

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Desarrollo y salud de becerras lecheras Holstein utilizando suplemento de calostro

Por:

JOSÉ MANUEL OROZCO RAYOS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Desarrollo y salud de becerras lecheras Holstein utilizando suplemento de calostro

Por:

JOSÉ MANUEL OROZCO RAYOS

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

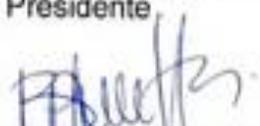
Aprobada por:



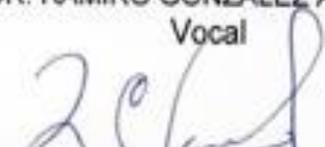
DR. ÓSCAR ÁNGEL GARCÍA
Presidente



DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS
Vocal



MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA
Vocal



MC. RAFAEL ÁVILA CISNEROS
Vocal Suplente



MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Desarrollo y salud de becerras lecheras Holstein utilizando suplemento de calostro

Por:

JOSÉ MANUEL OROZCO RAYOS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

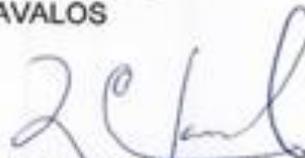
Aprobada por el Comité de Asesoría:



DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS
Asesor Principal



MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA
Coasesor



MC. RAFAEL ÁVILA CISNEROS
Coasesor



MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza todos los días para llegar a mis metas, a pesar de los tropiezos y caídas gracias Dios mío por ayudarme siempre a levantarme.

A mi asesor, Dr. Ramiro González Avalos por todo su apoyo en la realización de este trabajo, por ser una persona que me motiva a superarme y por siempre exigir a sus estudiantes a dar el máximo esfuerzo.

A mi familia, por todo su apoyo incondicional.

A mis maestros, por sus consejos, orientación y enseñanzas que día a día fueron enriqueciendo y apoyando mi aprendizaje.

A mi UAAAN UL, por abrirme sus puertas de esta gloriosa institución, por brindarme las herramientas necesarias para la superación profesional y ser mi segunda casa, por siempre mi casa.

DEDICATORIAS

A mi padre, Héctor Manuel Orozco Vargas por todo tu esfuerzo, trabajo y apoyo incondicional, gracias papá por todos tus consejos y regaños que me han forjado para ser un hombre de bien, gracias por siempre exigirme al máximo estoy muy orgulloso de ti que siempre has sacado a tu familia adelante, a ti padre te debo todo lo que soy y llegare a ser en la vida siempre estaré eternamente agradecido no lo hubiera logrado sin ti, esto es para ti papá, te amo.

A mi madre, Neyla Rayos Urquidi que siempre has estado ahí para apoyarme, gracias madre por tus consejos que me han guiado por el buen camino y han ayudado a superarme, gracias por todos tus sacrificios, gracias por todo tu esfuerzo que has hecho por mi estoy y siempre estaré eternamente agradecido con orgullo digo que tú eres mi madre, te amo.

A mis hijos, Dilan Manuel y Héctor Daniel gracias a ustedes que son la luz de mis ojos y me han dado las fuerzas para poder salir adelante y no darme por vencido sin ustedes esto no sería posible este gran logro es para ustedes mis niños los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos, Carlos David y Héctor Iván que siempre han estado conmigo, quiero agradecerles por todo su apoyo que me han brindado y por siempre estar al pendiente, los amo.

A mis abuelos, Rosalía Urquidi, Rosalio Orozco y Felicitas Vargas, por sus consejos, regaños que me han alentado a salir adelante y tener fijas mis metas y por siempre contar con su apoyo, este logro es por ustedes los amo.

RESUMEN

El éxito en el manejo de las becerras inicia con el suministro de calostro materno (CM) es una fuente importante de nutrientes y factores inmunes para el recién nacido por los beneficios que aporta éste para su crecimiento y supervivencia durante el período de crianza. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la transferencia de inmunidad en becerros alimentados con CM pasteurizado vs suplemento calostro (SC). Para observar el efecto de la transferencia de inmunidad pasiva, salud y crecimiento se seleccionaron 75 becerros de manera aleatoria, las cuales fueron separados de la madre al nacimiento y alojados individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos de tomas de calostro quedaron como sigue: Testigo: CM, T1: CM + SP y T2: SC. En los tres tratamientos la primera toma se realizó durante las primeras dos h de vida. Se suministraron 2 L•toma•becerro⁻¹. Cada tratamiento constó de 25 repeticiones considerando cada becerro como una unidad experimental. Los resultados obtenidos en el presente estudio para la transferencia de inmunidad y ganancia de peso diario indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) en donde los mejores o mayores valores los mostró el tratamiento testigo. El SC no incrementa la transferencia de inmunidad.

Palabras clave: Enfermedades, Inmunidad, Leche, Recién nacido, Reemplazos,.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
Índice general	iv
Índice de cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo	3
1.2. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Transferencia de inmunidad pasiva	8
2.2 Uso de Suplementos de Calostro	9
2.3 Reemplazo de calostro	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5. CONCLUSIONES	23
6. LITERATURA CITADA	24

Índice de cuadros

Cuadro 1	Cantidad de calostro suministrado y mortalidad, desde la primera semana de vida hasta los seis meses de edad.	7
Cuadro 2	Efecto de los suplementos de calostro sobre la falla de transferencia pasiva (FPT), concentraciones séricas de IgG a las 24 h y la eficiencia aparente de absorción (AEA).	9
Cuadro 3	Efecto de los reemplazos de calostro sobre la falla de transferencia pasiva (FPT), concentraciones séricas de IgG a las 24 h y la eficiencia aparente de absorción (AEA).	10
Cuadro 4	Transferencia de inmunidad en becerros Holstein utilizando calostro materno vs suplemento de calostro (FIRST DEFENSE®).	13
Cuadro 5	Crecimiento de becerros Holstein utilizando calostro materno vs suplemento de calostro.	21
Cuadro 6	Efecto de la administración calostro materno vs suplemento de calostro sobre la morbilidad y mortalidad de becerros.	22

.

.

..

1. INTRODUCCIÓN

La absorción de las inmunoglobulinas (Ig) maternas, a través del intestino delgado durante las primeras 24 h después del nacimiento, denominada transferencia pasiva, ayuda a proteger a los becerros contra organismos que ocasionan enfermedades comunes, hasta que su propio sistema inmunológico inmaduro se convierte en funcional. En becerros se define que ha existido fracaso de la transferencia pasiva (FTP) si la concentración de Ig es menor de $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ cuando la muestra se analiza entre 24 y 48 h después del parto (NAHMS, 1996; Weaver *et al.*, 2000).

