



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“Calostro bovino de raza lechera”
(revisión bibliográfica)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA :

ANTONIO ALEJANDRO GÓMEZ LÓPEZ

ASESOR:

M. en M.V.Z. Héctor Reyes Soto

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

“Calostro bovino de raza lechera” (revisión bibliográfica)

Que presenta el pasante: ANTONIO ALEJANDRO GÓMEZ LÓPEZ

Con número de cuenta: 41300633-0 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Septiembre de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Deneb Camacho Morfin	
VOCAL	Dra. Marisela Leal Hernández	
SECRETARIO	M. en M.V.Z. Héctor Reyes Soto	
1er. SUPLENTE	M. en C. César Garzón Pérez	
2do. SUPLENTE	M.V.Z. Gustavo Díaz Manríquez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm*

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mi papá el Sr. Celestino Gómez Alcántara, a mi mamá la Sra. Rufina López Bolaños y a mi hermano Benito Gómez López en reconocimiento a todo el apoyo brindado a través de mis estudios y con la promesa de seguir siempre adelante.

“Calostro bovino de raza lechera”
(revisión bibliográfica)



ÍNDICE

OBJETIVOS.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	3
INTRODUCCIÓN	4-5
MARCO TEÓRICO	
CAPÍTULO 1	
IMPORTANCIA Y COMPOSICIÓN DEL CALOSTRO	6-14
CAPÍTULO 2	
EFFECTO DE LA NUTRICIÓN EN LA VACA SOBRE EL VOLUMEN Y COMPOSICIÓN DEL CALOSTRO.....	15-17
CAPÍTULO 3	
CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CALOSTRO	18-21
CAPÍTULO 4	
MÉTODOS DE ALIMENTACIÓN CON CALOSTRO.....	22-26
CAPÍTULO 5	
MECANISMOS DE ABSORCIÓN DE LAS INMUNOGLOBULINAS	27-28
CAPÍTULO 6	
TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA.....	29-30
CAPÍTULO 7	
FACTORES QUE AFECTAN LA INMUNIDAD PASIVA.....	31-43
CAPÍTULO 8	
EVALUACIÓN DE LA INMUNIDAD PASIVA	44-45
CAPÍTULO 9	
SUSTITUTOS DE CALOSTRO COMERCIALES.....	46-49
DISCUSIÓN	50-52
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54-70

OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar el impacto que tiene la alimentación con calostro bovino de raza lechera en las terneras.

Objetivo específico

Con el propósito de estudiar:

- 1) El efecto sobre el desarrollo del tubo digestivo, así como la colonización bacteriana del mismo, el metabolismo energético y la función de los leucocitos calostrales.
- 2) Los diferentes métodos de alimentación en las terneras recién nacidas.
- 3) El mecanismo de la Transferencia de Inmunidad Pasiva en las terneras.
- 4) Como influye el ofrecer el calostro a determinadas horas de nacida de la ternera, así como la temperatura, volumen y calidad de éste.
- 5) El efecto de administrar a las terneras calostro pasteurizado.
- 6) La clasificación del calostro de acuerdo con su calidad.
- 7) La evaluación de la inmunidad pasiva en las terneras.
- 8) El efecto de la ingesta de sustituto de calostro comercial y calostro suplementado sobre la Transferencia de Inmunidad Pasiva en las terneras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopiló información digital de revistas científicas lo más reciente posible (2009 en adelante), se utilizaron documentos anteriores por razones de importancia, así como de libros actualizados.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En las explotaciones intensivas del ganado bovino de razas lecheras, normalmente, separan a la madre de su(s) cría(s) inmediatamente después del parto. En caso de ser macho, simplemente es alimentado con calostro y vendido, sin embargo; si la cría es hembra, permanecerá en la unidad de producción y se criará hasta el término de su vida productiva, durante este tiempo, la becerrá recibirá un manejo nutricional y zootécnico capaz de cubrir sus necesidades de crecimiento, para que, en su estado adulto, sea capaz de expresar todo su potencial genético. (Espada *et al.*, 2011; Indra *et al.*, 2012).

INTRODUCCIÓN

La crianza de terneras constituye una de las bases fundamentales para que una explotación bovina tenga éxito, ya que son una inversión para el futuro de cualquier granja lechera, uno de los factores más importantes para que las terneras puedan expresar su potencial genético futuro es su correcta alimentación. [\(Indra et al., 2012\)](#).

La estructura epiteliocorial de la placenta de los rumiantes impide el paso transplacentario de inmunoglobulinas durante la gestación, consecuentemente los rumiantes recién nacidos son hipogamaglobulinémicos. [\(Reece, 2010\)](#). Por lo tanto, la transferencia de estas moléculas a través del calostro desde la madre es la clave para la supervivencia del recién nacido. [\(Gómez-Lucía et al., 2007\)](#).

El calostro es la primera alimentación para la ternera, contiene altas cantidades de células (leucocitos), nutrientes (lactosa, grasa total, proteínas, minerales, vitaminas etc.), sustancias bioactivas (hormonas, factores de crecimiento y citoquinas). [\(Baldi et al., 2008; Hammon et al., 2013\)](#). El calostro promueve la salud y el crecimiento, modula el sistema inmune, madura el desarrollo morfológico y fisiológico del tracto gastrointestinal, metabólico y endócrino del neonato. [\(Blum, 2003; Quezada-Tristán et al., 2014\)](#).

Por lo tanto, un deficiente suministro de calostro representa un riesgo para el recién nacido y se traduce en animales con menor crecimiento, menor vitalidad y probabilidad de supervivencia. [\(Espada et al., 2011\)](#). Esta secreción, posee, diferentes tipos inmunoglobulinas (IgG's 85-90%, IgM 7% e IgA 5%), sin embargo; el calostro de alta calidad es aquel que contiene una concentración superior a 50 g/L de IgG's , y son específicas para los microorganismos patógenos presentes en el medio ambiente de las terneras, además, el calostro debe tener una concentración baja de bacterias (recuento total <100,000 ufc/mL y recuento de coliformes <10,000 ufc/mL). [\(Maunsell, 2014\)](#). Sin embargo; sus componentes, disminuyen drásticamente conforme avanza el número de ordeños, por lo que, es

importante ofrecer a la becerro recién nacida el calostro del primer ordeño en las primeras dos horas de vida, a un nivel del 7 - 8 % de su peso vivo (kg), después de 6-8 horas, se debe ofrecer la segunda alimentación con el mismo calostro de ser posible, sin embargo, se puede utilizar el calostro del segundo ordeño, a una cantidad del 2-3% del peso vivo, de esta manera, la becerro debe consumir al menos el 10 % de su peso vivo de calostro durante las primeras 24 horas de vida, para obtener una inmunidad pasiva adecuada (>10 mg/mL de IgG´s sérica). (Dunn *et al.*, 2017).

MARCO TEÓRICO

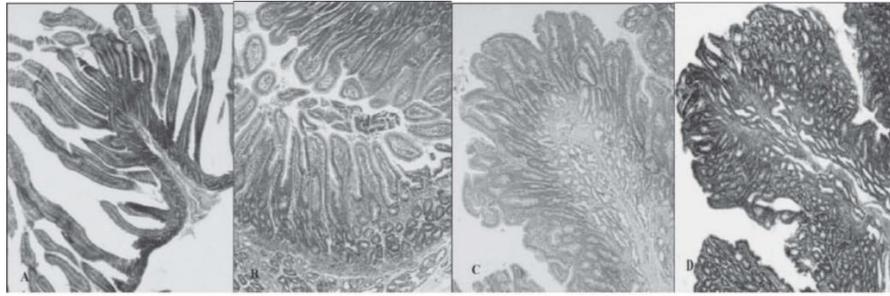
CAPÍTULO 1 IMPORTANCIA Y COMPOSICIÓN DEL CALOSTRO

Efecto del calostro sobre el desarrollo del tubo digestivo

El calostro, además de tener nutrientes (proteína, grasa, lactosa etc.,) tiene hormonas (como la insulina, IGF-1, cortisol, leptina, péptido parecido a glucagón tipo 2) que intervienen en el crecimiento y la maduración del epitelio del tracto digestivo, además, activa y/o madura las funciones relacionadas con la digestión y la absorción de nutrientes. Los neonatos alimentados con calostro del primer ordeño responden con mayor desarrollo del tubo digestivo y un mayor crecimiento corporal durante los primeros días de vida, comparado con becerros alimentados con leche de transición (calostro del 2 – 3^{er} ordeño) o bien leche (6^oordeño). [\(Yan et al., 2015\)](#). **Yan y colaboradores** en [2015](#) así lo confirmaron al utilizar un grupo de becerros Holstein recién nacidos los cuales fueron asignados a 1 de 4 tratamientos alimenticios:

- 1) Calostro
- 2) Leche de transición
- 3) Leche
- 4) Sin alimento.

Después del segundo día de edad, todos los becerros fueron alimentados de la misma manera (leche natural), a los ocho días de edad, los intestinos fueron recolectados para ser evaluados histológicamente y luego fueron comparados, estos investigadores observaron que el grupo alimentado con calostro del primer ordeño obtuvo mayor desarrollo intestinal, (ver figura 1), mayor ganancia de peso corporal y menores problemas sanitarios comparado con los demás grupos experimentales, (ver cuadro 1).



Sin alimento	Calostro	L. Transición	Leche
--------------	----------	---------------	-------

Figura 1. Efecto del calostro sobre el desarrollo del tubo digestivo del neonato microfotografías de duodeno teñidas con hematoxilina y eosina, observe el mayor desarrollo del duodeno en el grupo alimentado con calostro. (Yan *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Efecto del consumo de calostro sobre la ganancia de peso y el estado sanitario. (Yan *et al.*, 2015).

Tratamiento	Calostro (n=8)	L. Transición (n=8)	Leche (n=8)
Peso Inicial (Kg)	45.4 ± 2.1	42.2 ± 1.1	43.7 ± 1.2
Ganancia de peso hasta el día 8 (Kg)	2.2 ± 0.9 a	1.7 ± 0.1 b	-0.4 ± 0.1 c
No. de Becerros con Diarrea	0	1	5

Literales diferentes (a-c) son estadísticamente diferentes (P <0.05).

Efecto del calostro sobre el metabolismo energético del neonato

Durante la etapa fetal, la placenta permite un flujo continuo de glucosa, lactato, y aminoácidos, estos nutrientes son las principales fuentes de energía para el feto, sin embargo, después del parto, esta fuente, cambia por un suministro de grasas, proteínas, y de lactosa presentes en el calostro. Los neonatos nacen hipoglucémicos (65 – 70 mg/dL), sin embargo, el glucógeno que se almacenó en el hígado al término de la gestación sirve como la principal fuente de glucosa durante las primeras horas de vida, la glucemia aumenta después del consumo de calostro (±125mg/dL), ya que los becerros nacen con la capacidad enzimática intestinal para

digerir lactosa y absorber glucosa, sin embargo, el consumo de calostro madura esta capacidad. La baja concentración de lactosa en el calostro ($\pm 2.9\%$ en base seca) no cubre las necesidades de glucosa de los becerros, sin embargo, la gluconeogénesis presenté en el feto debe madurar de inmediato. El aumento de glucosa y aminoácidos en sangre provocado por la ingestión del calostro, son potentes secretagogos de insulina-glucagón en el páncreas, de IGF-1 en el hígado, entre otros mensajeros químicos que maduran el metabolismo energético, proteico y el crecimiento, de esta manera, también madura el eje somatotrópico (hipotálamo, adenohipófisis, hígado, páncreas., etc.) y sus hormonas (insulina, IGF-1, hormona del crecimiento etc.), en los neonatos. [\(Hammon et al., 2012.\)](#).

Beneficios del calostro sobre la colonización bacteriana del tubo digestivo

Después de nacer, los becerros presentan una pequeña población bacteriana en el tracto digestivo, sin embargo, tan pronto son alimentados con calostro, comienza esta colonización, *Lactobacillus spp.* y *Bifidobacter spp.*, son las principales bacterias colonizadoras, además de ser saprofitas e inofensivas, no permiten la colonización de bacterias patógenas (*Escherichia coli*, *Clostridium spp.*), el retardo del consumo de calostro demora la colonización de bacterias saprofitas, pero, permite la colonización de las patógenas. El calostro se puede pasteurizar (60°C x 30-60 minutos) y reduce todas las poblaciones microbianas en este alimento. El tratamiento térmico del calostro favorece la colonización de *Bifidobacter spp.* e inhibe la colonización de *Escherichia coli* en el tracto digestivo de los becerros. [\(Malmuthuge et al., 2015\)](#).

Fischer y colaboradores (2018), evaluaron el tiempo de la primera alimentación con calostro del primer ordeño, sobre la colonización bacteriana en el intestino de becerros Holstein, los cuales fueron asignados a 1 de 3 tratamientos después del nacimiento:

- 1) calostro a los 45 minutos (0 horas, n = 9).
- 2) calostro a las 6 horas (n = 9).

3) calostro a las 12 horas (n = 9).

El calostro que se utilizó fue natural y pasteurizado (62 g de IgG´s/L) a un nivel del 7.5 % de su peso vivo (kg). A las 51 horas de edad, todos los intestinos fueron recolectados y mediante PCR de tiempo real se cuantificó la prevalencia de algunas poblaciones bacterianas entre ellas *Bifidobacterium spp.*, y *Lactobacillus spp.* En el tratamiento de 12 horas, los becerros tuvieron una menor prevalencia de *Bifidobacterium spp.* ($0.12 \pm 0.017\%$) y *Lactobacillus spp.* ($0.07 \pm 0.019\%$) en la mucosa del colon. En el tratamiento de 0 horas, los becerros obtuvieron una mayor prevalencia de *Bifidobacterium spp.* y *Lactobacillus spp.* ($1.24 \pm 0.648\%$ y $0.26 \pm 0.075\%$, respectivamente), (ver figura 2).

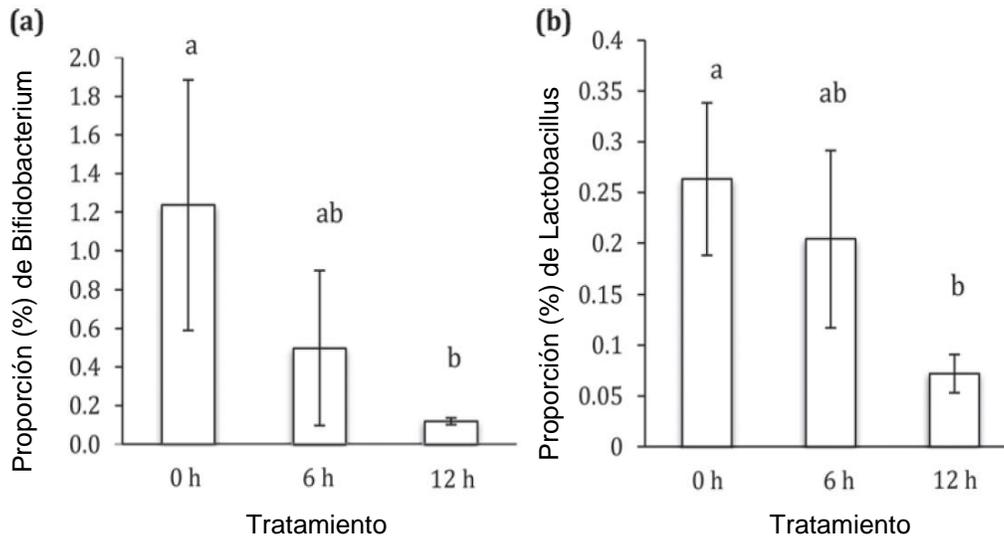


Figura 2. Efecto de la alimentación retardada de calostro (6 o 12 h) en el retardo en la colonización de bacterias benéficas (*Bifidobacterium spp.* y *Lactobacillus spp.*) asociado con la mucosa de colon de los terneros neonatos. Las barras representan la media \pm SEM. Literales diferentes (a, b) indican una diferencia estadística a un nivel menor a $P = < 0.05$. (Fischer *et al.*, 2018).

