematical review with emphasis on colostrum management and fluid therapy. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56(1).
- Mehdi, Y., Dufrasne, I. (2016). Selenium in Cattle: A Review. *Molecules*, 21(4), 545.
- Mehra, R., Marnila, P., Korhonen, H. (2006). Milk immunoglobulins for health promotion. *International Dairy Journal*, 16(11), 1262-1271.
- Miller, J., Wentworth, J., McCullough, M. E. (2020). Effects of Various Factors on Vitamin B12 Content of Cows' Milk. [(accessed on 20 April 2021)]; Available online: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf60145a006>
- Morales-López, R., García-Morales, A. R., Rosiles-Martínez, R. (2001). Correlación del contenido de selenio en el alimento con el de la yema de huevo en gallinas de postura. *Veterinaria México*, 32(3),225-227.[fecha de Consulta 28 de Mayo de 2021]. ISSN: 0301-5092. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42332310>

- Moreda-Piñeiro, J., Moreda-Piñeiro, A., Bermejo-Barrera, P. (2015). In vivo and in vitro testing for selenium and selenium compounds bioavailability assessment in foodstuff. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 805-833.
- Morris, A. L., Mohiuddin, S.S. (2021). *Biochemistry, Nutrients*. [Updated 2021 May 12]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554545/>
- Mulrenan, F. (1999). Formulación de selenio para alimentos avícolas. *Feeding Times*. 3:16-18. 2. Scott ML, Nesheim MC, Young RJ. *Nutrition of the chicken*. 3rd ed. Ithaca (NY): M.L. Scott Associates.
- Muth, O. H., Oldfield, J. E., Remmert, I. F., Schubert, J. R. (1958). Effects of Selenium and Vitamin E on White Muscle Disease. *Science*, 128(3331), 1090-1090.
- National Animal Health Monitoring System (NAHMS). (1996). National dairy health evaluation project. Dairy heifer morbidity, mortality, and health management focusing on preweaned heifers. Ft. Collins (CO): USDA-APHIS Veterinary Services; 1996.
- National Academy of Medicine (NAM). (2002). *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. (Harlan Mexico (ed.); 1st ed). National Academy of Medicine, Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International.
- National Research Council (NRC). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Seventh Revised Edition; National Academy Press: Washington, DC, USA.

- Nemati, M., Amanlou, H., Khorvash, M., Moshiri, B., Mirzaei, M., Khan, M. A., Ghaffari, M. H. (2015). Rumen fermentation, blood metabolites, and growth performance of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of dietary level and particle size of alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7131-7141.
- Niederman, C. N., Blodgett, D., Eversole, D., Schurig G. G., Thatcher, C.D. (1994). Effect of copper and iron on neutrophil function and humoral immunity of gestating beef cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 204, 1796-1800.
- Nocek, J. E., Braund, D. G., Warner, R. G. (1984). Influence of Neonatal Colostrum Administration, Immunoglobulin, and Continued Feeding of Colostrum on Calf Gain, Health, and Serum Protein. *Journal of Dairy Science*, 67(2), 319-333.
- Nockels, C. F. (1994). Micronutrients and the immune response. In: *Montana Nutrition Conference Proceedings*. Bozeman, Montana.
- Nockels, C. F., DeBonis, J., Torrent, J. (1993). Stress induction affects copper and zinc balance in calves fed organic and inorganic copper and zinc sources. *Journal of Animal Science*, 71(9), 2539-2545.
- Ontsouka, E. C., Albrecht, C. (2014). Cholesterol Transport and Regulation in the Mammary Gland. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 43-58.
- Ontsouka, E. C., Albrecht, C., Bruckmaier, R. M. (2016). Invited review: Growth-promoting effects of colostrum in calves based on interaction with intestinal cell surface receptors and receptor-like transporters. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4111-4123.