La transferencia pasiva a través del calostro es un pre-requisito para la salud y supervivencia de los becerros. Una variedad de factores, incluyendo cantidad de Ig alimentadas, tiempo de la primera alimentación, el volumen consumido y el método de alimentación han mostrado tener efecto sobre la transferencia pasiva de inmunidad (Godden *et al.*, 2009a). La calidad del calostro está determinada por la concentración de anticuerpos y la ausencia de bacterias patógenas. Existe consenso en la literatura de que al menos 3.8 L de calostro materno de buena calidad, esto es $\text{Ig} \geq 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ y el total de los recuentos en placa de $\text{TPC} < 100\,000 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$, debe administrarse para evitar el FTP, la cual es caracterizada por una cantidad de Ig en suero $\leq 10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ a las 24 h después de la ingestión de calostro en becerros (McGuirk y Collins, 2004; Godden, 2008).

En las unidades de producción existen períodos en la que un suministro adecuado de calostro limpio, de alta calidad, fresco o almacenado, no está disponible para alimentar a todos los becerros recién nacidos. Para aumentar este problema,

algunos productores desechan el calostro de vacas que dan positivo para *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, virus de la leucosis bovina, o mastitis por *Mycoplasma bovis*. En tales circunstancias, el uso de SC o el reemplazo de calostro (RC) pueden ofrecer a los productores una manera conveniente de mejorar los niveles de inmunidad pasiva en los becerros además de que reduce el riesgo de exposición a agentes patógenos a través del calostro. Los productos en polvo comerciales de SC y RC contienen Ig de la especie bovina que suelen ser de origen ya sean lácteos o derivados del plasma. Los resultados de estudios con productos RC han sido muy diversos, con muchos productos que no proporcionan rutinariamente la cantidad necesaria de IgG 10 mg / ml en el suero de los becerros alimentados con RC (Quigley *et al.*, 2001; Smith y Foster, 2007; Swan *et al.*, 2007; Lago *et al.*, 2018).

Estudios han reportado mejores tasas de éxito de la transferencia pasiva (media de IgG en suero > 10.0 mg/mL), en particular cuando los becerros fueron alimentados con RC (Quigley *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2004; Pithua *et al.*, 2013; Priestley *et al.*, 2013). Otros productos no lograron concentraciones medias de 10 mg /mL de IgG en suero de becerros alimentados con RC (Godden *et al.*, 2009b; Priestley *et al.*, 2013). La alimentación con dosis más altas de los productos de RC puede aumentar el éxito en la tasa de transferencia pasiva, pero la relación costo-beneficio de esta práctica aún no se ha descrito. A pesar de estos resultados prometedores, la efectividad de utilizar habitualmente productos RC en programas de lucha contra las enfermedades infecciosas requiere de un estudio más detenido, debido a los resultados muy variables entre los diferentes productos.

1.1. Objetivo

Evaluar el desarrollo y la salud de becerras Holstein alimentadas con suplemento de calostro.

1.2. Hipótesis

La alimentación con suplemento de calostro incrementa el desarrollo y salud de las becerras Holstein.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El éxito en el manejo de las becerras inicia con el suministro de calostro. Las becerras que reciben una adecuada cantidad de calostro, presentan altas concentraciones de Ig circulantes en sangre, éstas se asocian con un descenso en la morbilidad y mortalidad por ciertas enfermedades infecciosas tales como septicemia, enteritis, diarreas, enfermedades respiratorias (Besser y Gay 1994). Asimismo, la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad pre-destete y otros beneficios a largo plazo asociados a la transferencia pasiva de inmunidad, incluyen la disminución de mortalidad en el período posterior al destete, mejoría en la tasa de ganancia, eficiencia alimenticia, reducción de la edad al primer parto, mejora 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).

En las unidades de producción existen períodos en la que un suministro adecuado de calostro limpio, de alta calidad, fresco o almacenado, no está disponible para alimentar a todas las becerras recién nacidas. Para aumentar este problema, algunos productores desechan el calostro de vacas que dan positivo para *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, virus de la leucosis bovina, o mastitis por *Mycoplasma bovis*. En tales circunstancias, el uso SC o RC pueden ofrecer a los productores una manera conveniente de mejorar los niveles de inmunidad pasiva en los becerros además de que reduce el riesgo de exposición a agentes patógenos a través del calostro. Los productos en polvo comerciales de SC y RC contienen Ig de la especie bovina que suelen ser de origen ya sea lácteos o derivados del plasma. Los resultados de estudios con productos RC han sido muy

diversos, con muchos productos que no proporcionan rutinariamente la cantidad necesaria de IgG 10 mg / ml en el suero de las becerras alimentados con RC (Quigley *et al.*, 2001; Smith y Foster, 2007; Swan *et al.*, 2007).

Estudios han reportado mejores tasas de éxito de la transferencia pasiva (media de IgG en suero > 10,0 mg / ml), en particular cuando los terneros fueron alimentados con 2 dosis de producto RC (Quigley *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2004). La alimentación con dosis más altas de los productos de RC puede aumentar el éxito en la tasa de transferencia pasiva, pero la relación costo-beneficio de esta práctica aún no se ha descrito. A pesar de estos resultados prometedores, la efectividad de utilizar habitualmente productos RC en programas de lucha contra las enfermedades infecciosas requiere de un estudio más detenido, debido a los resultados muy variables entre los diferentes productos.

Anticuerpos específicos contra patógenos infecciosos contenidos en el calostro materno brindan protección al becerro recién nacido durante los primeros meses de vida y son predictores importantes de la salud y el rendimiento de los becerros de carne y leche (Windeyer *et al.*, 2014). Al respecto, las dos enfermedades más frecuentes son: diarrea y respiratorias; por lo que se ha estimado que la tasa de mortalidad antes del destete es de 7,8 %; la diarrea y otros problemas digestivos contribuyen al 50 % de las muertes; las enfermedades respiratorias, es la segunda causa de mortalidad con 15 % (Azizzadeh *et al.*, 2012).

Los becerros que reciben una adecuada cantidad de calostro, presentan altas concentraciones de Ig circulantes en sangre, éstas se asocian con un descenso en la morbilidad y mortalidad por ciertas enfermedades infecciosas tales como septicemia, enteritis, diarreas, enfermedades respiratorias (Besser y Gay, 1994). Asimismo, la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad pre-destete y otros beneficios a largo plazo asociados a la transferencia pasiva de inmunidad, incluyen la disminución de mortalidad en el período posterior al destete, mejoría en la tasa de ganancia, eficiencia alimenticia, reducción de la edad al primer parto, mejora 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).

Las becerras que reciben una adecuada cantidad de calostro, presentan altas concentraciones de inmunoglobulinas (Ig) circulantes en sangre, éstas se asocian con un descenso en la morbilidad y mortalidad por ciertas enfermedades infecciosas tales como septicemia, enteritis, diarreas, enfermedades respiratorias (Besser y Gay 1994). Asimismo, la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad pre-destete y otros beneficios a largo plazo asociados a la transferencia pasiva de inmunidad, incluyen la disminución de mortalidad en el período posterior al destete, mejoría en la tasa de ganancia, eficiencia alimenticia, reducción de la edad al primer parto, mejora 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).