Función de los leucocitos presentes en el calostro

Los leucocitos están presentes en el calostro en una cantidad aproximada de 1 - 2.5 $\times 10^6$ /ml, de los cuales, alrededor del $24 \pm 8\%$ se encuentran viables. (Dos Reis Costa *et al.*, 2017). Meganck y colaboradores (2014), estudiaron la distribución

de estas células e identificaron un 33 % de macrófagos, 25 % de linfocitos “T” y 3 % de linfocitos “B”. Los leucocitos presentes en esta secreción y absorbidos a través del epitelio intestinal mejoran la respuesta inmune innata inespecífica del neonato, por ejemplo, aumentan el número de neutrófilos y linfocitos al día 7 de edad. (**Dos Reis Costa et al., 2017; Fontes Novo et al., 2017**). Además, aumentan otros perfiles hematológicos como, el número de eritrocitos y la concentración de hemoglobina al día 14 de edad. (**Fontes Novo et al., 2017**).

Sin embargo, la absorción de estas células no afecta la concentración de anticuerpos absorbidos. (**Langel et al., 2015**). Los becerros al recibir un calostro fresco, con leucocitos viables y de sus propias madres tienen mayores ventajas en la salud que los becerros que consumen calostro libre de leucocitos, ya que, el proceso de congelación, almacenamiento y calentamiento para su posterior uso destruye estas células. (**Langel et al., 2015; Dos Reis Costa et al., 2017; Fontes Novo et al., 2017**).

Composición química del calostro

Nutrientes

El calostro, es la primera secreción liberada por la glándula mamaria después del parto, contiene la primera fuente de nutrientes esenciales para la supervivencia inmediata del neonato, la mayoría de los componentes (nutrientes, hormonas, inmunoglobulinas., etc.) presentes en esta secreción, superan la concentración a la leche, la única excepción es la lactosa, que posee una menor proporción que la leche, y estos componentes disminuyen abruptamente con el número de ordeños (ver cuadro 2). (**Morril et al., 2012; McGrath et al., 2016; Godden et al., 2019**).

Carbohidratos

La baja concentración de lactosa ($\pm 2.7\%$) en el calostro, provoca un mínimo efecto osmótico, y una elevada concentración de sólidos totales ($\pm 23.9\%$), por lo que, esta secreción, es espesa y de poco volumen. En el calostro, existen diversos azúcares, como la glucosa, glucosamina, galactosamina, oligosacáridos, entre otros glúcidos,

sin embargo, la concentración de estos es pequeña y variable debido a la elevada variedad alimenticia y genética de las vacas, por lo que, la lactosa es el azúcar más comúnmente cuantificable. (Godden, 2008; Godden *et al.*, 2019).

Grasas

En la mayoría de las veces, la concentración de grasas totales, es mayor en el calostro ($\pm 6.7\%$) comparado con la leche ($< 4\%$), estas grasas derivan principalmente del tejido adiposo, por la lipólisis ocasionada por el balance energético negativo (triglicéridos = glicerol + tres ácidos grasos de cadena larga), sin embargo, nueva síntesis (ácidos grasos de cadena corta) ocurre en el alveolo mamario a partir de otras sustancias provenientes de la fermentación ruminal (ácido acético). El colesterol y sus derivados (hormonas esteroideas), están en altas concentraciones en el calostro y tienen diversos efectos biológicos, ya que, dentro de las células del recién nacido (enterocito) existen receptores intracitosólicos e intranucleares para estas sustancias, además, las vitaminas liposolubles (A, D, E, y K) y otras sustancias lipídicas están en esta secreción y son parte de las grasas totales presente en esta secreción. (Morris *et al.*, 2012; McGrath *et al.*, 2016; Godden *et al.*, 2019).

Proteínas

La concentración de proteínas totales es mayor en el calostro ($\pm 14\%$), que en la leche ($\pm 3.1\%$), las alfa-globulinas (IgG's, IgA, IgM, IgE), las hormonas de naturaleza química proteicas y peptídicas (leptina, insulina, péptido parecido a glucagón tipo 1 y 2, IGF-1, hormona del crecimiento, etc.,) y diversas proteínas como las caseínas, la albumina sérica, la lactoferrina, entre otras, son parte de las proteínas totales presentes en el calostro. (Godden, 2008; Godden *et al.*, 2019).

Otros componentes

Diversos elementos se encuentran en el calostro: minerales, vitaminas hidrosolubles, nucleótidos, nucleósidos, enzimas, inhibidores de enzimas, enzimas antioxidantes y otros elementos en conjunto son parte de los sólidos totales

presentes en el calostro. (Morril *et al.*, 2012; McGrath *et al.*, 2016; Godden *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Contenido de nutrientes en calostro, leche de transición y leche.				
(Godden <i>et al.</i>, 2019).				
	Calostro	Leche de transición		Leche
Nutrientes	Numero de ordeños posparto			
	1	2	3	6
Gravedad especifica	1.056	1.040	1.035	1.032
Solidos totales (%)	23.9	17.9	14.1	12.9
Lactosa (%)	2.7	3.9	4.4	5.0
Grasa (%)	6.7	5.4	3.9	4.0
Proteína total (%)	14.0	8.4	5.1	3.1
Caseína (%)	4.8	4.3	3.8	2.5
Insulina (µg/L)	65.9	34.8	15.8	1.1
IGF-1(µg/L)	341	242	144	15
Abreviaturas: µg = microgramo, L = litro				

Se han realizado estudios comparando la composición química del calostro entre razas (Holstein vs. Jersey), demostrando que la concentración de inmunoglobulinas es mayor, conforme incrementa el número de lactancias, sin embargo; la concentración de sólidos totales (%) y grasa (%) en el calostro, es mayor en las primíparas, que, en los otros grupos por número de lactancias, (ver cuadros 3 y 4). (Morril *et al.*, 2012).

Cuadro 3. Concentración de nutrientes (% MS), IgG (mg/mL) y conteo total en placa de bacterias (log 10 UFC /mL) en calostro bovino. (Morris et al., 2012).

Concepto	n=	Media	Desv-est	Min	Max
IgG (mg/ml)	827	68.8	32.9	< 1.8	200.2
Grasa (%)	531	5.6	3.2	1.0	21.7
Proteína (%)	542	12.7	3.3	2.6	20.5
Lactosa (%)	538	2.9	0.5	1.2	4.6
MS (%)	596	22.6	4.7	1.7	33.1

Cuadro 4. Diferencias en concentraciones de nutrientes (% Sólidos Totales), IgG (mg/mL) en el calostro bovino entre razas y grupos etarios (1^a, 2^a y 3^a lactancias). (Morris et al., 2012).

Concepto	Razas		Lactancias		
	Holstein n=494	Jersey n=87	1° n=49	2° n=174	≥ 3° n=128
IgG's (mg/mL)	74.2	65.8	42.4 ^a	68.6 ^b	95.9 ^c
Grasa (%)	5.3	5.3	6.6 ^c	4.2 ^b	5.1 ^b
Proteína (%)	12.5	12.6	12.4	12.1	13.1
Lactosa (%)	3.0	2.9	3.0 ^{ab}	2.8 ^a	3.1 ^b
Sólidos Totales (%)	22.2	23.0	23.5 ^b	20.8 ^a	23.4 ^b

Literales diferentes (a-c) entre grupos son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Por otra parte, **Shivley et al., (2018)** recopilaron 1,972 muestras de calostro, en 13 entidades de Estados Unidos de América (E.U.A.), para cuantificar la concentración promedio de IgG's (Inmunodifusión radial). Los resultados revelaron que la concentración promedio de IgG's en las muestras de calostro fue: 74.4 ± 0.72 g/L, de las cuales el 77.4% de estas muestras obtuvieron un nivel de IgG's mayor a 50 g/L, (ver cuadro 5).

La concentración promedio de IgG's en el calostro fue mayor en las vacas de más de 3 lactaciones (84.7 ± 2.26 g/L) comparado con las de primera lactancia (72.3 ± 2.33) y segunda lactancia (72.0 ± 2.40), la menor concentración de IgG's fue para los sustitutos de calostro comercial (40.3 ± 6.72 g/L), (ver cuadro 6).

Cuadro 5. Porcentaje de calidad de calostro a partir de 1,972 muestras. (Shivley *et al.*, 2018)

	Calidad de las muestras de calostro		
	Mala	Regular	Excelente
Promedio = 74.4 ± 0.72 g/L	≤ 40 g/L	≥ 40 - ≤ 50 g/L	≥ 50 g/L
Porcentaje de las muestras →	13.2 %	9.4 %	77.4 %

Cuadro 6. Concentración promedio de IgG's en el calostro (g/L) de diferentes lactancias y fuentes de calostro. (Shivley *et al.*, 2018).

No. Lactancia	IgG's g/L (calostro)
1°	72.3 ± 2.33 a
2°	72.0 ± 2.40 a
≥ 3°	84.7 ± 2.26 b
Sustitutos de calostro (comercial)	40.3 ± 6.72 c

Literales diferentes (a-c) son datos estadísticamente diferentes (P<0.001).

CAPÍTULO 2

EFFECTO DE LA NUTRICIÓN EN LA VACA SOBRE EL VOLUMEN Y COMPOSICIÓN DEL CALOSTRO

Jabones cálcicos de ácidos grasos

La suplementación dietética con grasa de sobrepaso durante las últimas 3 semanas de gestación (vacas Holstein) tiene efectos positivos en la concentración de inmunoglobulinas presentes en el calostro. (Jolazadeh *et al.*, 2019). Se ha confirmado al utilizar vacas próximas a parir, en un estudio en el cual, fueron asignadas a tres tratamientos nutricionales:

- 1) Control (sin suplementación grasa).
- 2) Dieta suplementada con jabones cálcicos de ácidos grasos de aceite de soya (140 g/vaca/ día).
- 3) Dieta suplementada con jabones cálcicos de ácidos grasos de aceite de pescado (140 g/vaca/día).

Los resultados obtenidos en el postparto demuestran que la suplementación de jabones cálcicos de ácidos grasos no tiene efectos en el rendimiento (kg) del calostro, tampoco tiene efectos en la composición química de nutrientes. Sin embargo; aumenta la concentración de inmunoglobulinas en calostro (g/L), (ver cuadro 7). (Jolazadeh *et al.*, 2019).

Cuadro 7. Efecto de la grasa de sobrepaso sobre la concentración de IgG's en el calostro. (Jolazadeh *et al.*, 2019).

Calostro	Control (n=26)	Aceite –soya (n=26)	Aceite-pescado (n=26)	Valor P
Rendimiento (kg)	6.33	7.03	7.20	0.26
Grasa (g/kg)	67.5	61.0	60.5	0.53
Proteína (g/kg)	135	133	134	0.37
Lactosa (g/kg)	32.5	32.3	32.8	0.31
IgG's (g/L)	101	137	133	0.05

Suplementación de concentrado dietético

La suplementación dietética con concentrado durante las últimas 3 semanas de gestación (vacas Holstein) tiene efectos positivos en el rendimiento productivo lechero en el posparto (Dunn *et al.*, 2017), estos investigadores así lo confirmaron, al utilizar un grupo de vacas (n=37) próximas a parir las cuales fueron asignadas a dos tratamientos dietéticos:

- 1) Ensilado de pasto ad libitum.
- 2) Ensilado de pasto ad libitum + concentrado (3 kg/vaca/día).

Los resultados demostraron que la suplementación dietética con concentrado durante el parto tiene un efecto benéfico en el rendimiento (kg) de calostro, leche de transición y de leche en los primeros 8 ordeños ($P < 0.001$), sin embargo; este manejo alimenticio no afectó la concentración de IgG's en el calostro (mg/mL) ($P=0.64$), (ver cuadro 8), tampoco se afectó la concentración química de nutrientes.

Cuadro 8. Efecto de la suplementación dietética con concentrado, sobre el rendimiento (kg) de calostro, leche de transición, leche durante los primeros 8 ordeños y la concentración de IgG´s en el calostro. (Dunn *et al.*, 2017).

No. ordeños	Ensilado + concentrado (kg)	Ensilado (kg)	Valor P
1	7.48	7.10	< 0.001
2	4.87	3.80	< 0.001
3	7.21	5.98	< 0.001
4	11.42	7.99	< 0.001
5	10.70	8.91	< 0.001
6	13.13	9.89	< 0.001
7	11.06	10.24	< 0.001
8	14.16	11.95	< 0.001
IgG calostrál	55.2 (mg/mL)	53.3 (mg/mL)	0.64

Sales aniónicas y vitamina D3 activa (calcidiol)

Suplementar la dieta de vacas próximas a parir con sales acido-aniónicas, atenúa el declive del calcio total sanguíneo inmediatamente después del parto y reduce la incidencia de hipocalcemia en vacas lecheras, porque hace más eficiente el control hormonal (parathormona, vitamina D3 activa) asociado al metabolismo del calcio, sin embargo; este manejo alimenticio no ha tenido efecto sobre el rendimiento (kg) de calostro, tampoco en su composición química nutricional o concentración de IgG´s. (Vieira-Neto *et al.*, 2017; Rodney *et al.*, 2018; Martínez *et al.*, 2017). Sin embargo, Lopera y colaboradores (2018) encontraron un efecto de las sales aniónicas en el volumen de calostro producido, pero no tuvo efectos en la composición nutricional o concentración de IgG´s. Por otra parte, el calcidiol (vitamina D3 activa) a un nivel del 3 mg por cada Kg de dieta en materia seca, ha demostrado, efectos benéficos positivos en el metabolismo del calcio durante los últimos días de gestación y primeros días de lactación, esta vitamina D3 si mejora positivamente la concentración de IgG´s en esta secreción. (Martínez *et al.*, 2017).

CAPÍTULO 3

CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CALOSTRO

Refractómetro de Brix y de Golberg

No existe una clasificación de calidad del calostro con base a la concentración de nutrientes o cualquier factor bioactivo, sin embargo, si existe una para la concentración de inmunoglobulinas (IgG's 85-90%, IgM 7% e IgA 5%), la clasificación de calidad es cuando un calostro contiene más de 50 gramos de IgG's por litro mediante el método de **Inmunodifusión radial (IDR)**, esta cuantificación directa, no es realizada en los Establos por su elevado costo y tiempo, sin embargo, el refractómetro óptico de Brix brinda una alternativa indirecta de medición, este refractómetro, ofrece una escala de porcentaje de sólidos totales (% ST) en un líquido y lecturas por arriba de 21-23 % ST también significa calidad (ver figura 3). Existe una correlación positiva aceptable ($r= 0.64 - 0.75$) entre el método directo de cuantificación de IgG's por IDR y el método indirecto de medición Brix (% ST), es decir, a mayor porcentaje de ST en la escala Brix, mayor concentración de IgG's presentes por el método IDR (ver figura 4), con una especificidad del 82.8 %, hace a este último método, económico, confiable y fácil de realizar en los Establos, además, su lectura no es afectada por la temperatura del calostro. (Quigley *et al.*, 2013; Bartier *et al.*, 2015).



Figura 3. Refractómetro óptico y digital con escala Brix. Su lectura ofrece proporción de sólidos totales en un líquido. Lecturas arriba de 21-23 % significa buena calidad de calostro. (Quigley *et al.*, 2013., Bartier *et al.*,2015).

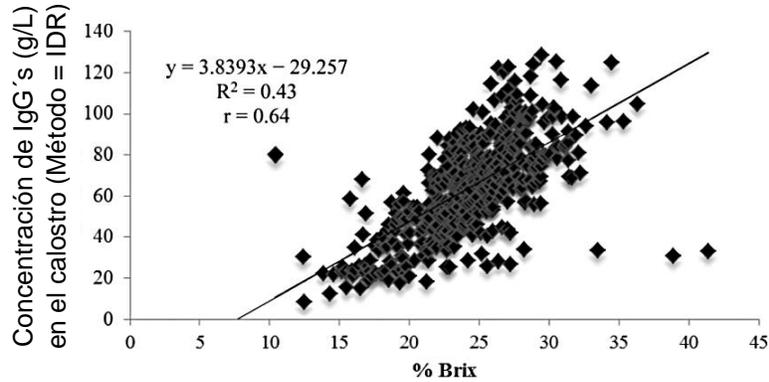


Figura 4. Correlación positiva entre cuantificación directa de IgG's por el método IDR y medición indirecta de IgG's mediante la escala (% ST) del refractómetro óptico de Brix. Calostro de vacas (n=460, r= 0.64). (Bartier *et al.*, 2015).