- Orth, K., Knoefel, W., van Griensven, M., Matuschek, C., Peiper, M., Schruppf, H., Schauer, M. (2013). Preventively enteral application of immunoglobulin enriched colostrums milk can modulate postoperative inflammatory response. *European Journal of Medical Research*, 18(1), 50.
- Osorio, J. S. (2020). Gut health, stress, and immunity in neonatal dairy calves: the host side of hostpathogen interactions. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(105), 1-15.
- Oteiza, P. I., Mackenzie, G. G. (2005). Zinc, oxidant-triggered cell signaling, and human health. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(4-5), 245-255.
- Pagnoncelli, M. G. B., de Melo Pereira, G. V., Fernandes, M. J., Tanobe, V. O. A., Soccol, C. R. (2017). Milk Immunoglobulins and Their Implications for Health Promotion. *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*, 87-96.
- Parmar, S. C., Khasatiya, C. T., Chaudhary, J. K., Patel, R. V., Dhamsaniya, H. B. (2015). Serum metabolic and minerals profile in norgestomet primed postpartum anestrous surti buffaloes. *Veterinary World*, 8(5), 625-630.
- Peña-Revuelta, B. P., González-Avalos, R., Rocha-Valdéz, J. L., González-Avalos, J., Rodríguez-Hernández, K. (2019). Efecto de la alimentación de becerras Holstein suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en: morbilidad y mortalidad. *Ciencia e innovación*, 2 (1), 247-257, Universidad Galileo Galilei Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Peña-Revuelta, B. P., González-Avalos, R., Rocha-Valdéz, J. L., González-Avalos, J., Macías-Ortiz, E. J. (2020). Costos de alimentación en becerras Holstein

suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en leche entera. Revista mexicana de agronegocios, 21 (40), 561-569, Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C., Torreón, México.

Petrie, H. T., Klassen, L. W., Klassen, P. S., O'Dell, J. R., Kay, H. D. (1989). Selenium and the Immune Response: 2. Enhancement of Murine Cytotoxic T-Lymphocyte and Natural Killer Cell Cytotoxicity In Vivo. *Journal of Leukocyte Biology*, 45(3), 215-220.

Quigley, J. D. (1997). Replacement heifers from birth to weaning. Western dairy management conference. March 13-15, Las Vegas, Nevada, USA, 23-34.

Quigley, J. D., Drewry, J. J. (1998). Nutrient and Immunity Transfer from Cow to Calf Pre- and Postcalving. *Journal of Dairy Science*, 81(10), 2779-2790.

Raboisson, D., Trillat, P., Cahuzac, C. (2016). Failure of Passive Immune Transfer in Calves: A Meta-Analysis on the Consequences and Assessment of the Economic Impact. *PLOS ONE*, 11(3), e0150452. Raising Dairy Heifers. USDA-APHIS-VS, CEAH, National Animal Health Monitoring System (NAHMS), Fort Collins, CO. #613.1012.

Ram, P. K., Singh, S. K., Srivastava, A., Kumar, G., Jaiswal, A. K., Yadav, B., Garg, S. K. (2020). Effects of Injectable Trace Minerals (ITMs) on Th1/Th2 Cytokine Balance of Newborn Calves with Tropical Theileriosis. *Biological Trace Element Research*.

Ramírez, J. L., Quiriagua, A., Rodríguez, T., Torres, Y. (2008). Evaluación del peso vivo estimado con el uso de medidas corporales de becerros de doble propósito. *Revista Científica UDO Agrícola* 8 (1): 132-137.