En las unidades de producción existen períodos en la que un suministro adecuado de calostro limpio, de alta calidad, fresco o almacenado, no está disponible para alimentar a todas las becerras recién nacidas. Para aumentar este problema,

algunos productores desechan el calostro de vacas que dan positivo para *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, virus de la leucosis bovina, o mastitis por *Mycoplasma bovis*. En tales circunstancias, el uso de suplementos de calostro (SC) o el reemplazo de calostro (RC) pueden ofrecer a los productores una manera conveniente de mejorar los niveles de inmunidad pasiva en los becerros además de que reduce el riesgo de exposición a agentes patógenos a través del calostro. Los productos en polvo comerciales de SC y RC contienen Ig de la especie bovina que suelen ser de origen ya sea lácteos o derivados del plasma. Los resultados de estudios con productos RC han sido muy diversos, con muchos productos que no proporcionan rutinariamente la cantidad necesaria de IgG 10 mg / ml en el suero de las becerras alimentados con RC (Quigley *et al.*, 2001; Smith y Foster, 2007; Swan *et al.*, 2007).

Estudios han reportado mejores tasas de éxito de la transferencia pasiva (media de IgG en suero > 10,0 mg / ml), en particular cuando los terneros fueron alimentados con 2 dosis de producto RC (Quigley *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2004). La alimentación con dosis más altas de los productos de RC puede aumentar el éxito en la tasa de transferencia pasiva, pero la relación costo-beneficio de esta práctica aún no se ha descrito. A pesar de estos resultados prometedores, la efectividad de utilizar habitualmente productos RC en programas de lucha contra las enfermedades infecciosas requiere de un estudio más detenido, debido a los resultados muy variables entre los diferentes productos.

2.1 Transferencia de inmunidad pasiva

Para obtener una adecuada transferencia pasiva en las terneras, estas deben consumir una cantidad suficiente de calostro (Cuadro 1) con una concentración adecuada de anticuerpos lo más temprano posible (Fernández *et al.*, 1994).

Por lo tanto, la acumulación de secreciones lácteas en la glándula mamaria en las últimas semanas de gestación es importante porque contiene anticuerpos y linfocitos específicamente sensibilizados contra la mayoría de microorganismos de su entorno hasta que el ternero desarrolle su inmunidad activa (Fortín y Perdomo, 2009).

Cuadro 1. Cantidad de calostro suministrado y mortalidad, desde la primera semana de vida hasta los seis meses de edad (tomado de Matamala, 2014).

Cantidad en calostro (Kg)	Mortalidad %
2-4	15.3
5-8	9.9
8-10	6.5

Los neonatos que ingieren calostro de buena calidad, o que tienen niveles más altos de Ig en el suero durante la primera semana de vida tienen una menor morbilidad y mortalidad, que terneros con niveles de Ig más bajos (Williams *et al.*, 2014).

Otros factores inherentes a la vaca, factores inherentes a la cría y otros propios del ambiente; con respecto al primer factor se conoce que la calostrogénesis cesa inmediatamente antes del parto, por lo que la primera ordeña tiene una alta concentración de inmunoglobulinas que van disminuyendo hasta ofrecer valores

pobres aproximadamente 14 horas después, también el número de partos influye en el volumen de calostro producido y en su calidad considerada por la cantidad de Ig, otros factores incidentes como la conformación y tamaño de la ubre, el instinto materno y la eventual presentación de distocias pueden afectar el acceso de las becerras al calostro, con respecto a las crías el déficit sanitario, debilidad, acceso tardío a la primera toma son causas de la falla de transferencia pasiva debido a que las vacuolas imposibilitan el paso y la absorción de las Igs luego del nacimiento (Gulliksen *et al.*, 2008).

Las condiciones ambientales en las que sobrevive el parto y transcurren las primeras horas de vida de la ternera también influyen en la transferencia de inmunidad ya que, en verano el estrés del calor disminuye la calidad de calostro con respecto a otras estaciones (Botero, 2013).

2.2 Uso de Suplementos de Calostro

Las unidades de producción lecheras pueden experimentar períodos en que un suministro adecuado de calostro limpio, de alta calidad, fresco o almacenado, no está disponible para alimentar a todos los becerros recién nacidos. Este problema se incrementa debido a que, algunos productores desechan el calostro de vacas que dan positivo para *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, virus de la leucosis bovina, o mastitis por *Mycoplasma bovis* (Streeter *et al.*, 1995). En tales circunstancias, el uso de suplementos de calostro (SC) o el reemplazo de calostro (RC) pueden ofrecer a los productores una manera conveniente de mejorar los niveles de inmunidad pasiva en los terneros además de que reduce el riesgo de exposición a agentes patógenos a través del calostro (USDA, 2002).

Los productos en polvo comerciales de SC y RC contienen Ig de la especie bovina que suelen ser de origen lácteo o derivados del plasma. Se recomienda que los productos de RC o SC sean mezclados en el agua de bebida (según instrucciones de la etiqueta) y suministrados como un alimento separado después de la aportación del calostro natural (McGuirk y Collins, 2004). Los productos de SC contienen típicamente < 50 g de Ig por dosis, no contienen ningún paquete de nutrientes, y sólo están destinados a completar (no sustituir) el calostro existente. Si se administran solos, los productos de alimentación SC dan resultados significativamente más bajos de Ig en el suero y mayor riesgo de FTP en becerros, en comparación con la alimentación con calostro fresco (Quigley *et al.*, 2001).

No existe ningún beneficio adicional utilizando los productos de alimentación SC, si ya se alimentó con 3.4 L de calostro de alta calidad de la especie bovina (Zaremba *et al.*, 1993). Los suplementos de calostro proporcionan Ig exógena a partir de secreciones lácteas bovinas o suero bovino. Estos productos están destinados a complementar y aportar <100 g de Ig/dosis pero no reemplazar totalmente al calostro (Quigley *et al.*, 2002).

Los productos de calostro que contienen Ig están regulados por el USDA Veterinary Products Center. Productos complementarios no pueden elevar la concentración sanguínea de Ig por encima de la norma en la especie, que es de 10 mg/ml para los becerros. Cualquier producto que sea capaz de elevar la concentración de Ig sérica por encima de 10 mg/ml puede ser llamado un sustituto del calostro (USDA, 2002). Los suplementos de calostro disponibles hoy en día se hacen de calostro bovino o suero desecado y contienen de 40 a 60 g de Ig por dosis (9 a 13% de proteína globulina). El contenido de grasa de estos Productos se encuentra entre el rango de

0.5 al 15%. Los suplementos de calostro pueden ser usados para aumentar la cantidad de Ig alimentada a los becerros cuando el calostro de baja o media calidad está disponible. Sin embargo, los suplementos no pueden reemplazar el calostro de alta calidad. Investigaciones han demostrado que cuando un suplemento se añade al calostro de baja calidad, las IgG son a menudo absorbidas pobremente y los becerros con frecuencia expresan FPT (Cuadro 2).