El refractómetro óptico de Golberg mide la gravedad específica (solutos en un solvente= $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), su escala (1.00 - 1.07) tiene una correlación positiva débil ($r=0.53$) con la cuantificación directa de IgG's a través del método IDR, una lectura superior a 1.050 mosm/mL significa buena calidad, (ver figuras 5 y 6), sin embargo, este tipo de refractómetro tiene una limitación para evaluar la calidad del calostro. (Morin *et al.*, 2001).

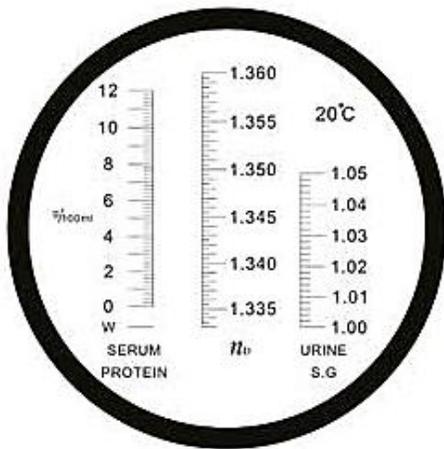


Figura 5. Ver escala derecha del refractómetro de Golberg (>1.050 = buena calidad). (Morin *et al.*, 2001).

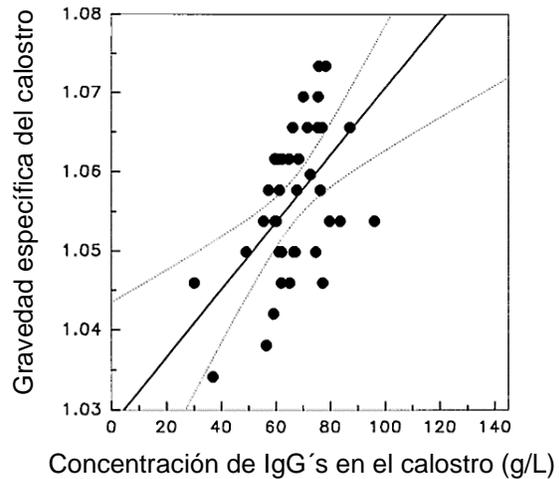


Figura 6. Observe la correlación débil ($r=0.53$) y la dispersión de datos entre la escala del refractómetro de Golberg y la concentración de IgG's por IDR (n=48). (Morin *et al.*, 2001).

El calostrómetro

Es un aparato que mide la gravedad específica (soluto/solvente) del calostro, sin embargo, presenta una escala indirecta de concentración de inmunoglobulinas (g/L). Este dispositivo debe flotar en la probeta llena de calostro y ofrece tres categorías de calidad: verde=bueno, amarillo=medio, rojo= malo, (ver cuadro 9 y figura 7). (Gelsinger *et al.*, 2014). Existe una correlación positiva aceptable ($r=0.77$) entre la cuantificación directa de IgG's por el método IDR y la medición indirecta a través del calostrómetro, es decir, a mayor densidad específica obtenida por el calostrómetro, mayor es la concentración de IgG's por el método directo de IDR, con una especificidad del 77%, por lo que este método indirecto de medición, es una alternativa económica, confiable y fácil de implementar en los Establos para categorizar las muestras de calostro, (ver figura 8), sin embargo; para obtener lecturas confiables, el calostro, debe tener una temperatura de 20-22°C. (Bartier *et al.*, 2015).

Cuadro 9. Calidades del calostrómetro y su concentración promedio de IgG's por IDR. (Gelsinger *et al.*, 2014).

Calidad	IgG's - g/L calostrál (IDR)
Alta	98.8 a
Media	71.9 b
Baja	56.4 c

Literales diferentes entre grupos (a-c) son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).



Figura 7. Calostrómetro. Observe donde flota el dispositivo en el calostro, si lo hace en la banda verde significa buena calidad (50-140 g/L de IgG's).

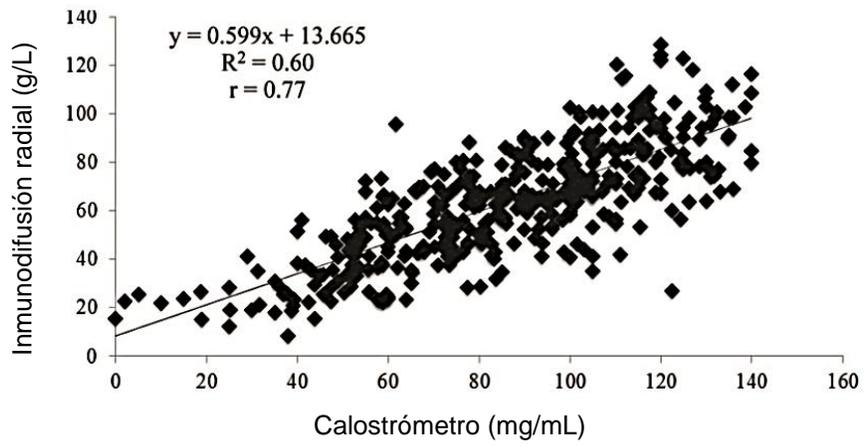


Figura 8. Correlación positiva aceptable ($r=0.77$) entre medición directa de IgG's por IDR y medición indirecta con gravedad específica mediante calostrómetro. (Bartier *et al.*, 2015).

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE ALIMENTACIÓN CON CALOSTRO

Una administración apropiada del calostro es esencial para alcanzar una inmunidad máxima en las terneras (ver figura 9 y 10). De preferencia, el calostro debe ser ordeñado de la vaca en forma manual o mecánica dentro de los primeros 30 minutos después del nacimiento y se debe administrar a la ternera; normalmente existen dos métodos de alimentación artificial con calostro: 1) biberón y 2) sonda esofágica, esta última asegura que las terneras reciban la cantidad requerida de calostro dentro del tiempo requerido. Su uso cuidadoso evita lastimar a las terneras, además de ser útil para becerras débiles o renuentes que no beberán por sí mismas. (Davis y Drackley, 2002; Heinrichs, 2007; Espada *et al.*, 2011; Desjardins-Morrisette *et al.*, 2018).



Figura 9. El calostro se debe proporcionar a una temperatura próxima a la corporal (38-39°C) mediante biberón o sonda esofágica (Tomado y modificado de Espada *et al.*, 2011).



Figura 10. El equipo debe quedar totalmente limpio después de cada uso para minimizar el riesgo de crecimiento bacteriano y la transferencia de patógenos (Espada *et al.*, 2011).

La temperatura del calostro para las terneras es muy importante. Las terneras instintivamente prefieren tomar líquidos que estén a temperatura corporal, alrededor de 38-39°C. Cuando el calostro está por debajo de esta temperatura, resulta menos

palatable para la becerria e incluso puede rechazarlo. Una de las consecuencias de consumir calostro por debajo de la temperatura corporal (38.5-39°C), es que las terneras experimentan, una disminución de su temperatura interna y destinan energía para producir calor y regresar a su temperatura normal en vez de usar energía para crecer. Es importante tener en cuenta el tiempo que transcurre entre la preparación del biberón o sondeo esofágico y el momento de la ingesta. (Bentley *et al.*, 2019).

El calostro administrado en exceso no es un problema, salvo que se aporte en una sola toma. La capacidad del abomaso en un animal recién nacido, aunque varía con el tamaño del individuo, es aproximadamente de dos litros, por lo que el animal rara vez superará dicho volumen por toma. (Andersen *et al.*, 2012; Fleming, 2014). Para suministrar una cantidad superior, a fin de asegurar una concentración óptima de IgG's en suero, se puede emplear la sonda esofágica, (ver figura 11 a la 14), administrando hasta los cuatro litros en una toma, pues el calostro se queda en el rumen. Sin embargo, es más recomendable proporcionárselo en dos tomas, separadas unas horas. Una ternera de unos 40 kg de peso vivo deberá ingerir unos seis litros de calostro durante el primer día de vida, unos dos litros tan pronto como sea posible, otros dos en las 8-10 horas siguientes y dos más antes de las 24 horas (Davis y Drackley, 2002; Espada *et al.*, 2011).



Figura 11. Estimación de la distancia entre la boca y el «hombro» del ternero (Mendoza *et al.*, 2017)



Figura 12. Introducción de la sonda esofágica por la boca del ternero (Mendoza *et al.*, 2017)



Figura 13. Palpación de la sonda a través del esófago (Mendoza *et al.*, 2017)



Figura 14. Suministro de calostro a través de la sonda (Mendoza *et al.*, 2017).

En las investigaciones de **Latour-Rowet y Breukink (1983)**, y **Adams *et al.*, (1985)**, informaron que la absorción de IgG's fue mayor cuando se permitió que los terneros se alimentarán de un biberón que cuando fueron alimentados por sonda (ver figura 15). El calostro aportado con sonda esofágica llega al rumen antes de pasar al abomaso e intestino, esto supone un lapso de 2 a 4 horas para el ingreso de las IgG's calostrales al intestino, por lo que podría haber un retraso y menor absorción. Sin embargo, en condiciones adecuadas y aportes correctos esto no implica un mal encalostrado.

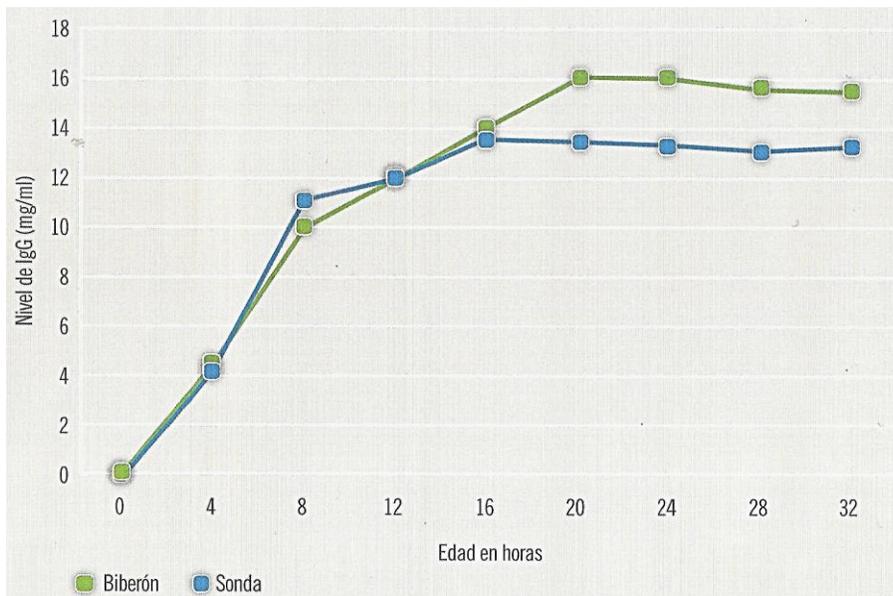


Figura 15. Efecto del método de administración de calostro sobre la concentración plasmática de IgG's en las primeras horas de vida. (Adams *et al.*, 1985).

En el estudio de **Kaske y colaboradores (2005)**, examinaron la alimentación con calostro en terneras de una hora de nacidas, asignaron en dos grupos: 1) 21 terneras alimentadas con 2 L de calostro de su madre con biberón y 2) 15 terneras alimentadas con 4 L de calostro de su madre mediante sonda esofágica. Posteriormente, todas las terneras fueron alimentadas con sustituto de leche exclusivamente. La concentración sérica de proteína total a las 24 hrs postparto (determinado por ELISA), fue mayor en terneras alimentadas con sonda esofágica (25.2 g/L) ($p < 0.05$), en comparación con las terneras alimentadas con biberón (14.1 g/L) ($p < 0.05$). Sin embargo, las terneras alimentadas con sonda registraron, un retraso de 3 hrs (aprox.) en el aumento de la concentración de IgG's sérica. La administración adecuada de calostro con sonda esofágica es un método útil de alimentación. La falla en el reflejo del surco esofágico en terneras alimentadas con sonda no causó consecuencias clínicas. (**Kaske et al., 2005**).

Además, la administración de volúmenes más grandes de calostro a través de la sonda esofágica puede compensar la eficiencia de absorción disminuida y lograr el objetivo de una absorción adecuada de IgG's con seguridad y en una menor cantidad de tiempo. Por consiguiente, este método se adapta especialmente para el manejo de establecimientos grandes. Cuando se administra un gran volumen de calostro (4 Litros) al nacimiento, los productores deberían considerar que es posible que los terneros no tengan interés en tomar calostro adicional a las 6 o 12 Horas de edad. Por lo tanto, puede ser necesario administrar por sonda esofágica los 2 L adicionales en ese momento. (**Weaver et al., 2000; Davis y Drackley, 2002**).

En un estudio más actual **Desjardins-Morrisette y colaboradores (2018)**, demostraron que el método de alimentación con calostro (sonda esofágica vs. biberón), no ofrece diferencias en la velocidad, tampoco en la eficiencia de absorción intestinal de inmunoglobulinas (mg/mL suero) durante las primeras 48 hrs de vida, a pesar de que la vía de alimentación con sonda demostró mayor consumo de calostro que el biberón (2.96 vs. 2.47 L respectivamente, SEM= 0.130, P= 0.01), la máxima concentración sérica de IgG's fue a las 14.6 ± 1.88 hrs con una concentración sérica de 24.4 ± 0.40 mg/mL. En ambos grupos experimentales,

ofrecieron calostro comercial (200 g de IgG/3L). Estos resultados coinciden con estudios anteriores de **Besser *et al.*, (1991)**; **Chigerwe *et al.*, (2012)**; **Bonk *et al.*, (2016)** y **Shah *et al.*, (2019)**.

CAPÍTULO 5

MECANISMOS DE ABSORCIÓN DE LAS INMUNOGLOBULINAS

La falla en la absorción intestinal de IgG's es una de las principales razones por las que la transferencia pasiva puede fracasar, a pesar de una ingesta adecuada de IgG's. El hecho de que las inmunoglobulinas del calostro no sean digeridas y se absorban obedece a varias razones, por una parte, las células fundicas del abomaso no secretan ácido clorhídrico durante las primeras 24 horas de vida, por lo que, el pepsinógeno no es convertido en pepsina y no son digeridas las proteínas, además la rennina solo actúa coagulando a la caseína. Por otra parte, el calostro posee un factor inhibidor de la tripsina que evita la digestión de las proteínas como las inmunoglobulinas. (Longenbach y Heinrichs, 1998). Además, según Yvon *et al.*, (1993) el calostro tiene una velocidad de tránsito mucho mayor que la leche entera, por lo que, las proteínas calostrales no se degradan y permanecen intactas hasta el intestino delgado. (Hurley, 2009; Tizard, 2019).

Las inmunoglobulinas del calostro se unen a receptores Fc especializados, en las células epiteliales del intestino de los recién nacidos, denominados receptores FcRn. El receptor es una molécula de clase Id del complejo mayor de histocompatibilidad (CMH). (Gómez-Lucía *et al.*, 2007; Tizard, 2019). Una vez unidas al receptor FcRn, las moléculas de inmunoglobulina entran por endocitosis en las células epiteliales intestinales y se liberan hacia el espacio extracelular, donde son captadas por los vasos quilíferos, y son transportadas hasta el sistema venoso a través del conducto torácico. Finalmente, las inmunoglobulinas absorbidas alcanzan la circulación sanguínea, recibiendo así los animales recién nacidos una transfusión masiva de inmunoglobulinas maternas. (Bush y Staley, 1980; Hurley, 2009, Tizard, 2019).

Este proceso de absorción de macromoléculas ocurre sólo en el yeyuno, las macromoléculas son captadas por los enterocitos del íleon, pero son degradados

dentro de los lisosomas de la célula. (Stott *et al.*, 1979a; Hurley, 2009). Por lo general, la permeabilidad es más elevada justo después del nacimiento y desciende alrededor de las 6 horas, porque las células epiteliales intestinales que poseen receptores FcRn son sustituidas por células más maduras que no expresan este receptor. (Thompson y Paul, 1981; Tizard, 2019).