- Ramírez-Bribiesca, J. E., Tórtora, J. L., Hernández, L. M., Huerta, M. (2001). Main causes of mortalities in dairy goat kids from the Mexican plateau. *Small Ruminant Research*, 41(1), 77-80.
- Ramírez-Bribiesca, J., Tórtora, J., Huerta, M., Aguirre, A., Hernández, L. (2001). Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican plateau. *Small Ruminant Research*, 41(1), 81-85.
- Reyes, R. A. (2019). Morbilidad de diarreas en becerras lecheras y su efecto en su desarrollo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Rink, L. (2000). Zinc and the immune system. *Proc. Nutr. Soc.* 59, 541-552.
- Rizzo, G., Laganà, A. S. (2020). *Molecular Nutrition*. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: A review of vitamin B₁₂; pp. 105-129.
- Roberts, S. L., May, N. D., Brauer, C. L., Gentry, W. W., Weiss, C. P., Jennings, J. S., Richeson, J. T. (2016). Effect of injectable trace mineral administration on health, performance, and vaccine response of newly received feedlot cattle. *The Professional Animal Scientist*, 32(6), 842-848.
- Robison, J. D., Stott, G. H., DeNise, S. K. (1988). Effects of Passive Immunity on Growth and Survival in the Dairy Heifer. *Journal of Dairy Science*, 71(5), 1283-1287.
- Rocha-Valdez, J., González-Avalos, R., Avila-Cisneros, R., Peña-Revuelta, B., Reyes-Romero, A. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico veterinario*, 9, 1-7.

- Rojas, M. A., Dyer, I. A., Cassatt, W. A. (1965). Manganese Deficiency in the Bovine. *Journal of Animal Science*, 24(3), 664-667.
- Rosemary, H. N. (1990). Selenium. In: *Heavy Metals in Soils*. Alloway, (ed.). Blackie, Glasgow and London, 237-260.
- Rucker, R. B., Fascetti, A. J., Keen, C. L. (2008). Trace Minerals. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 663-693.
- Salamanca, A. (2010). Suplementacion de minerales en la produccion bovina. REDVET, *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11 (9), 1-10 Veterinaria Organización Málaga, España.
- Sander, E. G., Warner, R. G., Harrison, H. N., Loosli, J. K. (1959). The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *Journal of Dairy Science*, 42, 1600-1605.
- Sasaki, M., Davis, C. L., Larson, B. L. (1977). Immunoglobulin IgG1 Metabolism in New Born Calves. *Journal of Dairy Science*, 60(4), 623-626.
- Schlafer, D., Fisher, P., Davies, C. (2000). The bovine placenta before and after birth: placental development and function in health and disease. *Animal Reproduction Science*, 60-61, 145-160.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C., Young, R. J. (1982). *Nutrition of the Chicken*. 3rd Ed. M. L. Scott Associates, Ithaca, NY.
- Shay, N. F., Mangian, H. F. (2000). Neurobiology of Zinc-Influenced Eating Behavior. *The Journal of Nutrition*, 130(5), 1493S-1499S.

- Shi, L., Yue, W., Zhang, C., Ren, Y., Zhu, X., Wang, Q., Lei, F. (2010). Effects of maternal and dietary selenium (Se-enriched yeast) on oxidative status in testis and apoptosis of germ cells during spermatogenesis of their offspring in goats. *Animal Reproduction Science*, 119(3-4), 212-218.
- Smith, A. D., Warren, M. J., Refsum, H. (2018). Vitamin B 12. *New Research and Developments of Water-Soluble Vitamins*, 215-279.
- Soldá, N. M., Glombowsky, P., Campigotto, G., Bottari, N. B., Schetinger, M. R. C., Morsch, V. M., Favero, J. F., Baldissera, M. D., Schogor, A. L. B., Barreta, D., Machado, G., da Silva, A. S. (2017). Injectable mineral supplementation to transition period dairy cows and its effects on animal health. *Comparative Clinical Pathology*, 26(2), 335-342.
- Sordillo, L. M. (2013). Selenium-Dependent Regulation of Oxidative Stress and Immunity in Periparturient Dairy Cattle. *Veterinary Medicine International*, 1-8.
- Spears, J. W. (1989). Zinc Methionine for Ruminants: Relative Bioavailability of Zinc in Lambs and Effects of Growth and Performance of Growing Heifers. *Journal of Animal Science*, 67(3), 835.
- Spears, J. W. (2018). Boron, Chromium, Manganese, and Nickel in Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*.
- Spears, J. W., Weiss, W. P. (2008). Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176(1), 70-76.