Baja absorción de anticuerpos cuando se añade un suplemento de calostro, puede gran cantidad de proteína que entra en el intestino en un corto período de tiempo, competencia entre moléculas de las Ig y otras proteínas de los sitios de absorción se ha sugerido como una razón para que esto suceda (Jones *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Efecto de los suplementos de calostro sobre la falla de transferencia pasiva (FPT), concentraciones séricas de IgG a las 24 h y la eficiencia aparente de absorción (AEA) (tomado de Cabral *et al.*, 2013).

Autores	Origen	% FPT	24 H, IgG, g/L	AEA %
Zaremba et al., 1993	LCS ²	-	2.2	-
	LCS + kg de MC ³	-	9.8	-
	LCS + 1.5 kg de MC	-	5.4	-
Mee et al., 1996	WPC ⁴	-	3.0	-
	WPC + 1 L de MC	-	9.5	-
Hopkins and Quigley, 1997	LCS + 3.8 L de MC	-	16.6	30
Morin et al., 1997	BSP ⁵ (142 g of IgG ₁) + 2 L de MC	-	11.4	24.9
	BSP (185 g of IgG ₁) + 2 L de MC	-	11.0	18.1
Arthington et al., 2000a	BSP	-	6.8	28
	LCS1	-	2.2	17
	LCS2	-	3.5	24
Arthington et al., 2000b	BSP	-	8.3	-
	PSP ⁶	-	4.2	-
	BSP + 2 L of MC (95.2 g de IgG, 47% de BSP)	-	10.3	37
	BSP + 2 L of MC (98.8 g de IgG, 70% de BSP)	-	10.7	38
Davenport et al., 2000	BSP	-	5.7	30
	BSP + 200 g de caseína	-	5.5	29
	BSP + 400 g de caseína	-	3.9	19

	BSP + 200 g de WPC	-	6.6	34
	BSP + 400 g de WPC	-	7.3	32
	MC + 100 g de caseína	-	16.7	21
	MC + 200 g de caseína	-	14.4	20
	MC + 100 g de WPC	-	16.1	22
	MC + 200 g de WPC	-	15.8	21
Quigley et al., 2001	BSP	-	5.5-14.1	25-28
Quigley et al., 2002	BSP	-	8.0	33
Hammer et al., 2003	BSP	42	10.6	29
	BSP + GF ⁷	57	9.1	30
Santoro et al., 2004	BSP	100	4.5	22.7
	BSP + INHIBIDOR DE TRIPSINA	100	4.6	19.6

¹AEA = [plasma IgG (g/L) × BW (kg) × 0.09/IgG consumo] × 100% (Quigley and Drewry, 1998).

² Suplemento de calostro basado en lácteos.

³ Calostro maternal.

⁴ Concentrado de proteína de suero.

⁵ Producto de suero de bovino.

⁶ Producto de suero porcino.

⁷ Factor de crecimiento.

2.3 Reemplazo de calostro

En comparación, los productos de RC que contienen un mínimo de 100 g de Ig por dosis, constituyen una fuente nutricional de proteína, energía, vitaminas y minerales, y están destinados a sustituir por completo (o ser administrados en ausencia de) el calostro materno (Quigley *et al.*, 2001).

Los resultados de los estudios con productos RC han sido muy diversos, con muchos productos que no proporcionan rutinariamente la cantidad necesaria de IgG, correspondiente a 10 mg•mL⁻¹ en el suero de las becerros alimentados con RC (Mee *et al.*, 1996; Smith y Foster, 2007; Swan *et al.*, 2007). En un estudio controlado de 12 hatos lecheros de Minnesota y Wisconsin, Swan *et al.* (2007), observaron que 239 terneros lecheros alimentados con un producto RC disponible en el mercado local (Acquire. American Protein Corporation, Inc., Ames, IA®) presentó concentraciones séricas de Ig significativamente más bajas (5.8 mg•mL⁻¹ de Ig) en

comparación con 218 becerros alimentados con calostro materno ($14.8 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ de Ig).

A pesar de que una tendencia a favor del RC estaba presente, la morbilidad y mortalidad pre destete no fueron diferentes de los becerros alimentados con RC (morbilidad 59.6% y mortalidad 12.4%) comparados con los becerros alimentados con calostro materno (morbilidad 51.9% y mortalidad 10%). Otros estudios han reportado mejores tasas de éxito de la transferencia pasiva (media de Ig en suero $> 10.0 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), en particular cuando los becerros fueron alimentados con dos dosis de producto RC (Jones *et al.*, 2004;).

En un estudio donde se utilizó RC (Land O' Lakes Inc. St. Paul, MN ®) Foster *et al.* (2006), observaron el nivel promedio de las Ig en el suero a las 24 h de vida, de los becerros alimentados con 1 dosis (100 g de Ig), 2 dosis (200 g de Ig) o 3.78 L de calostro materno, las titulaciones fueron 11.6, 16.9, y $27.2 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ respectivamente. La alimentación con dosis más altas de los RC puede aumentar el éxito en la tasa de transferencia pasiva, pero la relación costo-beneficio no se ha descrito. En un estudio llevado a cabo en 12 de hatos lecheros en Minnesota y Wisconsin, las becerros alimentados originalmente con un RC al nacer fueron menos propensos (razón de riesgo = 0.56) de infectarse con *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* (según lo determinado por el uso de un suero de ELISA y en pruebas con muestras de cultivo fecal en los primeros 54 meses de vida) en comparación con la probabilidad de infección para las becerros alimentados originalmente con calostro materno al nacimiento (Swan *et al.*, 2007).

Los reemplazos del calostro fueron diseñados para proporcionar a los becerros los anticuerpos necesarios para que prosperen cuando el calostro materno no está

disponible o cuando las madres son portadoras de ciertas enfermedades. Los becerros alimentados con MC producidos a partir de vacas positivas a Johne tenían más probabilidades de infectarse con la enfermedad que si se les proporcionaba CR (Pithua *et al.*, 2010). Fulwider *et al.* (2008) informó que el 94,7% de las lecherías encuestadas alimentaron MC, mientras que el resto alimentó un CR debido a la enfermedad de Johne

Cuadro 3. Efecto de los reemplazos de calostro sobre la falla de transferencia pasiva (FPT), concentraciones séricas de IgG a las 24 h y la eficiencia aparente de absorción (AEA) modificado de (Cabral *et al.*, 2013).