En las investigaciones de Stott *et al.*, (1979a) y en Tizard (2019), encontraron altas tasas de absorción durante las primeras 4 horas, que disminuyen rápidamente; después de la alimentación inicial, sin importar la edad de la ternera al momento de la ingestión. Como regla general, la absorción de todas las clases de inmunoglobulinas, se reducen a niveles muy bajos tras 24 horas (aprox.) (ver figura 16). La alimentación con calostro tiende a acelerar este cierre, mientras que el retraso en la ingestión de alimento ocasiona un ligero retraso en el cierre (hasta 33 horas). Los niveles más elevados de inmunoglobulinas séricas generalmente están entre las 12 y 24 horas tras el nacimiento. Cuando cesa la absorción, estos anticuerpos adquiridos pasivamente disminuyen a causa de los procesos metabólicos normales. El ritmo de disminución es diferente para cada clase de inmunoglobulina, y el tiempo que tarda en disminuir hasta niveles no protectores depende de la concentración inicial. (Hurley, 2009; Tizard, 2019).

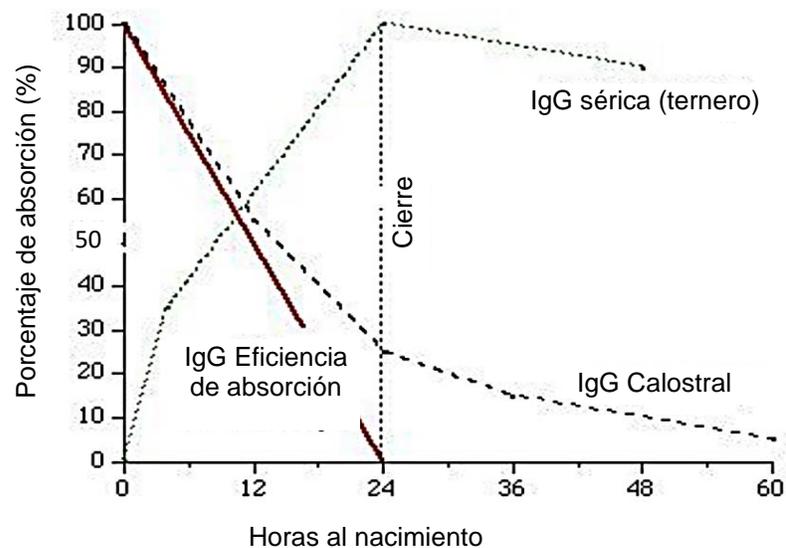


Figura 16. Relación temporal entre el cierre del epitelio intestinal, la absorción de IgG's, las IgG calostrales y las IgG séricas del ternero. (Hurley, 2009).

CAPÍTULO 6

TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA

Cuando las inmunoglobulinas presentes en el calostro son absorbidas a través de la pared intestinal e incorporados al torrente sanguíneo y a las distintas mucosas de la becerro, esta, queda protegida contra los patógenos de su medio ambiente, esta absorción de inmunoglobulinas durante las primeras 24 horas del nacimiento, es denominada “Transferencia de inmunidad pasiva”. (Weaver y col., 2000; McGuirk y Collins, 2004; Smith y Foster, 2007; Godden., 2008). Los rumiantes tienen una placenta de tipo epiteliochorial y no permite el paso de moléculas de alto peso molecular (inmunoglobulinas) durante la gestación, por lo que, la transferencia de inmunidad pasiva es de suma importancia para los rumiantes neonatos. (Barrington y Parish, 2001; Borghesi *et al.*, 2014). Existen numerosos factores que afectan la inmunidad pasiva como: el volumen, momento de ingesta y concentración de IgG’s en el calostro ofrecido. (Godden, 2008). Así también, las terneras que presentan la primera coagulación del calostro en el abomaso tienen una mayor concentración de IgG’s que aquellos que presentan una coagulación incompleta o inexistente. (Miyazaki *et al.*, 2017). Además, la pasteurización (calostro= 60°C x 30-60 minutos) mejora la inmunidad pasiva y la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas (EAI), ya que, las bacterias interfieren con esta absorción. (Gelsinger *et al.*, 2014; Saldana *et al.*, 2019).

La **EAI** se define como: la cantidad de masa de IgG’s que se absorbe a la sangre del neonato antes del cierre del intestino (primeras 24 horas) y se expresa en porcentaje (%). $EAI = [\text{concentración IgG en suero (g/L)} \times \text{volumen plasmático(L)} / \text{consumo de IgG (g)}] \times 100$. (Quigley *et al.*, 1998, 2002) o bien $[(\text{peso al nacimiento} \times 0.095 \times \text{cantidad-IgG’s en suero}) / \text{consumo total de IgG’s}] \times 100$. (Saldana *et al.*, 2019).

Para indicar que la Transferencia de inmunidad es adecuada, la concentración de IgG’s en el suero de la ternera debe ser mayor a 10 g/L (equivalencia= 1,000 mg/dL

ó 10 mg/mL), (método: Inmunodifusión radial), al medirse luego de la ingestión de calostro, entre las 24-48 horas de vida. **(Smith y Foster, 2007; Godden, 2008, Godden et al., 2009a; Godden et al., 2019)**. Cuando, la concentración sérica de IgG´s en becerros es menor a los 10 mg/mL (método: Inmunodifusión radial) se trata de un caso de “Fracaso en la transferencia de inmunidad pasiva”. **(Quigley, 2000; Godden, 2008; Godden et al., 2009a)**.

CAPÍTULO 7

FACTORES QUE AFECTAN LA INMUNIDAD PASIVA

Volumen de ingestión de calostro

En la investigación de **Russell Sakai y colegas (2012)**, evaluaron el efecto del volumen de consumo de calostro natural sobre la inmunidad pasiva y la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas (**EAI**). Estos investigadores utilizaron un grupo de becerros Holstein recién nacidos los cuales fueron asignados a los tratamientos dietéticos (3L vs 4 L de calostro x sonda esofágica), y obtuvieron las muestras sanguíneas antes y a las 48 horas del consumo de calostro para ser analizadas (método: ELISA). Los resultados de este estudio no demostraron diferencias en la concentración de IgG´s séricas, tampoco en la **EAI** entre grupos ($P>0.05$), (ver cuadro 10). Ellos concluyen, que es necesario aumentar el número de muestras para observar alguna diferencia en la **EAI** a favor de los 3L de calostro ingerido, pues, sugirieron que esta eficiencia tiene un límite biológico.

Cuadro 10. Concentración promedio sérica de IgG´s en becerros (mg/mL) y su eficiencia de absorción (%) entre tratamientos (3L vs 4L) (Russell Sakai *et al.*, 2012).

Tratamiento	3 L n=14	4 L n=14	Valor P
IgG (mg/mL - suero/48 h)	8.63	10.20	0.61
EAI (%)	22	16.8	0.07

Literales diferentes (a-c) existe diferencias estadísticas entre grupos ($P < 0.05$).

Por otra parte, **Connely *et al.*, (2014)**, si encontraron diferencias en el efecto volumen de calostro ingerido natural sobre la inmunidad pasiva (g/L suero) y en su eficiencia de absorción de inmunoglobulinas (**EAI%**). Estos investigadores utilizaron becerros Holstein-Friesian (n=51), cruza de Jersey (n=29), HF x Norwegian Red (n=19) sin embargo, los grupos experimentales fueron hechos de manera

homogénea y asignados a uno de tres tratamientos: 7, 8.5 y 10% de su peso vivo (PV) expresado en litros de calostro, mediante sonda esofágica, dentro de las primeras 2 h de nacidos, el volumen promedio de calostro ofrecidos fue: 2.6L \pm 0.4, 3.2L \pm 0.5 y 3.8L \pm 0.6 para los tratamientos (7, 8.5 y 10 % PV respectivamente). La concentración promedio de IgG´s séricas fue medida a las 0, 24, 48, 72 y 642 h postprandial, mediante Elisa. Los becerros alimentados a un nivel del 8.5 % PV obtuvieron una mayor concentración de IgG´s sérica que aquellos becerros alimentados al 7 y 10 % del PV durante las primeras 72 hrs de vida, no hay diferencias en la concentración sérica de IgG´s entre grupos experimentales 7 y 10 % del PV durante este tiempo. El pico de absorción de inmunoglobulinas ocurrió a las 24 h del inicio del tratamiento y el grupo alimentado al 8.5 % obtuvo la mayor concentración (39.1 g/L) que el grupo 7 y 10 % (30.3 y 31.2 g/L respectivamente), (ver figura 17 y cuadro 11). El grupo alimentado al 8.5% PV obtuvo una mayor **EAI** (38 \pm 4%) que aquellos alimentados al 7% PV (26 \pm 3%, P< 0.01) y con una tendencia mayor que el grupo alimentado al 10% PV (29 \pm 3%, P= 0.07).

Existe una correlación positiva entre volumen de calostro ingerido e inmunidad pasiva, sin embargo, cuando se supera el nivel del 8.5 % del PV (L), se puede alterar los mecanismos moleculares de absorción intestinal, además, este volumen ingerido de calostro provoca distensión abomasal y retardar el vaciamiento gástrico y la absorción de IgG´s, es decir, existe un límite biológico. (Connely *et al.*, 2014).

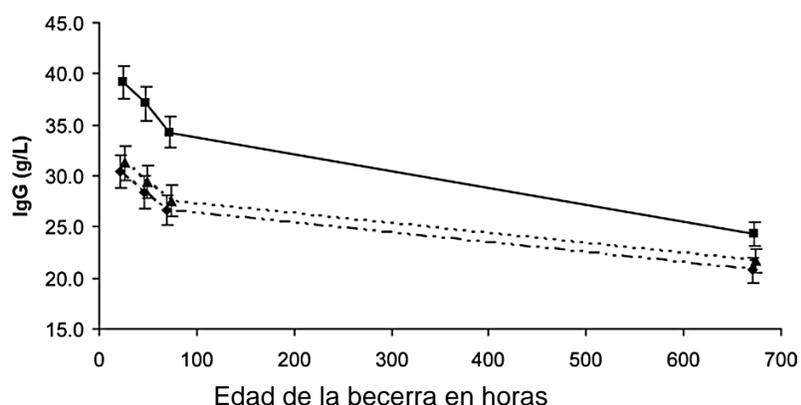


Figura 17. Observe la mayor concentración de IgG´s séricas (g/L) para el grupo experimental alimentado con calostro al 8.5% PV (—■—), entre el grupo 7 % PV (---◆---), y 10 % PV (---▲---) no existen diferencias estadísticas. (Connely *et al.*, 2014).

Cuadro 11. Efecto del porcentaje del peso vivo (% PV) expresado en litros ingeridos de calostro sobre la concentración sérica de IgG's. (Connely *et al.*, 2014).

% PV	IgG - 24 h (suero - g/L)
7.0	30.3 a
8.5	39.1 b
10	31.2 a

Literales diferentes (a-c) son estadísticamente diferentes (P= < 0.01)

Efecto del momento de alimentación con calostro sobre la absorción de inmunoglobulinas

En el estudio de **Osaka y colaboradores (2014)**, evaluaron la influencia del momento en la primera alimentación en becerros, con calostro, proveniente del primer ordeño sobre las respuestas: inmunidad pasiva y la eficiencia en la absorción de inmunoglobulinas (**EAI**), por lo que este grupo de animales fueron asignados a uno de cuatro tratamientos:

- 1) alimentación dentro de 1 h de edad.
- 2) alimentación entre 1-6 h de edad.
- 3) alimentación entre 6-12 h de edad.
- 4) alimentación entre 12-18 h de edad.

Después de 24 h del respectivo tratamiento, a todos los animales se les obtuvieron los sueros para cuantificar la concentración de IgG's, (Inmunodifusión radial). Los resultados demuestran que el grupo alimentado entre las 12 y 18 horas obtuvo la menor concentración de IgG's comparado con los grupos: alimentación en la primera hora y alimentación entre las 1-6 h, entre estos dos anteriores grupos no existen diferencias séricas significativas (ver cuadro 12). La **EAI** disminuye de manera acelerada después de 12 horas (ver figura 18).

Cuadro 12. Influencia del momento de la primera alimentación con calostro sobre la inmunidad pasiva y la EAI. (Osaka *et al.*, 2014).

Concepto	≤ 1 hora (n=4)	1–6 horas (n=10)	6-12 horas (n=21)	12-18 horas (n=8)
Consumo de calostro (L)	3	3.4	3.7	3.8
IgG's sérica (mg/mL)	26.8 a	22.6 a	17.2 ab	12.5 b
EAI (%)	30.5 a	27.4 a	23.7 ab	15.8 b

Literales diferentes (a-b) son datos estadísticamente diferentes (P< 0.05).

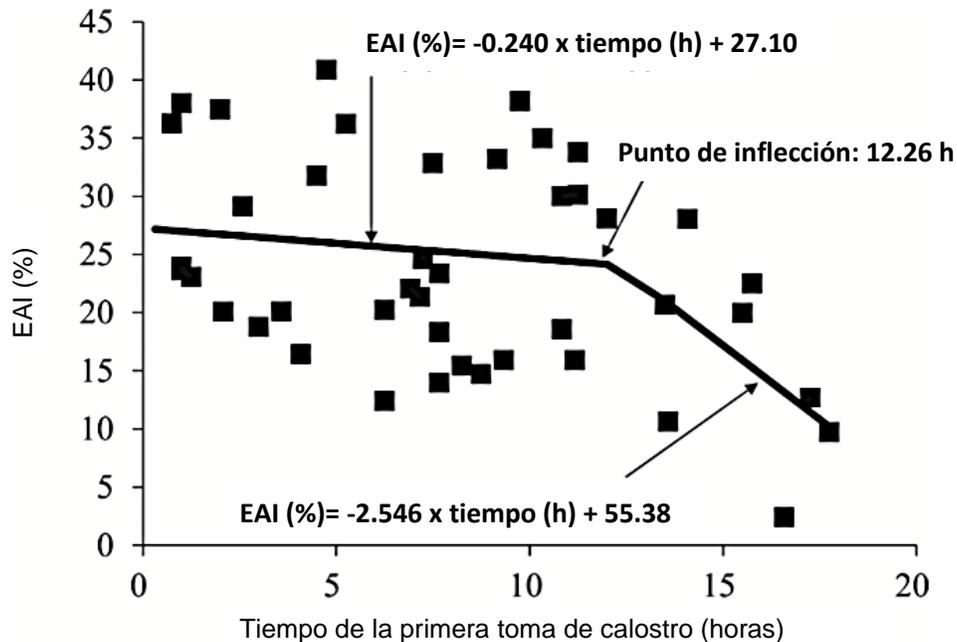


Figura 18. Relación entre el tiempo de la primera toma de calostro (horas) y el porcentaje de eficiencia de absorción de inmunoglobulinas (EAI). Punto de inflexión o de corte indica una disminución de EAI de forma acelerada después de 12 horas de alimentación. (Osaka *et al.*, 2014).

En la investigación de **Fischer y colaboradores (2018)**, evaluaron el efecto tiempo en la primera alimentación con calostro natural sobre los efectos: inmunidad pasiva y la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas (**EAI**) de los becerros (Holstein), los cuales fueron asignados a uno de tres tiempos diferentes (45 minutos = 0 horas,

6 horas y 12 horas). Después de 12 horas de nacidos todos los becerros fueron alimentados de manera similar (sustituto lácteo, 26 % PC y 18 % EE) hasta las 51 horas (término del experimento), y cada 3 horas tomaron muestras sanguíneas (yugular) para la determinación sérica de IgG's (inmuno-difusión radial). Los resultados confirman que alimentar a las 0 horas presenta una mayor concentración sérica de IgG's durante las primeras 48 hrs de vida que alimentar a las 6 y 12 horas, además, no existen diferencias en la concentración sérica de IgG's entre los grupos experimentales 6 y 12 h, (ver figura 19). El grupo alimentado a las 0 horas obtuvo una mayor **EAI** ($51.8 \pm 4.18\%$) que los grupos alimentados a las 6 y 12 h ($35.6 \pm 1.88\%$ y $35.1 \pm 3.15\%$ respectivamente), estos últimos grupos (6 y 12 h) no encontraron diferencias en **EAI**, (ver cuadro 13).