- Stabel, J. R., Spears, J. W., Brown, T. T. (1993). Effect of copper deficiency on tissue, blood characteristics, and immune function of calves challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus and *Pasteurella hemolytica*. *Journal of Animal Science*, 71(5), 1247-1255.
- Stangl, G. I., Schwarz, F. J., Müller, H., Kirchgessner, M. (2000). Evaluation of the cobalt requirement of beef cattle based on vitamin B12, folate, homocysteine and methylmalonic acid. *British Journal of Nutrition*, 84(05), 645-653.
- Steele, M. A., Doelman, J. H., Leal, L. N., Soberon, F., Carson, M., Metcalf, J. A. (2017). Abrupt weaning reduces postweaning growth and is associated with alterations in gastrointestinal markers of development in dairy calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning period. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5390-5399.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A., Wheeler, T. T. (2009). Immune components of bovine colostrum and milk¹. *Journal of Animal Science*, 87(suppl_13), 3-9.
- Stemme, K., Lebzien, P., Flachowsky, G., Scholz, H. (2008). The influence of an increased cobalt supply on ruminal parameters and microbial vitamin B12 synthesis in the rumen of dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*, 62(3), 207-218.
- Stemme, K., Meyer, U., Flachowsky, G., Scholz, H. (2006). The influence of an increased cobalt supply to dairy cows on the vitamin B12 status of their calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90(3-4), 173-176.

- Stobo, I. J. F., Roy, J. H. B., Gaston, H. J. (1966). Rumen development in the calf. *British Journal of Nutrition*, 20, 189-215.
- Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T. (1979). Colostral Immunoglobulin Transfer in Calves I. Period of Absorption. *Journal of Dairy Science*, 62(10), 1632-1638.
- Sun, J. Y., Jing, M. Y., Weng, X. Y., Fu, L. J., Xu, Z. R., Zi, N. T., Wang, J. F. (2005). Effects of Dietary Zinc Levels on the Activities of Enzymes, Weights of Organs, and the Concentrations of Zinc and Copper in Growing Rats. *Biological Trace Element Research*, 107(2), 153-166.
- Sundrum, A. (2015). Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate that the Dairy Cows' Ability to Adapt is Overstressed. *Animals*, 5(4), 978-1020.
- Surai, P. F., Fisinin, V. I. (2016). Selenium in sow nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 18-30.
- Suttle, N.F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock*, 4th ed.; British Library: London, UK, 12.
- Swenson, M. J., Reece, W. O. (1993). *Duckes physiology of Domestic Animal*. 11th ed. Cornell University Press, Ward JD, Gengelbach GP, Spears JW. The effect of copper deficiency with or without high dietary iron or molybdenum on immune function of cattle. *Journal of Animal Science*, 75, 1400-1408.
- Taschuk, R., Griebel, P. J. (2012). Commensal microbiome effects on mucosal immune system development in the ruminant gastrointestinal tract. *Animal Health Research Reviews*, 13(01), 129-141.