Autores	Origen	% FPT	24 H, IgG, g/L	AEA %
Quigley <i>et al.</i> , 2001	BSP ²	-	5.5-14.1	25-28
Quigley <i>et al.</i> , 2002	BSP	17.9	13.6	30
Hammer <i>et al.</i> , 2003	BSP + MR ³	0	13.0	24
	BSP + GF ⁴ + MR	28	10.3	35
Jones <i>et al.</i> , 2004	BSP	-	13.8	20.3
Foster <i>et al.</i> , 2006	LCR5 (100 g de IgG) (27 g/L as fed)	90	7.0	-
	LCR (100 g de IgG) (71.4 g/L as fed)	19	11.6	-
	LCR (200 g de IgG) (71.4 g/L as fed)	5	16.9	-
Campbell <i>et al.</i> , 2007	BSP (130 g) NR ⁶	18.2	13.0	34.3
	BSP (130 g) LR ⁷	18.2	11.6	31.5
	BSP (130 g) HR ⁸	54.6	9.7	25.8
	BSP (160 g) LR	9.1	13.3	29.8
	BSP (190 g) LR	8.3	14.3	26.6
Castro <i>et al.</i> , 2007 ⁹	WPC ¹⁰	0	13.9	-
	WPC + MR	7.1	10.4	-
Smith and Foster, 2007	WPC (100 g de IgG)	95	7.5	-
	WPC (150 g de IgG)	76	9.1	-
Swan <i>et al.</i> , 2007	BSP	93.1	5.8	-
Godden <i>et al.</i> , 2009a	LCR (100 g de IgG) (66.7 g/L as fed)	46	9.6	35.5
	LCR (200 g de IgG) (66.7 g/L as fed)	0	19.0	36.5
Godden <i>et al.</i> , 2009b	LCR (100 g de IgG) (66.7 g/L as fed) nipple bottle	0	12.5	51.1
	LCR (100 g de IgG) (66.7 g/L as fed) esophageal tube feeder	58.3	9.85	40.5
	LCR (200 g de IgG) (66.7 g/L as fed) nipple bottle	0	19.65	41.1
	LCR (200 g de IgG) (66.7 g/L as fed) esophageal tube feeder	0	18.65	39
	LCR (200 g de IgG) (66.7 g/L as fed) esophageal tube feeder	0	18.65	39
Shea <i>et al.</i> , 2009	LCR (105 g de IgG)	20	10.7	41.3
	LCR (210 g de IgG)	10	14.5	31.0
	LCR (105 g de IgG) + 0.5 g of Lf ¹¹	21	10.3	37.9

	LCR (210 g de IgG) + 0.5 g of Lf	21	13.1	24.5
	LCR (105 g de IgG) + 1.0 g of Lf	30	9.7	32.1
	LCR (210 g de IgG) + 1.0 g of Lf	10	14.5	26.4
	LCR (105 g de IgG) + 2.0 g of Lf	60	8.7	36.3
Morrill et al., 2010	LCR	20	13.0	26.8
	LCR + 30 g de NaHCO ₃	10	15.0	29.6

Continuación de (Cuadro 3). Efecto de los reemplazos de calostro sobre la falla de transferencia pasiva (FPT), concentraciones séricas de IgG a las 24 h y la eficiencia aparente de absorción (AEA) modificado de (Cabral *et al.*, 2013).

Cabral et al., 2011	LCR	0	16.9	32.1
	LCR + 15 g de NaHCO ₃	0	16.0	30.3
	LCR + 30 g de NaHCO ₃	0	17.2	31.3
	LCR + 45 g de NaHCO ₃	7.7	14.5	27.2
Fidler et al., 2011	1 package de BSP	86.3	7.4	19.9
	2 packages of BSP	13.6	10.6	14.3
Cabral et al., 2012	1 feeding of LCR	10	15.8	32.1
	1 feeding + 30 g de NaHCO ₃	10	16.9	35.5
	2 feedings of LCR	0	16.8	32.8
	2 feedings + 30 g de NaHCO ₃	0	15.0	29.4

1 AEA = [plasma IgG (g/L) × BW (kg) × 0.09/IgG intake] × 100% (Quigley and Drewry, 1998).

2 Producto de suero bovino.

3 Reemplazo de leche.

4 Factor de crecimiento.

5 Reemplazo de calostro basado en lácteos.

6 NR = no irradiación.

7 LR = baja irradiación.

8 HR = alta irradiación.

9 Cabras.

10 Concentrado de proteína de suero.

11 Lactoferrina.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó, del 01 de febrero al 29 de abril del 2016, en un establo del municipio de Francisco I. Madero en el Estado de Coahuila; éste se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1100 msnm, entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' y 103° 10' de longitud oeste (INEGI, 2009).

Se utilizó el calostro de primer ordeño de vacas y vaquillas Holstein Friesian dentro de las primeras 24 h después del parto. Inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad de este producto, utilizando un calostrómetro (Biogenics Inc., Mapleton, Or., USA ®), a una temperatura de 22 °C al momento de la medición. El calostro con densidad $\geq 50 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de Ig se combinó hasta acumular la cantidad de 40 L (un lote), se pasteurizó a una temperatura de 60°C, por 60 min, en un pasteurizador comercial (Dairytech, Inc., Windsor, Colorado USA ®). Después de pasteurizado, el calostro se colocó en bolsas de plástico Ziploc® de 26,8 x 27,3 cm (dos L por bolsa) y se congeló a -20 °C.

Para observar el efecto de la transferencia de inmunidad pasiva se seleccionaron 75 becerras de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos de tomas de calostro quedaron como sigue: Testigo: calostro bovino, T1: calostro bovino + suplemento de calostro y T2: suplemento de calostro. En los tres tratamientos la primera toma se realizó durante las primeras dos h de vida. Se suministraron 2 L•toma. Cada tratamiento constó de 25 repeticiones considerando cada becerro como una unidad experimental.

Entre las 24 y 48 h de vida se obtuvo una muestra de sangre de la vena yugular, 6.0•mL de cada becerro en tubos Vacutainer® la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc. ®) del suero ($\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ de proteína sérica) se utilizó como variable de la transferencia de inmunidad pasiva hacia las becerros. Se considerará $>5.5 \text{ g}\cdot\text{dL}^{-1}$, una transferencia exitosa de inmunidad pasiva; 5.0 a 5.4 $\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$, una transferencia medianamente exitosa y $<5.0 \text{ g}\cdot\text{dL}^{-1}$, una transferencia incompleta de inmunidad pasiva (Quigley, 2001).

El análisis estadístico de la concentración de proteína sérica se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de media mediante la prueba de Tukey. Ambos análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012). Se utilizará el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis mostraron que existe diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 4) en relación a la variable proteína sérica, los mayores valores los presentó el grupo testigo, cuyos valores superaron en un 30,8 y 20,3% al tratamiento 2 y tratamiento 1, respectivamente. Una posible explicación para el aumento de transferencia de inmunidad pasiva y de Ig en becerros que consumen calostro pasteurizado; es la falta de interferencia bacteriana en los receptores que los son responsables de la absorción de Ig (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009). Resultados similares fueron observados por González *et al.* (2012) en becerros alimentados con calostro pasteurizado vs calostro sin pasteurizar, 7.71 y 7.51 g dL⁻¹ de proteína sérica respectivamente.