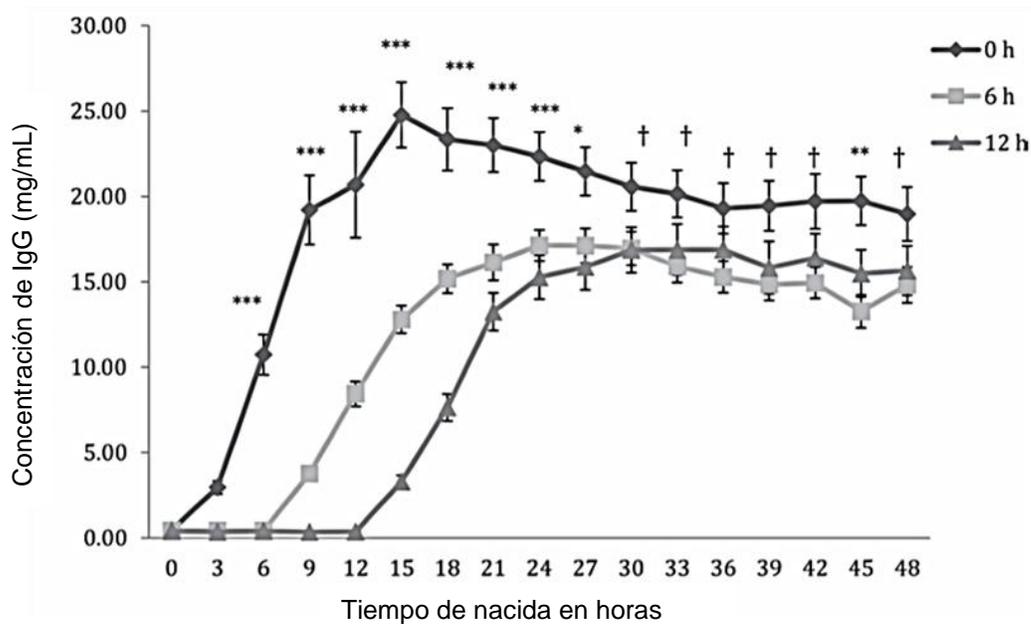


Figura 19. El efecto de retrasar la alimentación de calostro en 0 (alimentado dentro de la primera hora de vida), 6 o 12 h en las concentraciones séricas de IgG (mg / mL) en relación con el momento del nacimiento. Los puntos representan la media \pm SEM. *** P <0,001, ** 0,001 <P <0,01, * 0,01 <P <0,05, † 0,05 <P <0,10. (Fischer *et al.*, 2018).

Cuadro 13. Influencia del tiempo de la primera alimentación con calostro (0 h, 6 h y 12 h) sobre la concentración sérica de IgG´s de los becerros. (Fischer *et al.*, 2018).

Tiempos de medición post-alimentación IgG sérica (mg/mL) ↓	Tiempos de la primera alimentación con calostro			Valor P
	0 h	6 h	12 h	
IgG (a 12 h)	23.2 ± 2.00 a	15.2 ± 0.80 b	15.3 ± 1.30 b	0.001
IgG (a 24 h)	22.3 ± 1.40 a	17.0 ± 1.00 b	16.9 ± 1.40 b	0.008
IgG (a 36 h)	19.3 ± 1.50 a	14.9 ± 0.90 b	15.6 ± 1.40 b	0.058
EAI (%)	51.8 ± 4.18 a	35.6 ± 1.88 b	35.1 ± 3.15b	0.007

Literales diferentes (a-c) demuestran diferencias estadísticas entre grupos.

Efecto de la Concentración de inmunoglobulinas y pasteurización del calostro

Existe una correlación positiva entre la concentración de inmunoglobulinas presentes en el calostro y su grado de absorción en el intestino hacia la sangre. Además, el tratamiento térmico (pasteurización) mejora aún más la inmunidad pasiva y la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas EAI. (Gelsinger *et al.*, 2014; Saldana *et al.*, 2019). Gelsinger y colaboradores, (2014), mencionan que las IgG´s no son destruidas por la pasteurización (60°C / 30 minutos), sin embargo, Saldana *et al.*, (2019), mencionan una destrucción de IgG´s a razón del 9 % por este tratamiento térmico a 60°C / 30 minutos ó 12 % de si se llega a 60°C / 60 minutos. Sin embargo, ambos coinciden en que la pasteurización mejora la absorción de IgG´s. Gelsinger y colaboradores, (2014), utilizaron becerros Holstein recién nacidos (70 machos y 75 hembras) los cuales fueron asignados a uno de tres calidades de calostro:

- 1) Alta calidad (98.8 g/L).
- 2) Media calidad (71.9 g/L).

3) Baja calidad (56.4 g/L).

De cada una de estas calidades, hicieron dos sub-muestras, una fue para el tratamiento térmico y la restante para el tratamiento control (sin pasteurización), a las 48 horas de ofrecer los tratamientos, midieron las concentraciones plasmáticas de IgG's (mg/mL). Los resultados confirmaron que entre mayor es la concentración de inmunoglobulinas en el calostro, mayor es la absorción de IgG's en sangre, además la **EAI** mejora si el calostro es pasteurizado, (ver cuadro 14).

Cuadro 14. Concentración plasmática de IgG's (mg/mL a 48 h) y eficiencia de absorción (EAI %) de becerros alimentados con calostro pasteurizado y sin pasteurizar. (Gelsinger *et al.*, 2014).

Calidad (calostro)	Sin Pasteurizar			Pasteurizado			Valor P	
	Alta (n=27)	Media (n=24)	Baja (n=22)	Alta (n=26)	Media (n=25)	Baja (n=21)	Tx térmico	Calidad
IgG's sérica (mg/mL)	23.3 ab	18.1 bc	13.3 c	27.5 a	22.5 ab	14.8 c	0.03	< 0.01
EAI (%)	23.1	26.9	24.5	30.9	30.2	28.4	0.01	0.66

Literales diferentes (a-c) entre datos, son estadísticamente diferentes (P<0.05).

En el trabajo de **Shivley *et al.*, (2018)** recopilaron sueros e información exclusiva de becerras para evaluar el estatus de inmunidad pasiva, en 13 entidades de Estados Unidos de América (E.U.A.), sus estudios revelaron una concentración promedio de IgG's en suero del 21.6 ± 0.25 g/L, de los cuales el 73.3 % de las muestras (n= 1,623) obtuvo más de 15 g/L, las fallas de inmunidad pasiva (≤ 10 g/L IgG en suero) fueron presentes en el 12.1% de estas muestras séricas, (ver cuadro 15). Un hallazgo sorprendente fue identificar una **mayor concentración** promedio de **inmunoglobulinas** en el **suero de becerras** alimentadas con **calostro** provenientes de madres **de primera lactación** (25.7 ± 1.11 g/L) que becerras alimentadas con calostro provenientes de segunda (24.1 ± 1.11 g/L) y tercera lactancia (22.4 ± 1.09 g/L), el grupo que obtuvo una menor concentración sérica de

inmunoglobulinas fueron aquellas becerras alimentadas con sustitutos de calostro comercial (16.6 ± 2.21 g/L), (ver cuadro 16). Además, la concentración de IgG sérica fue más alta para becerras alimentadas con calostro pasteurizado (24.4 ± 1.72 g/L) comparado con becerras alimentadas con calostro sin pasteurizar (20.5 ± 0.61 g/L), el nivel de significancia fue de: $P= 0.018$.

Cuadro 15. Porcentaje de casos de calidad de inmunidad pasiva a partir de 1,623 muestras de suero sanguíneo. (Shivley et al.,2018).

	Calidad de la inmunidad pasiva en las muestras de suero sanguíneo		
	Mala	Regular	Excelente
Promedio = 21.6 ± 0.25 g/L	< 10 g/L	$\geq 10 - < 15$ g/L	≥ 15 g/L
Porcentaje de las muestras →	12.1 %	14.5 %	73.3 %

Cuadro 16. Concentración de IgG en el suero de becerras (g/L) provenientes de calostros de madres de diferentes edad y fuentes de calostro. (Shivley et al., 2018).

No. Lactancia	IgG´s g/L sérica
1°	25.7 ± 1.11 a
2°	24.1 ± 1.11 b
3°	22.4 ± 1.09 c
Sustituto calostro (comercial)	16.6 ± 2.21 d

Literales diferentes (a-d) son datos estadísticamente diferentes a un nivel de $P < 0.05$.

Efecto de la coagulación del calostro en el abomaso de las terneras

A través de la coagulación del calostro, en el abomaso de las terneras, los componentes del calostro se separan en cuajada y suero. Las caseínas y los lípidos del calostro son los principales contenidos de la cuajada, mientras que el suero contiene proteínas de la leche (como las inmunoglobulinas, las lactoglobulinas), la

lactosa y los minerales. (Longenbach y Heinrichs, 1998; Hurley, 2009; Tizard, 2019).

Un estudio mostró que los niveles plasmáticos de IgG's son más altos en las terneras alimentadas con calostro no adicionado vs. terneras alimentadas con calostro adicionado (ácido oxálico), agregado para inhibir la coagulación de la leche. (Cruywagen, 1990). Además, en un informe, más de un tercio de las muestras de líquido abomasal, obtenidas de terneras neonatas, carecían de actividades enzimáticas para la coagulación, los niveles séricos de γ -glutamyl transferasa (GGT), que se utiliza como indicador de la absorción de IgG, fueron mayores en las terneras alimentadas con calostro adicionado con cuajo vs. las terneras alimentadas solo con calostro. (Gregory, 2003).

Recientemente Miyazaki *et al.*, (2017), descubrieron que algunas terneras neonatas, exhibían niveles bajos de IgG's y de nutrientes absorbidos por pinocitosis intestinal (como oligosacáridos, lactosa), hasta las 12 h después de la primera ingesta de "calostro del primer ordeño". Además, en otro estudio de Miyazaki *et al.*, (2010), informaron que el 28% (P=0.05) de las becerras (de 2 días de edad) no presentaron coagulación del calostro a pesar de ser alimentarlas con un sustituto de leche coagulante, por lo cual, plantearon la hipótesis de que existe una variación individual, en las condiciones abomasales, para la coagulación del calostro en las terneras neonatas, siendo estas variaciones causantes de las diferencias en la absorción de IgG's y oligosacáridos del calostro.

Posteriormente Miyasaki y colaboradores, (2017), estudiaron la producción de coagulo en las terneras neonatas; tras la primera ingesta de "calostro del primer ordeño", compararon los niveles séricos de IgG's e IgA's, entre las terneras neonatas con y sin formación de coagulo, además determinaron si la coagulación del calostro está involucrada en la Eficiencia de Absorción de Inmunoglobulinas (EAI) de IgG's.

El "calostro de la primera ordeña" (aproximadamente 100 L), lo recolectaron de 37 vacas Holstein en 5 granjas lecheras. Posteriormente, el calostro se dividió (2 L) en bolsas de plástico; 20 de las 50 bolsas se almacenaron inmediatamente a -20°C

hasta la alimentación posterior. A cada una de las 30 bolsas restantes, le agregaron 40 ml de solución de cuajo de (100 mg/mL) (MP Biomedical, Santa Ana, CA) en tampón de fosfato de sodio 0,1 M (pH=6,3) y las incubaron a 38°C durante 2 h, posteriormente, observaron un gran coágulo y suero amarillento transparente. Separaron el suero del coagulo con un colador y lo juntaron en un cubo de plástico. Seguido, el suero calostrado lo dividieron en bolsas de plástico (2 L), adicionaron 260 g (1,350 kcal) de fórmula de leche humana (Sukoyaka, Bean Stalk Snow Co., Ltd., Tokio, Japón) como suplemento, esta cantidad la establecieron según el informe “Vaca lechera contenido de proteínas, grasas y carbohidratos”. (Tsioulpas *et al.*, 2007; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009). El suero calostrado combinado con la fórmula de leche humana (“solución de suero calostrado con leche”) se almacenó a -20 ° C hasta la alimentación posterior.

En el experimento principal, utilizaron 3 terneros Holstein-Friesian machos, con un peso promedio al nacimiento de 48.5 ± 2.2 Kg (media \pm SD), para observar la coagulación del calostro en intervalos de tiempo, después de la primera ingesta de “calostro del primer ordeño”. Los terneros fueron alimentados con calostro una vez, a un volumen de 4% de su (PV) a temperatura de 38°C, mediante biberón, con un lapso de 4.1 ± 0.4 h después del nacimiento. Las imágenes ecográficas del contenido de abomasal, las capturaron utilizando un sistema ultrasónico (Honda Electronics Co., Ltd., Aichi, Japón) los ultrasonidos fueron: inmediatamente antes (0 h), 0.5 h, 1 h, 2 h y 8 h postprandial. La coagulación del calostro en cada ternero, la examinaron 2 h después de la alimentación; visualizaron un coagulo como una imagen ecogénica grande con un contorno claro, que estaba rodeada por una imagen anecoica correspondiente al suero.

En el experimento secundario, 17 terneros Holstein (12 machos y 5 hembras) de seis granjas lecheras en Hokkaido, Japón, fueron asignados en dos grupos de alimentación con biberón:

- 1) 10 terneros alimentados con 2 L de “calostro del primer ordeño” a 38°C, dentro de las 3 h posteriores al nacimiento.

2) 7 terneros alimentados con 2 L de la “solución de suero calostrado con leche” a 38°C, dentro de las 3 h posteriores al nacimiento.

Reportaron un sesgo en el número de terneros entre los 2 grupos; debido a que, en un estudio anterior, aproximadamente el 28% (P=0.05) de los terneros no presentaron coagulación del calostro. (Miyazaki *et al.*, 2010); por lo cual, fue necesario administrar el “calostro del primer ordeño” a más de 10 terneros para obtener siete muestras sanguíneas de terneros con formación de coágulo.

Realizaron muestreos sanguíneos en los terneros de 6 a 7 h después de la primera ingesta e inmediatamente antes de la segunda ingesta. Cuantificaron las concentraciones séricas de IgG's e IgA's con ELISA. Calcularon la EAI de IgG's con la ecuación descrita en Halleran *et al.*, (2017), midieron la proteína sérica total y GGT (TP CoMe Modular P large) y (Liquitech γ -GT IFCC, Roche Diagnostics KK, Tokio, Japón), respectivamente.

Las concentraciones séricas de IgG's fueron significativamente más altas (P=0.0126) en los 9 terneros alimentados con “calostro del primer ordeño” (3.8 ± 1.6 g/L) que en los 7 terneros alimentados con la “solución de suero calostrado con leche” (2.1 ± 0.6 g/L). La EAI de IgG's fue significativamente mayor (P=0,007) en los 9 terneros alimentados con “calostro del primer ordeño” ($11,1 \pm 1,5\%$) que en los 7 terneros alimentados con la “solución de suero con leche” ($5,7 \pm 0,5\%$). Además de las IgG's, las concentraciones séricas de IgA's también fueron significativamente más altas (P=0.0106) en los 9 becerros alimentados con “calostro del primer ordeño” (2.6 ± 0.9 g/L) que en los 7 becerros alimentados con la “solución de suero calostrado con leche” (1.5 ± 0.6 g/L). Las concentraciones séricas de GGT, también fueron significativamente más altas (P=0,0030) en los 9 terneros alimentados con “calostro del primer ordeño” ($1,252.4 \pm 353.0$ U/L) que en los 7 terneros alimentados con la “solución de suero calostrado con leche” (661.0 ± 304.4 U/L).

En contraste, las concentraciones de Proteína Total Sérica no variaron (P =0.1931) entre los 9 becerros alimentados con “calostro del primer ordeño” (4.7 ± 0.4 g/L) y los 7 becerros alimentados con la “solución de suero calostrado con leche” (4.4 ± 0.3 g/L). Por otro lado, en el ternero que presentó coagulación incompleta sus

resultados fueron: 2.7 g/L de IgG's, 228.9 U/L de GGT, 1.2 g/L de IgA's y 4.8 g/L de Proteína total sérica, respectivamente.