- Teixeira, A. G. V., Lima, F. S., Bicalho, M. L. S., Kussler, A., Lima, S. F., Felipe, M. J., Bicalho, R. C. (2014). Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4216-4226.
- Thu Hang, B. P., Dicksved, J., Sjaunja, K. S., Wredle, E. (2017). Colostrum quality, IgG absorption and daily weight gain of calves in small-scale dairy production systems in Southern Vietnam. *Tropical Animal Health and Production*, 49(6), 1143-1147.
- Todd, C. G., McGee, M., Tiernan, K., Crosson, P., O'Riordan, E., McClure, J., Earley, B. (2018). An observational study on passive immunity in Irish suckler beef and dairy calves: Tests for failure of passive transfer of immunity and associations with health and performance. *Preventive Veterinary Medicine*.
- Trotz-Williams, L. A., Leslie, K. E., Peregrine, A. S. (2008). Passive Immunity in Ontario Dairy Calves and Investigation of Its Association with Calf Management Practices. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 3840-3849.
- Ulfman, L. H., Leusen, J. H. W., Savelkoul, H. F. J., Warner, J. O., van Neerven, R. J. J. (2018). Effects of Bovine Immunoglobulins on Immune Function, Allergy, and Infection. *Frontiers in Nutrition*, 5.
- Underwood, E. J., Suttle, N. F. (2002). *Los Minerales en la Alimentación del Ganado*. Acribia; Zaragoza, Spain: 2002. 3rd. version.

- USDA-APHIS. (2012). Dairy Heifer Raiser 2011: A Study of Operations that Specialize in Raising Dairy Heifers. USDA-APHIS-VS, CEAH, National Animal Health Monitoring System (NAHMS), Fort Collins, CO. #613.1012.
- van Ackeren, C., Steinngaß, H., Hartung, K., Funk, R., Drochner, W. (2009). Effect of roughage level in a total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation patterns and chewing activity of early-weaned calves with ad libitum access to grass hay. *Animal Feed Science and Technology, Technol*, 153, 48-59.
- Van Amburgh, M. E., Soberon, F., Lopez, D.J., Karszes, J. Y., Everett, R.W. (2014). Early Life Nutrition and Management Impacts Long-Term Productivity of Calves. *Proceedings 50th Florida Dairy Production Conference, Gainesville.*
- Vedovatto, M., da Silva Pereira, C., Cortada Neto, I. M., Moriel, P., Morais, M. da G., Franco, G. L. (2019). Effect of a trace mineral injection at weaning on growth, antioxidant enzymes activity, and immune system in Nellore calves. *Tropical Animal Health and Production*. doi:10.1007/s11250-019-02056-0
- Véliz-Deras, F. G., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Hernandez, S., Flores-Hernández, A., Guillén-Muñoz, J. M., Navarrete-Molina, C, Moreno-Avalos, S., Rodríguez-Martínez, R. (2020). The Opuntia Effect Improves Dam-Kid Metabolic Markers, Augments Colostrum Quality and Enhances Kid-To-Dam Behavioral Interactions in Crossbred Goats and their Offspring under Semiarid-Rangeland Conditions. *Animals*, 10(6), 931.

- Viglierchio, M. C. (2000). Aportes de la Bioquímica a la Interpretación del Metabolismo del Cobalto. Universidad Nacional de la Pampa; La Pampa, Argentina: 2000. pp. 22-28. Anuario 2000 Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Virtala, A. M., Gröhn, Y., Mechor, G., Erb, H. (1999). The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life. *Preventive Veterinary Medicine*, 39(1), 25-37.
- Foley JA, Otterby DE. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: a review. *J Dairy Sci* 1978;61:1033-60.
- Warner, R. G., Flatt, W. P., Loosli, J. K. (1956). Ruminant Nutrition, Dietary Factors Influencing Development of Ruminant Stomach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4(9), 788-792.
- Watanabe, T., Kiron, V., Satoh, S. (1997). Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151(1-4), 185-207.
- Wathes, D. C., Wooding, F. B. P. (1980). An electron microscopic study of implantation in the cow. *American Journal of Anatomy*, 159(3), 285-306.
- Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., Barrington, G. M. (2000). Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6), 569-577.
- Wickramasinghe, H. K. J. P., Kramer, A. J., Appuhamy, J. A. D. R. N. (2019). Drinking water intake of newborn dairy calves and its effects on feed intake, growth performance, health status, and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science*.

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.

Yang, M., Zou, Y., Wu, Z. H., Li, S. L., Cao, Z. J. (2015). Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7153-7163.