En un estudio donde se utilizó suplemento de calostro proporcionando 13.4 mg/mL a las 48 h como objetivo para la transferencia de inmunidad, concluyeron que la alimentación 100 g de IgG por intubación oral esofágica es insuficiente para alcanzar este objetivo, recomiendan que se requería por lo menos 150 a 200 g de IgG (Chigerwe *et al.*, 2008).

Cuadro 4. Transferencia de inmunidad en becerros Holstein utilizando calostro materno vs suplemento de calostro (FIRST DEFENSE®).

Tratamientos	Proteína sérica
Testigo	6.43 ^a
T1	5.12 ^b
T2	4.45 ^c

Letras diferentes indica diferencia estadística $P < 0.05$.

La medición de la proteína sérica en suero mediante el refractómetro como estimación de la concentración de inmunoglobulina en suero es una prueba sencilla para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva. McGuirk y Collins (2004), sugieren que una meta sería $\geq 80\%$ de las becerros sometidas a la prueba con el refractómetro alcancen o superen el punto de referencia ($5.5 \text{ g}\cdot\text{dL}^{-1}$) de proteína sérica. El principal factor que afecta la eficiencia de absorción de Ig es la edad del becerro al momento de la alimentación. La eficiencia de transferencia a través del epitelio intestinal es óptima en las primeras 4 h después del parto, pero después de 6 horas se produce un descenso progresivo de la eficiencia de absorción con el tiempo (Besser *et al.*, 1987).

La absorción de una cantidad adecuada de Ig, a partir del calostro, es esencial para que los recién nacidos puedan obtener inmunidad pasiva. Para que se obtenga una absorción adecuada, se requiere que el becerro sea capaz de consumirlo, lo cual dependerá del período de tiempo que transcurre entre el nacimiento y el suministro de este producto; y que también consuma una cantidad suficiente, lo cual está determinado por la concentración de Ig contenida en él mismo y la cantidad consumida (Jaster, 2005). Con respecto al efecto que tienen los factores asociados con una exitosa transferencia de inmunidad en los recién nacidas, éstos están relacionados con el manejo del calostro, incluyendo la concentración y el volumen suministrado, tiempo de alimentación después del nacimiento y la mínima contaminación por bacterias del calostro (Beam *et al.*, 2009).

En relación a los resultados de crecimiento de los animales, los análisis mostraron que existe diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos

(Cuadro 5) en relación a la variable ganancia de peso diario el mayor valor lo presentó el grupo testigo, cuyos valores superaron en un 16.5 y 7.4% al tratamiento 2 y tratamiento 1, respectivamente.

Cuadro 5. Crecimiento de becerros Holstein utilizando calostro materno vs suplemento de calostro.

Variables	Testigo	T1	T2
Peso inicial (kg)	39.16 ^a	39.92 ^a	38.61 ^a
Estatura inicial (cm)	80.96 ^a	80.64 ^a	81.04 ^a
Peso final (kg)	100.44 ^a	96.12 ^b	89.43 ^c
Estatura final (cm)	97.96 ^a	96.28 ^b	95.26 ^b
Ganancia peso (kg)	61.28 ^a	56.20 ^b	50.83 ^c
Ganancia altura (cm)	17.00 ^a	15.64 ^b	14.21 ^b
Ganancia de peso diario (kg)	0.934 ^a	0.865 ^b	0.780 ^c

Letras diferentes indica diferencia estadística $P < 0.05$.

Resultados similares se observan en un estudio llevado a cabo en una unidad de producción comercial que incluía 49 becerros por tratamiento encontró que los animales alimentados con CM eran más pesados que los alimentados con sustituto derivado de plasma (4.0 kg) y pesaba más (1.7 kg) que aquellos alimentados con suplemento de calostro (Priestley *et al.*, 2013). Por el contrario, cuando se alimentó CM de mala calidad, los becerros pesaron más al destete cuando se alimentaron con un sustituto derivada del calostro (Aly *et al.*, 2013). En el presente estudio la ganancia de peso diario fue significativa; sin embargo, la diferencia puede carecer de importancia biológica o económica. Si existe, la diferencia en peso diario y peso final al destete podría ser atribuible a un diferente contenido de nutrientes,

crecimiento y factores inmunológicos de CM (Yvon *et al.*, 1993, Hammon *et al.*, 2000), o mayor ingesta de Ig. Algunos estudios previos informaron que la Ig sérica está potencialmente asociada con la ganancia de peso diario (Robison *et al.*, 1988; Mee *et al.*, 1996); sin embargo, otros no encontraron asociaciones entre la Ig sérica y el crecimiento durante los primeros 6 meses de edad (Furman-Fratczak *et al.*, 2011).

Los resultados muestran que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos para las variables diarrea y problema respiratorios y mortalidad (Cuadro 6). En el caso de las variables diarrea + problemas respiratorios y evento de enfermedad, los análisis mostraron diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), los valores mayores los presentó el tratamiento 2, que superó en un 61% y en un 30% al tratamiento 1 y al testigo, respectivamente. Se tiende a asociar la neumonía con el periodo posterior al destete. En esta etapa el síndrome respiratorio es el responsable del 50.4 % de las muertes; pero durante la lactancia es el causante del 21.3 % de las bajas.

Cuadro 6. Efecto de la administración calostro materno vs suplemento de calostro sobre la morbilidad y mortalidad de becerros.

Variable	Testigo	T1	T2
Diarrea	6 ^a	5 ^a	7 ^a
Problema respiratorio	7 ^a	7 ^a	7 ^a
Diarrea + problema respiratorio	3 ^a	4 ^a	9 ^b
Evento de enfermedad	16 ^a	16 ^a	23 ^b
Mortalidad	0 ^a	0 ^a	1 ^a

En este experimento no se observaron becerros enfermos por problemas respiratorios en los diferentes tratamientos. Resultados similares fueron observados por González *et al.* (2012), en becerros alimentados con 4 L de calostro pasteurizado, dentro de las primeras 6 h de vida presentaron una menor incidencia de problemas respiratorios, 5 % (1/20). Godden *et al.* (2012) observaron en becerros alimentadas con 3.8 L de calostro pasteurizado a 60°C por 60 min, registrando 9.4 % (52/553) de incidencia de problemas respiratorios. Otros estudios mencionan la morbilidad respiratoria de 4.0 a 20% (Virtala *et al.*, 1996; Walker *et al.*, 2012). La USDA (2008) observaron en becerros 8.9% de enfermedades respiratorias en los primeros 8 semana de vida, mientras que diversos estudios mencionan entre 7.6% (Sivula *et al.*, 1996) y 21% presentan enfermedades respiratorias en becerros (Donovan *et al.*, 1998).

En relación a la mortalidad en el presente estudio se observó una incidencia de 10 a 15 % en ambos grupos. De acuerdo a la revisión de la literatura, estudios suecos han reducido los riesgos de mortalidad en becerros de 0-90 días de edad; 2.6% y 3.1% reportado por Olsson *et al.* (1993), y Svensson *et al.* (2006), respectivamente. Mortalidades más altas se han reportado en Dinamarca (rango de 4.2 a 13.8%) por Nielsen *et al.* (2002), y en los Estados Unidos (5.6% y 9.4%) por Virtala *et al.* (1996) y Losinger y Heinrichs (1997), respectivamente. Otro estudio en Estados Unidos previo a informado de los riesgos de la mortalidad en los becerros antes del destete únicamente promedió 5.4%, ligeramente inferior al 7.8% estimado en Estados Unidos en 2006 (USDA, 2008).

5. CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que el suministro de suplemento de calostro no incrementa la transferencia de inmunidad en becerros. Es importante monitorear la salud de los becerros aún y cuando éstos presenten excelente transferencia, pueden presentar problemas de salud. Se sugiere seguir investigando sobre la relación del consumo de suplemento de calostro a dosis mayores sobre la salud y desarrollo de becerros.

6. LITERATURA CITADA

- Aly, S. S., P. Pithua, J. D. Champagne, and D. M. Haines. 2013. A randomized controlled trial on preweaning morbidity, growth and mortality in Holstein heifers fed a lacteal-derived colostrum replacer or pooled maternal colostrum. *BMC Vet. Res.* 9:168
- Azizzadeh, M., H. F. Shooroki, A. S. Kamalabadi y M. A. Stevenson. 2012. Factors affecting calf mortality in Iranian Holstein dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine.* 104:335-340.
- Barrington, G. M., T. B. McFadden, M. T. Huyler y T. E. Besser. 2001. Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livestock Production Science.* 70:95-104.
- Beam, A. L., J. E. Lombard, C. A. Kopral, L. P. Garber, A. L. Winter, J. A. Hicks and J. L. Schlater. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on us dairy operations. *J Dairy Sci.* 92(8):3973-3980.
- Besser, T. E., and C. C. Gay. 1994. The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. *Vet. Clin. North. Am. Food Anim.* 10:107-117.
- Besser, T. E., T. C. McGuire, and C. C. Gay. 1987. The transfer of serum IgG1 antibody into the gastrointestinal tract in newborn calves. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 17:51-56.
- Botero, J. 2013. Manejo perfecto del calostro. En *Memorias de DIGAL. Día Internacional del Ganadero.* Chihuahua, Chihuahua. 119-127.
- Cabral, R. G., C. E. Chapman, y P. S. Erickson. 2013. REVIEW: Colostrum supplements and replacers for dairy calves. *The Professional Animal Scientist.* 29:449-456.
- Chigerwe, M., J. W. Tyler, L. G. Schultz, J. R. Middleton, B. J. Steevens, and J. N. Spain. 2008. Effect of colostrum administration by use of oesophageal intubation on serum IgG concentrations in Holstein bull calves. *Am. J. Vet. Res.* 69:1158-1163.

- Donovan, G. A., I. R. Dohoo, D. M. Montgomery, and F. L. Bennett. 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prev. Vet. Med.* 34:31-46.
- Elizondo-Salazar, J. A. and A. J. Heinrichs. 2009. Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 92:3265-3273.
- Faber, S. N., N. E. Faber, T. C. McCauley, and R. L. Ax. 2005. Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist.* 21:420-5.
- Fernández, A. S., N. L. Padola y S. M. Estein. 1994. El calostro, fuente de transferencia de la inmunidad materna. *Rev. Med. Vet. Córdoba.* 34:304- 309.
- Fortín, C. A. M. Y C. J.J. Perdomo. 2009. Determinación de la calidad de calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de Ig G y el número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad. Tesis Licenciatura. Escuela Agrícola *Panamericana, Zamorano*, Honduras. 1-7.
- Foster, D. M., Smith, G. W. Sanner, T. R. y Busso. G. V. 2006. Serum IgG and total protein concentrations in dairy calves fed two colostrum replacement products. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 229:1282-1285.
- Fulwider, W. K., T. Grandin, B. E. Rollin, T. E. Engle, N. L. Dalsted, y W. D. Lamm. 2008. Survey of dairy management practices on one hundred thirteen north central and northeastern United States dairies. *J. Dairy Sci.* 91:1686-1692.
- Furman-Fratczak, K., A. Rzasa, and T. Stefaniak. 2011. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *J. Dairy Sci.* 94:5536-5543.
- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 24(1):19-39.
- Godden, S. M., D. J. Smolenski, M. Donahue, J. M. Oakes, R. Bey, S. Wells, S. Sreevatsan, J. Stabel, and J. Fetrow. 2012. Heat-treated colostrum and

reduced morbidity in preweaned dairy calves: results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J. Dairy Sci.* 95:4029-4040.

Godden, S. M., D. M. Haines, and D. Hagman. 2009b. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer. *J. Dairy Sci.* 92:1750-1757.

Godden, S. M., D. M. Haines, K. Konkol y J. Peterson. 2009. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J Dairy Sci* 92(4): 1758-1764.

Godden, S. M., D. M. Haines, K. Konkol, and J. Peterson. 2009a. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J Dairy Sci.* 92(4):1758-1764.

González, A. R., H. K. Rodríguez, L. M. I. Requejo, J. A. González, B. P. Peña, L. E. G. Núñez, J. C. Macías y P. A. Robles. 2012. Efecto de la pasteurización sobre la carga bacteriana en calostro bovino. *En Memorias del 12 Congreso Internacional de MVZ Especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera*. Torreón Coahuila, México.

González, A. R., H. K. Rodríguez, y H. G. Núñez. 2012. Comportamiento productivo de becerras lecheras Holstein alimentadas con calostro pasteurizado. *AGROFAZ.* 12:4:1-7.

Gulliksen, S. M., K. I. Lie, L. Sølverød, y O. Østeras. 2008. Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 91:704-712.

Hammon, H. M., I. A. Zanker, and J. W. Blum. 2000. Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 83:85-92.

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.

Jaster, E. H. 2005. Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin g1 absorption in jersey calves. *J Dairy Sci* 88(1):296-302.

- Jones, C. M., James, R. E. Quigley, J. D. y McGilliard, M. L. 2004. Influence of pooled colostrum or colostrum replacement on IgG and evaluation of animal plasma in milk replacer. *J. Dairy Sci.* 87:1806-1814.
- Lago, A., M. Socha, A. Geiger, D. Cook, N. Silva-del-Río, C. Blanc, R. Quesnell, and C. Leonardi. 2018. Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *J. Dairy Sci.* 101:1344-1354.
- Lorenz I, JF Mee, B Earley y SJ More. 2011. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Ir Vet J* 64, 2-8.
- Losinger, W. C., and A. J. Heinrichs. 1997. Management practices associated with high mortality among preweaned dairy heifers. *J Dairy Res.* 64(1):1-11.
- Matamala, C. N. 2014. Evaluación en terreno de la calidad del calostro en vacas de lecherías de alta producción, medido a través de dos métodos. Tesis Licenciatura. Universidad de Chile. Facultad de ciencias veterinarias y pecuarias. 1-37.
- McGuirk, S. M. y M. Collins. 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Veterinary Clinician of North America: Food Animal Practice* 20(3): 593-603.
- Mee, J. F., K. J. O'farrell, P. Reitsma y R. Mehra. 1996. Effect of a whey protein concentrate used as a colostrum substitute or supplement on calf immunity, weight gain, and health. *Journal of Dairy Science* 79(5): 886- 894.
- 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.
- Nielsen, L. A. H., A. Glasius, A. Fogh, and F. Skjoeth. 2002. Dødelighed hos kalve af malkerace (Mortality in dairy calves). Report nr 102. Landbrugets Radgivningcenter, Dansk Kvaeg, Aarhus, Denmark. (In Danish).

- Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., Mexico.
- Olsson, S. O., S. Viring, U. Emanuelson, and S. O. Jacobsson. 1993. Calf diseases and mortality in Swedish dairy herds. *Acta Vet. Scand.* 34:263-269.
- Pethes, G., V. L. Frenyo, G. Somorjai y E. Ceren-Ocirin. 1987. Colostral betacarotene and immunoglobulin g levels of cows in the early postpartum period. *Acta Vet Hung* 35(4): 449-456.
- Pithua, P., S. M. Godden, J. Fetrow, y S. J. Wells. 2010. Effect of plasma-derived colostrum replacement feeding program on adult performance and longevity in Holstein cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 236:1230-1237.
- Pithua, P., S. S. Aly, D. M. Haines, J. D. Champagne, J. R. Middleton, and S. E. Pooch. 2013. Efficacy of feeding a lacteal-derived colostrum replacer or pooled maternal colostrum with a low IgG concentration for prevention of failure of passive transfer in dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 243:277-282.
- Playford, R. J., C. E. Macdonald y W. S. Johnson. 2000. Colostrum and milkderived peptide growth factors for the treatment of gastrointestinal disorders. *Am J Clin Nutr* 72(1): 5-14.
- Priestley, D., J. H. Bittar, L. Ibarbia, C. A. Risco, and K. N. Galvão. 2013. Effect of feeding maternal colostrum or plasma-derived or colostrum-derived colostrum replacer on passive transfer of immunity, health, and performance of preweaning heifer calves. *J. Dairy Sci.* 96:3247-3256.
- Quezada, C., J. Vargas y S. Abarca. 2014. Modelado de un sistema de información para el manejo de lecherías en Turrialba. *Intersedes.* 14 (29): 1-30.
- Quigley, J. D. III, Strohhahn, R. E. Kost, C. J. y O'Brien, M. M. 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrums replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 84:2059-2065.

- Quigley, J. D., III, C. J. Kost, y T. M. Wolfe. 2002. Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer. *J. Dairy Sci.* 85:1243-1248.
- Quigley, J. D., III, y J. J. Drewry. 1998. Nutrient and immunity from cow to calf preand postcalving. *J. Dairy Sci.* 81:2779-2790.
- Quigley, J. D., R. E. Strohbehn, C. J. Kost, y M. M. O'Brien. 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 84: 2059-2065.
- Robison, J. D., G. H. Stott, and S. K. DeNise. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71:1283-1287.
- Sivula, N. J., T. R. Ames, W. E. Marsh, and Werdin, R. E. 1996. Descriptive epidemiology of morbidity and mortality in Minnesota dairy heifer calves. *Prev Vet Med.* 27:155-171.
- Smith, G. W. y D. M. Foster. 2007. Short Communication: Absorption of Protein y Immunoglobulin G in Calves Fed a Colostrum Replacer. *J. Dairy Sci.* 90: 2905-2908.
- Streeter, R. N., G. F. Hoffsis, S. Bech-Nielsen, W. P. Shulaw y D. M. Rings. 1995. Isolation of *Mycobacterium paratuberculosis* from colostrum and milk of subclinically infected cows. *Am J Vet Res.* 56(10):1322-4.
- Svensson, C., A. Linder, and S. O. Olsson. 2006. Mortality in Swedish dairy calves and replacement heifers. *J. Dairy Sci.* 89:4769-4777.
- Swan, H., S. Godden, R. Bey, S. Wells, J. Fetrow y H. Chester-Jones. 2007. Passive transfer of immunoglobulin g and preweaning health in holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *J Dairy Sci.* 90(8):3857-3866.
- Uetake K. 2013. Newborn calf welfare: A review focusing on mortality rates. *J Anim Sci.* 84:101 -105.
- United States Department Agriculture (USDA). 2008. Dairy 2007, Part II: Changes in the US Dairy Cattle Industry, 1991–2007. USDA, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, Centers for Epidemiology and Animal Health, Fort Collins, CO.

- United States Department of Agriculture (USDA). 2002. Dairy 2002, part i: Reference of dairy health and management in the united states, 2002. USDA-APHIS-VS, CEAH. National Animal Health Monitoring System, Fort Collins, CO #N377.1202
- Virtala, A.K., C. D. Mechor, Y. T. Crohn, H. N. Erb, and E. J. Dubovi. 1996. Epidemiology and pathologic characteristics of respiratory tract disease in dairy heifers during the first three months of life. *J Am Vet Med Assoc.* 208:2035-2042.
- Walker, W. L., W. B. Epperson, T. E. Wittum, L. K. Lord, P. J. Rajala-Schultz, and J. Lakritz. 2012. Characteristics of dairy calf ranches: Morbidity, mortality, antibiotic use practices, and biosecurity and biocontainment practices. *J. Dairy Sci.* 95:2204-2214.
- Weaver, D. M., J. W. Tyler, D. C. VanMetre, D. E. Hostetler y G. M. Barrington. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *J Vet Intern Med.* 14(6):569-577.
- Wells, S. J., D. A. Dargatz y S. L. Ott. 1996. Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prev. Vet. Med.* 29:9-19.
- Williams, R. D., P. Pithua, A. Garcia, J. Champagne, D. M. Haines y S. S. Aly. 2014. Effect of three colostrum diets on passive transfer of immunity and preweaning health in calves on a California dairy following colostrum management training. *Veterinary Medicine International.* 1-9.
- Windeyer, M. C., K. E. Leslie, S. M. Godden, D. C. Hodgins, K. D. Lissemore, and S. J. LeBlanc. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev. Vet. Med.* 113:231-240.
- Yepes, M. M., y Q. C. Prieto. 2011. Relación de la concentración de proteína sérica, la calidad de calostro y la ganancia de peso en terneros lactantes en hatos de la sabana de Bogotá. Tesis Licenciatura. Universidad de la Salle. Bogotá Colombia. 1-53.
- Yvon, M., D. Levieux, M. C. Valluy, J. P. Pelissier, and P. P. Mirand. 1993. Colostrum protein digestion in newborn lambs. *J. Nutr.* 123:586-596.

Zaremba, W., W. M. Guterbock y C. A. Holmberg. 1993. Efficacy of a dried colostrum powder in the prevention of disease in neonatal holstein calves. *J Dairy Sci.* 76(3):831-836.