Miyazaki y colaboradores (2017), concluyeron que las condiciones abomasales en los terneros neonatos, están listas para la coagulación del calostro después del nacimiento. En el abomaso de los terneros neonatos puede hallarse líquido amniótico con pH ligeramente alcalino (**Javed y Wright, 1990**), el cual, disminuye las actividades hidrolíticas de la quimosina (rennina) cuyo pH óptimo para la coagulación es de 5.3 a 6.3 (**Foltmann, 1970**); sin embargo, en un estudio *in-vitro* encontraron que al menos el 50% de líquido amniótico en el calostro no influyó en la coagulación. (**Miyazaki et al., 2017**). En otro estudio se informó, que la capacidad de coagulación de la leche, se expresa en el abomaso de los fetos a partir de los 6 meses de gestación y esta aumenta notablemente después del nacimiento. (**Pang y Ernstrom, 1986**). Antes de la ingesta de calostro, el pH ácido del abomaso ($\text{pH}=1.6 \pm 0.21$), aumentó a un pH de 6.2-6.5, óptimo para la acción de la rennina. (**Birgele et al., 2005**). Además, determinaron que el tiempo de coagulación en el abomaso, es significativamente mayor, en terneras que ingieren "calostro de primer ordeño" comparadas con las que beben calostro u/o leche de ordeños posteriores. (**Tsioulpas et al., 2007; Wroński y Sosnowska, 2007**).

Teniendo en cuenta la pinocitosis de las IgG's del calostro en el intestino delgado. (**Jochims et al., 1994, Kaup et al., 1996**) y concentraciones similares de IgG's entre el "calostro de primer ordeño" (54,5 g/L) y la "solución de suero con leche" (59,4 g/L), **Miyazaki y colaboradores (2017)**, sugirieron que las variaciones de los niveles séricos de IgG's, IgA's y GGT entre los terneros, se deben principalmente a las diferencias en sus Eficiencias de Absorción respectivas.

Miyazaki y colaboradores (2017), concluyeron que la coagulación del calostro en el abomaso está implicada positivamente en la absorción eficiente de IgG's e IgA's en terneros neonatos. Debido a que, el coagulo fue detectable en el abomaso hasta por 8 h después de la primera ingesta de calostro, los contenidos del coagulo, como las caseínas y los lípidos, son retenidos en el abomaso durante varias horas después de la ingesta. Asimismo, propusieron que parte del contenido del suero,

(incluidas las IgG's), también se pueden retener en el coagulo (en el abomaso) durante varias horas. Demostraron en sus experimentos *in-vitro*, que los pesos del coagulo producidos a partir del "calostro del primer ordeño" disminuyeron gradualmente con el tiempo debido a la liberación del líquido, sin embargo; las concentraciones de IgG's de las fases líquidas son casi iguales antes y después de la coagulación.

Miyazaki et al., (2017), sugieren que el coagulo funciona como una esponja remojada con suero calostrado, ésta mantiene el suero durante varias horas en el abomaso y lo libera gradualmente con el tiempo. Debido a que el tamaño del coagulo, disminuyó ligeramente a partir de 2 h después de la ingesta, una porción de suero puede mantenerse en el coagulo durante varias horas y liberarse gradualmente en el líquido de abomasal, antes de su paso del abomaso al intestino delgado para una absorción eficiente. En contraste, no hay la manera de retener el suero calostrado en el abomaso de los terneros, sin la coagulación. Se informó, que la ausencia de la coagulación, causa un rápido vaciado del abomaso, en terneras alimentadas con sustituto de leche. **(Cruywagen et al., 1990)**. Las tasas de vaciamiento abomasal más rápidas, se asociaron con un aumento en la Eficiencia de Absorción de IgG's calostrales, en terneros neonatos. **(Mokhber-Dezfooli et al., 2012)**. Por su parte **Miyazaki et al., (2017)**, determinaron que las inmunoglobulinas en el calostro, pueden transferirse del abomaso al intestino delgado más rápido en terneros sin coagulación del calostro vs. terneros con coagulación del calostro. Esta idea, la apoyan en el resultado del análisis de líquido abomasal, donde los contenidos de Proteína e IgG's en el líquido abomasal fueron notablemente más bajos en los terneros con coagulación incompleta.

Los terneros que muestran una coagulación incompleta del calostro, resultan ser incapaces de absorber las IgG's calostrales de manera eficiente por pinocitosis intestinal, sugieren que la coagulación en el abomaso puede variar de forma congénita entre los individuos, concluyeron que aproximadamente el 10% (P=0.05) de los becerros neonatos, pueden presentar una coagulación incompleta. **(Miyazaki et al., 2017)**.

CAPÍTULO 8

EVALUACIÓN DE LA INMUNIDAD PASIVA

El método directo para cuantificar IgG's en el suero o plasma es mediante la **Inmunodifusión radial (IDR)**, sin embargo, este método es difícil de llevar a cabo bajo condiciones de campo por su costo y tiempo para realizarlo, afortunadamente, se dispone de otras medidas indirectas de evaluación (refractómetro de Brix y Goldberg). (Wilm *et al.*, 2018).

Refractómetro de Brix

Es un método fácil de usar, es rápido, económico y preciso, (ver figura 20), permite estimar indirectamente la concentración de IgG's en el suero sanguíneo a través de la determinación de porcentaje de sólidos totales (**ST**) en este líquido (Mendoza *et al.*, 2017).

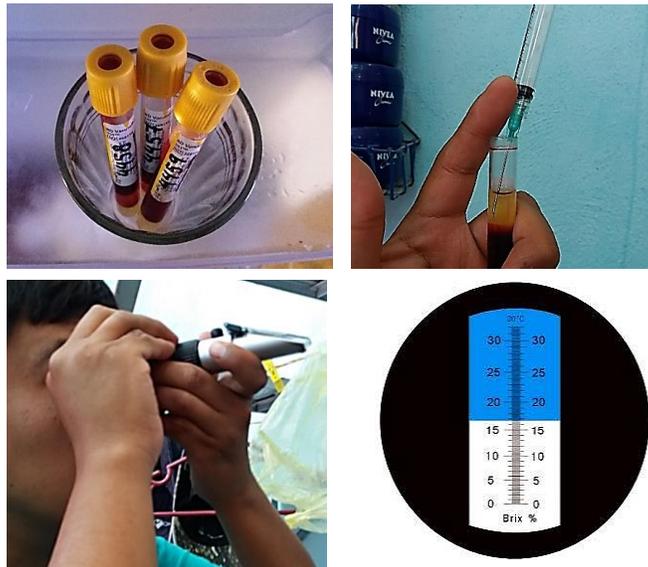


Figura 20. Uso de un refractómetro óptico de Brix; para evaluar el porcentaje de sólidos (%), como método indirecto para determinar la eficacia de la transferencia pasiva de inmunidad.

Este método presenta una correlación positiva aceptable con inmunodifusión radial ($r=0.77$), es decir a mayor proporción de sólidos totales, mayor es la concentración de IgG's mediante Inmunodifusión radial (ver figura 21). Una muestra de suero con

una escala superior a los 8.1 % de ST significa que la becerro obtuvo una correcta inmunidad pasiva (>10mg/dL). (Elsahaby *et al.*, 2019).

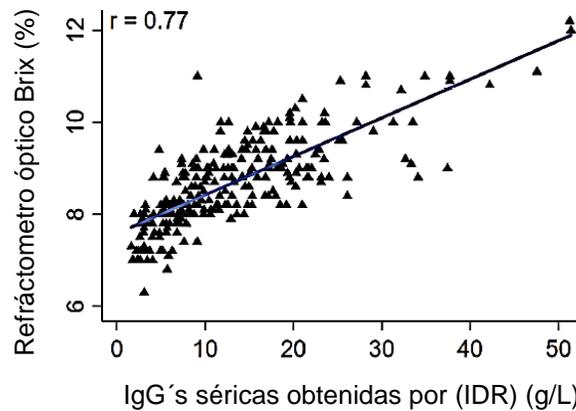


Figura 21. Observe la correlación positiva entre concentración de IgG's mediante Inmunodifusión radial (IDR) y porcentaje de sólidos totales mediante la escala Brix en suero (Elsahaby *et al.*, 2019).

Refractómetro de Goldberg

Este instrumento mide la gravedad específica de un líquido, sin embargo, también tiene una escala para cuantificar las proteínas totales en suero sanguíneo, una becerro correctamente calostrada tiene valores superiores a 5.2 g/dL de proteínas totales en suero y equivale a 10 mg/dL de IgG's mediante el método Inmunodifusión radial, esta medición se puede realizar en becerros menores a 9 días de edad. (Wilm *et al.*, 2018). Existe una correlación positiva entre proteínas totales séricas y concentración de IgG's mediante el método de Inmunodifusión radial (ver figura 22). (Elsahaby *et al.*, 2019).

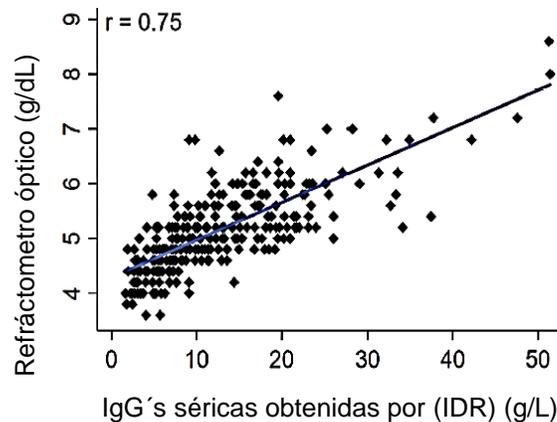


Figura 22. Observe la correlación positiva entre proteínas totales séricas y concentración de IgG's en suero obtenidas Inmunodifusión radial (IDR). (Elsahaby *et al.*, 2019).

CAPÍTULO 9

SUSTITUTOS DE CALOSTRO COMERCIALES

Sustitutos de calostro comerciales

En ocasiones, en la unidad productiva lechera, no hay calostro de calidad o bien se pretende reducir el contagio de enfermedades transmitidas por esta secreción, como: paratuberculosis, tuberculosis, leucosis bovina, entre otras, por lo que ofrecer un sustituto de calostro comercial puede ser una alternativa para resolver estas problemáticas. En el mercado, existen dos tipos de sustitutos de calostro comerciales, aquellos que su composición química proviene de derivados plasmáticos y los derivados de calostro. (Priestley *et al.*, 2013).

Por su parte **Fidler y colaboradores (2011)** evaluaron y compararon el nivel de inmunidad pasiva en becerros de la raza Holstein los cuales fueron asignados aleatoriamente a dos tipos de calostro:

- 1) C. Natural (70.3g -IgG's /L = 210.9g IgG's -3L totales).
- 2) C. Derivado de plasma-2 dosis (67g-IgG's /L agua = 260g -IgG en 2.89 L totales).

Los becerros alimentados con calostro natural obtuvieron una mayor concentración sérica de inmunoglobulinas ($2,135 \pm 205$ mg/dl) y una mayor concentración de proteínas totales (6.07 ± 0.12 g/ dl) que el grupo experimental alimentado con el sustituto derivado de plasma ($1,059 \pm 23$ mg/dl y 5.19 ± 0.05 g/dl respectivamente) a las 24 horas postratamiento. Sin embargo, no existen diferencias entre el calostro y el sustituto derivado de plasma, en el porcentaje de fallas de transferencia de inmunidad, además, la concentración sérica superior a 1,000 mg/dL de IgG's es suficiente para proteger a los becerros de los patógenos del medio ambiente, por lo que, este sustituto puede ofrecer alternativas a las problemáticas antes señaladas, (ver cuadro 17). (Fidler *et al.*, 2011).

Cuadro 17. Efecto del tipo de calostro sobre la concentración promedio de IgG's y de proteínas totales en suero y porcentaje de fallas de transferencia de inmunidad pasiva en becerros. (Fidler *et al.*, 2011).

Grupo	IgG's-suero (mg/dL)	Proteína total (g/dL)	Fallas–Inmunidad (%)
Calostro comercial (n=22)	1, 059 ± 23 a	5.19 ± 0.05 a	13.6 (3 de 22) b
Calostro natural (n=22)	2, 135 ± 205 b	6.07 ± 0.12 b	4.5 (1 de 22) b

Literales diferentes (a-b) en columna son datos estadísticamente diferentes (P<0.05).

Diferencias entre sustitutos de calostro sobre la eficiencia de transferencia pasiva

En la investigación de **Priestley y colaboradores (2013)** evaluaron y compararon el grado de inmunidad pasiva en un grupo de becerros los cuales fueron sometidos a 3 tipos de calostro:

- 1) C. Natural (50g-IgG/L= 190 g-IgG en 3.8 L).
- 2) C. Derivado del plasma (150g-IgG en 3.8 L agua).
- 3) C. Derivado de calostro (100g-IgG en 3.8 L agua).

Los resultados demostraron una mayor concentración de inmunoglobulinas y proteínas totales séricas en el grupo alimentado con calostro natural que los grupos tratados con sustitutos de calostro. Además, el grupo alimentado con calostro natural demostró un mayor porcentaje de transferencia pasiva y un mejor peso al destete promedio que los grupos alimentados con sustitutos de calostro.

El grupo alimentado con sustituto derivado del calostro obtuvo un mayor porcentaje de transferencia pasiva (%) que el grupo tratado con sustituto derivado de plasma, (ver cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de los tipos de calostro sobre la concentración promedio de IgG's, proteínas totales en suero y crecimiento de los becerros. (Priestley et al., 2013).

Concepto	Calostro Natural (n=49)	C. Derivado de plasma (n=49)	C. Derivado de calostro
IgG's mg/dL suero	2,098 a	926 b	1,139 b
Proteína Total Sérica g/dL	6.1 a	5.3 b	5.3 b
Transferencia Pasiva (%)	91.8 a	28.6 b	49.0 c
Peso al destete en (Kg)	61.2 a	57.2± b	59.5 b

Literales diferentes (a-c) son datos estadísticamente diferentes P<0.05.

Por último, **Lago et al., (2017)** también evaluaron el grado de inmunidad pasiva en un grupo de becerros recién nacidos de las razas: Jersey, Holstein x Jersey los cuales fueron sometidos a dos tipos de calostro:

- 1) Calostro natural (178 ± 50g IgG en 2.8 L)
- 2) Sustituto derivado de calostro (150 g - IgG en 1.9 L agua)

Los resultados demostraron una mayor concentración de proteínas totales y de inmunoglobulinas en sangre en el grupo alimentado con calostro natural que el sustituto derivado del calostro a las 24 horas post tratamiento (5.84 vs 5.16 g/dl proteínas totales y 23.4 vs 19.6 mg/mL g/dl, IgG'S respectivamente). Sin embargo; la eficiencia de absorción (%) no es diferente entre la alimentación con sustituto derivado de calostro y calostro natural (34.4 vs 35.9% respectivamente). Becerros alimentados con sustituto de calostro fueron 1.5 kg más ligeros que el grupo alimentado con calostro natural. Esta dosis de sustituto derivado de calostro ofrece una inmunidad pasiva adecuada (> 10mg IgG/ml) por lo que puede ser una alternativa para el uso de calostro natural en las problemáticas antes señaladas, (ver cuadro 19).

Cuadro 19. Efecto del tipo de calostro sobre la concentración plasmática de proteínas totales, IgG's, eficiencia en la transferencia pasiva y crecimiento. (Lago et al., 2017).

	Calostro Natural	Sustituto derivado de calostro	Efecto del tratamiento Valor P
Proteínas Totales (g/dL)	5.84 ± 0.04 (n=294)	5.16 ± 0.02 (n=299)	<0.0001
IgG's (mg/mL)	23.4 ± 0.23 (n=292)	19.6 ± 0.17 (n=300)	<0.0001
Falla en la Transferencia Pasiva (%)	35.9 ± 1,9 (n=46)	34.4 ± 1.3 (n=50)	0.052
Peso al destete (Kg)	48.6 ± 0.43 (n=110)	47.1 ± 0.52 (n=158)	0.036
Ganancia diaria de peso (Kg)	0.36 ± 0.008 (n=157)	0.33 ± 0.01 (n=110)	0.028

DISCUSIÓN

Composición química nutricional y nivel de inmunoglobulinas en el calostro

En los estudios de **Morril *et al.*, (2012)**, no encontraron diferencias en la composición química nutricional, tampoco diferencias en el nivel de IgG's entre las razas Holstein y Jersey, sin embargo, si existen estas diferencias entre vacas de la misma raza, pero con diferente número de lactancias.

En un muestreo masivo de calostros (n=1,972), **Shivley *et al.*, (2018)**, identificaron la concentración promedio de IgG's en el calostro y fue de 74.4 ± 0.72 g/L, de las cuales el 77.4% de estas muestras obtuvieron un nivel de IgG's mayor a 50 g/L que significa buena calidad.

Efecto de la nutrición en la vaca sobre el volumen y la composición química del calostro

La suplementación alimenticia preparto con grasa de sobrepeso mejora la concentración de IgG's en el calostro de la vaca, sin embargo, no afecta la composición química nutricional, tampoco su rendimiento (kg). (**Jolazadeh *et al.*, 2019**).

Clasificación de calidad

Cuantificar directamente las IgG's en el calostro mediante Inmunodifusión-radial es difícil de realizar en el Establo por su costo y tiempo, sin embargo, existen métodos indirectos de cuantificación a través de la gravedad específica (calostrómetro y refractómetro de Brix) que ofrecen resultados confiables de medición, son económicos y fáciles de aplicar en un establo. (**Quigley *et al.*, 2013; Bartier *et al.*, 2015**).

Métodos de alimentación

Los diferentes métodos de alimentación (Biberón vs. Sonda esofágica) no influyen en la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas. ([Bonk et al., 2016](#); [Desjardins-Morrisette et al., 2018](#); [Shah et al., 2019](#)).

Pasteurización del calostro

Este tratamiento térmico destruye bacterias patógenas en el calostro, sin embargo, también destruye IgG's a un nivel del 9-12%, pero mejora la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas. ([Saldana et al., 2019](#)).

Evaluación de la inmunidad pasiva

Una becerro correctamente calostrada tiene más de 10 mg/dL de IgG's en suero, mediante el método de Inmunodifusión radial, este método es caro, laborioso, y difícil de realizar en un Establo, sin embargo, existen otras mediciones indirectas como el refractómetro de Brix (% Sólidos totales) y Goldberg (proteínas totales) que ofrecen alternativas de medición confiables, económicas y de fácil realización en el Establo. ([Elsohaby et al., 2019](#)).

Factores que afectan la inmunidad pasiva

Volumen de calostro ingerido

El mayor beneficio en la inmunidad pasiva es cuando los becerros toman el 8.5% de su Peso vivo de calostro en su primera toma. ([Connely et al., 2014](#)).

Tiempo de calostro ingerido

No existen diferencias en el nivel de inmunidad pasiva entre becerras alimentadas con calostro durante las primeras seis horas de vida, ([Osaka et al., 2014](#)), sin embargo, [Fischer et al., \(2018\)](#), si encontraron efectos negativos después de seis horas de este consumo.

Sustitutos de calostro comerciales

Una fuente alterna de calostro materno, son los sustitutos de calostro comercial, éstos presentaron la menor concentración de IgG's según [Shivley et al., \(2018\)](#);

por otro lado, en los trabajos de **Priestley et al., (2013)**, el grupo alimentado con sustituto derivado del calostro obtuvo un mayor porcentaje de transferencia pasiva, a comparación de, el grupo tratado con sustituto derivado de plasma. Las desventajas del sustituto derivado de plasma en el estudio de **Priestley et al., (2013)**, quizá, se deba, a la dosis única utilizada (100g de IgG's en 3.8 L agua) comparado con la doble dosis (260g de IgG's en 2.89 L agua) de **Fidler et al., (2011)**.

CONCLUSIONES

La importancia de proporcionar calostro a las terneras, es transferir inmunoglobulinas para la protección inmunitaria contra las enfermedades en sus primeras horas de vida, si el objetivo es una adecuada inmunidad, ésta se puede proporcionar mediante: calostro materno, y/o sustitutos de calostro comerciales, para que éstos cumplan con el éxito de la transferencia de inmunidad pasiva, deben ofrecerse en tiempo y forma (volumen, temperatura, concentración de IgG's) bajo condiciones higiénicas.

Una adecuada administración de calostro en las becerras, es consecuencia de evitar la transmisión de enfermedades de la madre hacia su cría, si ésta sucediera directamente. Una apropiada administración del calostro, proporciona condiciones similares a todas las terneras, comparado con una alimentación proporcionada directamente por la madre, a su vez, esto repercute en la curva de crecimiento de las becerras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, G.D., Bush, L.J., Horner, J.L., Staley, T.E. (1985). Two methods for administering colostrum to newborn calves. *J. Dairy Sci.*, 68:773–775
2. Andersen, J. T., Dalhus, B., Cameron, J., Daba, M. B., Plumridge, A., Evans, L., ... Sandlie, I. (2012). Structure-based mutagenesis reveals the albumin-binding site of the neonatal Fc receptor. *Nature Communications*, 3, 610. doi:10.1038/
3. Antkowiak, I., Pytlewski, J., Jakubowski, M., y Skrzypek, R. (2010). The effects of genotype and selected environmental factors on colostrum production and intake in cattle. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 13(1), 137-141
4. Aragona, K. M., Chapman, C. E., Pereira, A. B., Isenberg, B. J., Standish, R. B., & Maugeri, C. J. (2016). Prepartum supplementation of nicotinic acid: Effects on health of the dam, colostrum quality, and acquisition of immunity in the calf. *J. Dairy Sci.*, 99:3529–3538.
5. Armengol, R., & Fraile, L. (2016). Colostrum and milk pasteurization improve health status and decrease mortality in neonatal calves receiving appropriate colostrum ingestion. *J. Dairy Sci.*, 99:1–8.
6. Arthington, J.D., Cattell, M.B. & Quigley, J.D. Effect of dietary IgG source (colostrum, serum, or milk-derived supplement) on the efficiency of IgG absorption in newborn Holstein calves. *J. Dairy Sci.*, 2000, n°83,pp. 1463-1467.
7. Astudillo Neira, R. G. (2011). Efecto de la suplementación con un reemplazante de calostro bovino sobre la inmunidad pasiva en terneros Holstein Friesian nacidos en invierno o primavera. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.
8. Baker, K., Qiao, S.-W., Kuo, T., Kobayashi, K., Yoshida, M., Lencer, W., y Blumberg, R. (2009). Immune and non-immune functions of the (not so)

- neonatal Fc receptor, FcRn. *Seminars in Immunopathology*, 31(2), 223-236.
doi:10.1007/s00281-009-0160-9
9. Baldi, A., Cheli, F., Pinotti, L., y Pecorini, C. (2008). Nutrition in mammary gland health and lactation: advances over eight Biology of Lactation in Farm Animals meetings. *Journal of Animal Science*, 86(Supple.1), 3-9.
doi:10.2527/jas.2007-0286
 10. Barrington, G. M., and S. M. Parish. 2001. Bovine neonatal immunology. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 17:463–476.
 11. Barrington, G., McFadden, T., Huyler, M., y Besser, T. E. (2001). Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livestock Production Science*, 70(1-2), 95-104.
doi:10.1016/S0301-6226(01)00201-9
 12. Bartier, A. L., Windeyer, M. C., & Doepel, L. (2015). Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement. *J. Dairy Sci.*, 98 :1–7.
 13. Baumrucker, C., y Bruckmaier, R. (2014). Colostrogenesis: IgG1 Transcytosis Mechanisms. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 103-117. doi:10.1007/s10911-013-9313-5
 14. Beam, A. L, Lombard, J. E, Koprak, C. A, Garber, L. P, Winter, A. L., Hicks, J. A., Schlater, J.L., 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, 3973–3980.
 15. Bentley, J., Castillo Lopez, E., Clark, K., Kononoff, P., Ramirez Ramirez, H., & Robinson, A. (22 de Octubre de 2019). Newborn calves and colostrum management: Employee Training in Calf Management, Resources and Presentations by Jennifer Bentley. Obtenido de Dairy Team. Iowa State University. Extension and Outreach:
<https://www.extension.iastate.edu/dairyteam/files/page/files/Manejo%20y%20cuidado%20de%20becerros%20reci%C3%A9n%20nacido%20y%20calostro.pdf>
 16. Besser, Tom & Gay, C & Pritchett, L. (1991). Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 198. 419-22.

17. Biemann, V., Gillan, J., Perkins, N., Skidmore, A., Godden, S., y Leslie, K. E. (2010). An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3713-3721. doi:10.3168/jds.2009-2943
18. Birģele, E., A. Ilgaža, D. Keidāne, and A. Mugurēvičs. 2005. The functional state of the stomach in calves in the first month of postnatal life. Pages 219–224 in the XIIth Intl. Congress ISAH 2005 Anim. and Environment Proc. Vol.1. Int. Soc. Anim. Hygiene and Anim. Sci. Warsaw Agri. Univ., Warsaw, Poland
19. Blum, J. (2003). Colostrum - more than just an immunoglobulin supplier. *Acta veterinaria Scandinavica. Supplementum*, 98, 123-124.
20. Bonk, S., Nadalin, A., Heuwieser, W., & Veira, D. (2016). Lying behaviour and IgG-levels of newborn calves after feeding colostrum via tube and nipple bottle feeding. *Journal of Dairy Research*, 83: 298–304.
21. Brambell, B. Y. F. W. R., y Hemmings, W. A. (1949). The passage into the embryonic yolk-sac cavity of maternal plasma proteins in rabbits. *Journal of Physiology*, 108(2), 177-185.
22. Bush LJ y Staley TE (1980). Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *J Dairy Sci*. 63(4):672-680.
23. Cabral RG, Chapman CE, Kent EJ, Erickson PS. 2015. Estimating plasma volumen in neonatal Holstein calves fed one or two feedings of a lacteal-based colostrum replacer using Evans blue dye and hematocrit values at various time points. *Can J Anim Sci* 95:293–298.
24. Calloway CD, Tyler JW, Tessman RK, 2002. Comparison of refractometers and test end points in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *J Am Vet Med Assoc* 221:1605–8.
25. Campos Granados, C. M. (2013). Suplementación con pared celular y cultivo de levaduras en vacas parto y su efecto sobre la calidad del calostro y el estado inmunológico de las terneras. Costa Rica: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
26. Chigerwe M, Tyler JW, Schultz LG, Middleton JR, Steevens BJ, Spain JN. 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.
27. Chigerwe, Munashe & Coons, David & Hagey, Jill. (2012). Comparison of colostrum feeding by nipple bottle versus oroesophageal tubing in Holstein dairy bull calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 241. 104-9. 10.2460/javma.241.1.104.
 28. Chigerwe, M., y Hagey, J. (2014). Refractometer assessment of colostral and serum IgG and milk total solids concentrations in dairy cattle. *BMC Veterinary Research*, 10(1), 178. doi:10.1186/s12917-014-0178-7.
 29. Conneely M, Berry DP, Murphy JP, Lorenz I, Doherty ML, Kennedy E. 2014. Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:6991–7000
 30. Crawford M.L., Quigley J.D. & Martin K.R. Immunoglobulin concentrations in serum in response to injectable immunoglobulin in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 1995, n° 78, pp. 1567-1572.
 31. Cruywagen, C. W., G. J. Brisson, and H. H. Meissner. 1990. Casein curd-forming ability and abomasal retention of milk replacer components in young calves. *J. Dairy Sci.* 73:1578–1585.
 32. Cummins, C., Berry, D. P., Murphy, J. P., Lorenz, I., & Kennedy, E. (2017). The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate. *J. Dairy Sci.*, 100:1–11.
 33. Davis, C. L., & Drackley, J. K. (2002). *DESARROLLO, NUTRICION Y MANEJO DEL TERNERO JOVEN*. Buenos Aires: INTER-MEDICA Editorial.
 34. Deelen, S. M., Ollivett, T L. Haines D M, and Leslie K E. 2014. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:3838-3844.
 35. Desjardins-Morrisette, M., van Niekerk, J. K., Haines, D., Sugino, T., Oba, M., & Steele, M. A. (2018). The effect of tube versus bottle feeding colostrum

- on immunoglobulin G absorption, abomasal emptying, and plasma hormone concentrations in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 101:1–12.
36. Doepel, L., y Bartier, A. (2014). Colostrum Management and Related to Poor Calf Immunity. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 26, 137-149
37. Doleschall, M., Y. Zhao, B. Mayer, L. Hammarström y I. Kacskovics. 2005. Isolation of the gene encoding the bovine neonatal Fc receptor. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 108: 145-150.
38. Doménech, G. A., Blanco, G. M. D. M., & Cid, V. M. D. (2017). Manual gráfico de inmunología y enfermedades infecciosas en vacuno. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>
39. Domínguez Pulido, U. I. (3 de diciembre de 2019). bmeditores.mx. Obtenido de Diarrea en Becerras Síndrome diarreico neonatal en Bovinos: <https://bmeditores.mx/ganaderia/articulos/ganado-de-carne/manejo/diarrea-en-becerras-sindrome-diarreico-neonatal-en-bovinos-2361>
40. Dos Reis Costa, J. F., Fontes Novo, S. M., Costa B., C., Meirelles S., N., Hurley, D. J., & Gomes, V. (2017). Innate immune response in neonate Holstein heifer calves fed fresh or frozen colostrum. *Research in Veterinary Science*, 115: 54-60.
41. Drackley JK. 2011. The other side of the transition: Effects on colostrum and calf. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort-Wayne, Indiana, USA. pp: 71–77.
42. Dunn, A. et al. (2017). Evaluation of factors associated with immunoglobulin G, fat, protein, and lactose concentrations in bovine colostrum and colostrum management practices in grassland-based dairy systems in Northern Ireland. *Journal of Dairy Science*, Volume 100, Issue 3, 2068 – 2079.
43. Elizondo, J. 2007a. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*. 18(2): 271-281.
44. Elizondo-Salazar, J. A., and A. J. Heinrichs. 2009a. Feeding heat treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 92:3265–3273.

45. Elizondo-Salazar, J. A., B. M. Jayarao, and A. J. Heinrichs. 2010. Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *J. Dairy Sci.* 93:961–967.
46. Ellingsen Kristian, Mejdell Cecilie M., Ottesen Nina, Larsen Stig, Grondahl Ann Margaret, 2016, The effect of large milk meals on digestive physiology and behavior in dairy calves. *Physiology & Behavior* 154 169–174.
47. Elsohaby, I., McClure J T, and Keefe GP. 2015. Evaluation of digital and optical refractometers for assessing failure of transfer of passive immunity in dairy calves. *J. Vet. Intern. Med.* 29:721-726.
48. Elsohaby, Ibrahim & Cameron, Marguerite & Elmoslemany, Ahmed & McClure, J Trenton & Keefe, Greg. (2019). Effect of passive transfer of immunity on growth performance of preweaned dairy calves. *Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche vétérinaire.* 83. 90-96.
49. Erhard, M.H. Kellner, J., Eichelberger, J. & Lösch, U. New aspects in oral immuno-prophylaxis for the prevention of infectious diarrhea of newborn calves – a field study with specific egg anti-bodies. *Münch, Tierärztl, Wochenschr*, 1993, n° 106, pp. 383-387.
50. Erhard, M.H., Göbel, E., Lewan, B., Lösch, U. & Stangassinger, M. Systemic availability of bovine immunoglobulin G and chicken immunoglobulin Y after feeding colostrum and whole egg powder to newborn calves. *Arch. Tierernahr*, 1997, n° 50(4), pp. 369-380.
51. Espada Aguirre, M., Ramos Antón, J. J., Ferrer Mayayo, L. M., Loste Montoya, A., Ortín Pérez, A., & Fernández Casasnovas, A. (2011). El calostro. Clave de supervivencia. Guía práctica para correcto encalostado de los terneros. Navarra, España.: Servet.
52. Faber, S., Faber, P., McCauley, T., y Ax, R. (2005). Case Study: Effects of Colostrum Ingestion on Lactational Performance. *The Professional Animal Scientist*, 21, 420-425.
53. Ferdowsi Nia E, Nikkhah A, Rahmani HR, Alikhani M, Mohammad Alipour M, Ghorbani GR. 2010. Increased colostrum somatic cell counts reduce

- preweaning calf immunity, health and growth. *J Anim Physiol Anim Nut* 94:628–634.
54. Fidler, A.P. et al. (2011). Short communication: Serum immunoglobulin G and total protein concentrations in dairy calves fed a colostrum-replacement product. *Journal of Dairy Science*, Volume 94, Issue 7, 3609 - 3612
55. Fischer, Y. Song, Z. He, D. M. Haines, L. L. Guan, and M. A. Steele. 2018. Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 101 :3099–3109.
56. Fleenor, W. a, y Stott, G. H. (1980). Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum. *Journal of dairy science*, 63(6), 973-977. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7.
57. Fleming, R. (2014). Bioactive Components in Colostrum and Milk from Canadian Holstein Classified as High, Average and Low Immune Responders. (Tesis de Maestría) Universidad de Guelph.
58. Fontes Novo, S. M., Dos Reis Costa, J. F., Costa Baccili, C., Meirelles Sobreira, N., Toledo Silva, B., Lorenci de Oliveira, P., . . . Gomes, V. (2017). Effect of maternal cells transferred with colostrum on the health. *Research in Veterinary Science*, 1-25.
59. 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. *J Am Vet Med Assoc.*, 229:1282–1285.
60. Franklin, S., Newman, M., Newman, K., y Meek, K. (2005). Immune Parameters of Dry Cows Fed Mannan Oligosaccharide and Subsequent Transfer of Immunity to Calves. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 766-775. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72740-5
61. Gapper, L. W., Copestake, D. E. J., Otter, D. E., y 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. doi:10.1007/s00216-007-1391-z

62. Gelsinger, S. L., Jones, C. M., & Heinrichs, A. J. (2015). Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G absorption and health of neonatal calves. *J. Dairy Sci.*, 98 :1–6.
63. Gelsinger, S. L., S. M. Gray, C. M. Jones, and A. J. Heinrichs. 2014. Heat treatment of colostrum increases immunoglobulin G absorption efficiency in high-, medium-, and low-quality colostrum. *J. Dairy Sci.* 97:2355–2360.
64. Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:19–39.
65. Godden, S.M., D.M. Haines y D. Hagman. 2009a. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer. *J Dairy Sci.* 92(4):1750-1757.
66. Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *Vet Clin Food Anim* 35, 535–556.
67. Gómez-Lucía, E., Del Mar Blanco, M., y Doménech, A. (2007). *Manual de Inmunología Veterinaria (1.a ed.)*. Madrid, España: Prentice Hall.
68. Grummer, R.R. & Rastani, R. Dry Period: Length and Feeding Management. *Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference*. 2004, April 27 & 28, pp. 9-13.
69. Gülay, M. Ş. (2005). Altering the lactation cycle: Is a 60-day dry period too long? *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(2), 197-205.
70. Halleran, J., H. J. Sylvester, and D. M. Foster. 2017. Short communication: Apparent efficiency of colostrum immunoglobulin G absorption in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 100:3282–3286.
71. Hammon, H. M., Steinhoff-Wagner, J. , Flor, J., Schönhusen, U. & Metges, C. C., LACTATION BIOLOGY SYMPOSIUM: Role of colostrum and colostrum components on glucose metabolism in neonatal calves,, *Journal of Animal Science*, Volume 91, Issue 2, February 2013, Pages 685–695, <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5758>
72. Hernández D, Nydam DV, Godden SM, Bristol LS, 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. *Vet J* 211: 82–87.
73. Hernández-Castellano, L., Almeida, A., Castro, N., y Argüello, A. (2014). The Colostrum Proteome, Ruminant Nutrition and Immunity: A Review. *Current Protein and Peptide Science*, 15(1), 64-74. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1875>
74. Hurley, W. 2009. Intestinal Absorption of immunoglobulins En: Lactation Biology Website. University of Illinois, Urbana-Champaign. On line: <http://classes.ansci.illinois.edu/ansc438/index.html>. Fecha consulta: 23 de octubre 2019.
75. Indra, E., Daina, K., y Je, Z. (2012). ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING IMMUNOGLOBULIN CONCENTRATION IN COLOSTRUM OF DAIRY COWS. *Scientific Papers, Animal Science Series*, 57, 256-259. Recuperado a partir de http://www.uaiasi.ro/revista_zoo/ro/documente/Pdf_Vol_57/Eihvalde_Indra.pdf
76. Jin, M., Shao, H., Jiang, Z., Jin, F., Chen, T., y Wang, J. (2012). A reliable immunoturbidimetry method for immunoglobulin G in bovine colostrum. *Food and Agricultural Immunology*, 23(2), 133-144. doi:10.1080/09540105.2011.606561
77. Jolazadeh, A., Mohammadabadi, T., Dehghan-banadaky, M., Chaji, M., & Garcia, M. (2019). Effect of supplementing calcium salts of n-3 and n-6 fatty acid to pregnant nonlactating cows on colostrum composition, milk yield, and reproductive performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 247: 127–140.
78. Kacs Kovics, I., Kis, Z., Mayer, B., West, A., Tiangco, N., Tilahun, M., ... Hammarström, L. (2006). FcRn mediates elongated serum half-life of human IgG in cattle. *International Immunology*, 18(4), 525-536. doi:10.1093/intimm/dxh393

79. Kaske, M., A. Werner, H. J. Schuberth, J. Rehage, and W. Kehler. 2005. Colostrum management in calves: Effects of drenching vs. bottle feeding. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 89:151.
80. Kehoe SI, Heinrichs AJ, Moody ML, Jones CM, Long MR. 2007. Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrums. *Prof Anim Sci* 27:176–180.
81. Kesser, M. Hill, J. F. L. Heinz, C. Koch, J. Rehage, J. Steinhoff-Wagner, H. M. Hammon, B. Mielenz, H. Sauerwein, and H. Sadri. 2015. The rapid increase of circulating adiponectin in neonatal calves depends on colostrum intake. *J. Dairy Sci.* 98:1–8.
82. Kuo, T., Baker, K., Yoshida, M., Qiao, S. W., Aveson, V., Lencer, W., y Blumberg, R. (2010). Neonatal Fc receptor: From immunity to therapeutics. *Journal of Clinical Immunology*, 30, 777-789. doi:10.1007/s10875-010-9468-4
83. Lago, A., Socha, M., Geiger, A., Cook, D., Silva-del-Río, N., Blanc, C., . . . Leonardi, C. (2017). Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 101:1344–1354.
84. Langel, S. N., Wark, W. A., Garst, S. N., James, R. E., McGilliard, M. L., Petersson-Wolfe, C. S., & Kanevsky-Mullarky, I. (2015). Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: The neonatal period. *J. Dairy Sci.*, 98:3729–3740.
85. Latour-Rowet, H.J.M., and H. J. Breukink. (1983). The failure of the oesophageal groove reflex, when fluids are given with an oesophageal feeder to newborn and young calves. *Vet. Q* 5:68-74.
86. Longenbach JL, Heinrichs AJ (1998) A review of the importance and physiological role of curd formation in the abomasum of young calves *Anim Feed Sci Techn* 73:85-97.
87. Lopera C., Zimpel R., Vieira-Neto A., Lopes F.R., Ortiz W., Poindexter M., Faria B.N., (...), Santos J.E.P. (2018). Effects of level of dietary cation-anion

- difference and duration of prepartum feeding on performance and metabolism of dairy cows *Journal of Dairy Science*, 101 (9) , pp. 7907-7929.
88. M. Yang, Y. Zou, Z. H. Wu, S. L. Li, and Z. J. Cao. 2015. Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 98:7153–7163
 89. Malmuthuge, N., Griebel, P. J., & Guan, I. (2015). The Gut Microbiome and Its Potential Role in the Development and Function of Newborn Calf Gastrointestinal Tract. *Frontiers in veterinary science*, 2, 36. doi:10.3389/fvets.2015.00036
 90. Martínez, Natalia & Rodney Harris, Rachael & Block, Elliot & Hernandez, Laura & Nelson, Corwin & Lean, Ian & Santos, Jose. (2017). Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Health and reproductive responses. *Journal of Dairy Science*. 101. 10.3168/jds.2017-13740.
 91. Mashiko, T., Nagafuchi, S., Kanbe, M., Obara, Y., Hagawa, Y., Takahashi, T., Katoh, K. 2009. Effects of dietary uridine 5´monophosphate on immune responses in newborn calves. *J. Anim. Sci.* 87: 1042-1047.
 92. Maunsell, F. (2014). Cow Factors That Influence Colostrum Quality. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 26, 113-121. Recuperado a partir de http://www.wcds.ca/proc/2014/Manuscripts/p_113_-_124_Maunsell.pdf
 93. Mayer, B., Doleschall, M., Bender, B., Bartyik, J., Bosze, Z., Frenyó, L., y Kacskovics, I. (2005). Expression of the neonatal Fc receptor (FcRn) in the bovine mammary gland. *Journal of Dairy Research*, 72(S1), 107-112. doi:10.1017/S0022029905001135
 94. McGraw-Hill Interamericana de España. (2014). Densidad: Definiciones. Recuperado a partir de http://www.mcgraw-hill.es/bcv/tabla_periodica/defi/definicion_densidad.html
 95. McGuirk SM, Collins M. 2004 Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* ;20 (3):593–603.

96. Mechor, G.D., Y.T. Gröhn, and R.J. Van Saun. 1991. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 74:3940-3943.
97. Meganck, V., Hoflack, G. & Opsomer, G. Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea: a systematical review with emphasis on colostrum management and fluid therapy. *Acta Vet Scand* 56, 75 (2014) doi:10.1186/s13028-014-0075-x
98. Mendoza, A., Caffarena, D., Fariña, S., Morales, T., & Giannitti, F. (2017). Manejo del calostrado en el ternero neonato: Herramientas para una crianza más saludable y eficiente Boletín de Divulgación N° 114. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA.
99. Mendoza, A., Caffarena, D., Morales, T., & Giannitti, F. (2017). Manejo del calostrado en el ternero recién nacido. *La Revista INIA*, 5-10.
100. Miyazaki, T., Okada, K., & Miyazaki, M. (2017). Short communication: Neonatal calves coagulate first-milking colostrum and produce a large curd for efficient absorption of immunoglobulins after first ingestion. *J. Dairy Sci.*, 100:1–9.
101. Mokhber-Dezfooli, M. R., M. Nouri, M. Rasekh, and P. D. Constable. 2012. Effect of abomasal emptying rate on the apparent efficiency of colostral immunoglobulin G absorption in neonatal Holstein-Friesian calves. *J. Dairy Sci.* 95:6740–6749.
102. Monteiro APA, Tao S, Thompson IM, Dahl GE. 2014. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors. *J Dairy Sci* 97:6426–6439.
103. Moore M, Tyler JW, Chigerwe M, 2005. Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 226(8):1375–7.
104. Morin DE, Constable PD, Maunsell FP, 2001. Factors associated with colostral specific gravity in dairy cows. *J Dairy Sci*; 84:937–43.

105. Morrill, K. M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., & Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J. Dairy Sci.*, 3997–4005.
106. 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. *J. Dairy Sci.*, 99:1–13.
107. Osaka I, Matsui Y, Terada F. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *J Dairy Sci* 97:6608–6612.
108. Pederson, R.E., Paulrud, C.O. & Tucker, W.T. Influence of bovine antiserum (Bo-Bac 2X) injection on colostral immunoglobulin G absorption in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 2000, n° 83, pp. 2829-2833.
109. Priestley, D & Bittar, Joao Henrique & Ibarbia, L & Risco, Carlos & Galvão, Klíbs. (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. *Journal of dairy science*. 96. 10.3168/jds.2012-6339.
110. Pritchett, L.C., C.C. Gay, D.D. Hancick, and T.E. Besser. 1994. Evaluation of the hydrometer for testing immunoglobulin G₁ concentrations in Holstein colostrum. *J. Dairy Sci.* 77:1761-1767.
111. Quezada-Tristán, T., García-Flor, V., Ortiz-Martínez, R., Arredondo-Figueroa, J., Medina-Esparza, L., Valdivia-Flores, A., y Montoya-Navarrete, A. (2014). Biochemical parameters in the blood of Holstein calves given immunoglobulin Y-supplemented colostrums. *BMC Veterinary Research*, 10, 159. doi:10.1186/1746-6148-10-159
112. Quigley, J. (2008). Calf Note #135 - On methods of IgG analysis. Recuperado 5 de abril de 2015, a partir de <http://www.calfnotes.com/>
113. Quigley, J. (2015). Calf Note #183 – Refractometer and Jersey Colostrum. Recuperado 5 de abril de 2015, a partir de <http://www.calfnotes.com/>

114. Quigley, J., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., y Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1148-1155. doi:10.3168/jds.2012-5823
115. Quigley, J.D Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrums supplement of replacer. *J. Dairy Sci.*, 2002, n° 85 (5), pp. 1243-1248.
116. Quigley, J.D. & Welborn, M.G. Influence of injectable immunoglobulin on serum immoglobulin concentrations in dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 1996, n° 79, pp. 2032-2037.
117. Quigley, J.D. 2000. Calf Note # 62- La edad de los Becerros, la Proteína Total y la Falta de Transferencia de Inmunidad Pasiva. On line: www.calfnotes.com. Fecha consulta: 8 de junio 2010.
118. Quigley, J.D., Fike, D.L., Egerton, M.N., Drewry, J.J. & Arthington, J.D. Effects of a colostrums replacement product derived from serum on immunoglobulin G absorption by calves. *J. Dairy Sci.*, 1998, n° 81 (7), pp. 1936-1939.
119. Quigley, J.D., Jaynes, C.A., Miller, M.L., Schanus, E., Chester-Jones, H., Marx, G.D. & Allen, D.M. Effects of hydrolyzed spray dried red blood cells in milk replacer on calf intake, body weight gain and efficiency. *J. Dairy Sci.* 2000, n° 83, pp. 788-794.
120. Reece, W. (2010). *Dukes Fisiología de los Animales Domésticos (12.a ed.)*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
121. Reece, W. (2013). *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals (4.a ed.)*. Iowa, Estados Unidos: Wiley-Blackwell.
122. Reyes Pinos, M. E. (2015). *Análisis de parámetros sanguíneos y factores maternos que influyen sobre la calidad de calostro bovino*. Quito: Universidad de las Américas.
123. Rivero, M., Valderrama, X., Haines, D., y Alomar, D. (2012). Prediction of immunoglobulin G content in bovine colostrum by near-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1410-1418. doi:10.3168/jds.2011-4532

124. Roche JR, Dennis NA, Macdonald KA, Phyn CVC, Amer PR, White RR, Drackley JK. 2015. Growth targets and rearing strategies for replacement heifers in pasture-based systems: a review. *Anim Prod Sci* 55:902–915.
125. Rodney R.M., Martinez N., Block E., Hernandez L.L., Celi P., Nelson C.D., Santos J.E.P., Lean I.J. (2018). Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Vitamin D, mineral, and bone metabolism. *Journal of Dairy Science*, 101 (3), pp. 2519-2543.
126. Rojas, R., y Apodaca, G. (2002). Immunoglobulin transport across polarized epithelial cells. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 3(12), 944-956. doi:10.1038/nrm972
127. Roopenian, D., y Akilesh, S. (2007). FcRn: the neonatal Fc receptor comes of age. *Nature reviews. Immunology*, 7(9), 715-725. doi:10.1038/nri2155
128. Russell Sakai, R., Coons, D. M., & Chigerwe, M. (2012). Effect of single or oesophageal feeding of 3L versus 4L of colostrum on absorption of colostral IgG in Holstein bull calves. *Livestock Science*, 148: 296-299.
129. Saldana, S. L. Gelsinger, C. M. Jones, and A. J. Heinrichs. 2019. Effect of different heating times of high, medium, and low quality colostrum on immunoglobulin G absorption in dairy calves
130. Sayed-Ahmed, A., Kassab, M., Abd-Elmaksoud, A., Elnasharty, M., y El-Kirdasy, A. (2010). Expression and immunohistochemical localization of the neonatal Fc receptor (FcRn) in the mammary glands of the Egyptian water buffalo. *Acta Histochemica*, 112(4), 383-391. doi:10.1016/j.acthis.2009.04.002
131. Shah, Ali & Naeem, Muhammad & Shah, Muhammad & Haaron, Muhammad & Peng, Quanhui & Wang, Zhisheng. (2019). Effects of Various Colostrum Feeding Methods on Growth Performance and Immunity of Holstein-Friesian Calves. *Pakistan Journal of Zoology*. 51. 10.17582/journal.pjz/2019.51.6.2161.2166.
132. Shivley, J. E. Lombard, N. J. Urie, D. M. Haines, R. Sargent, C. A. Koprak, T. J. Earleywine, J. D. Olson, and F. B. Garry. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with

- colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *J. Dairy Sci.* 101:1–14.
133. Singh, A., Chandra, G., Huozha, R., y Kushwaha, R. (2011). Bovine colostrum and neonate immunity - A review colostrum neonate. *Agricultural Reviews*, 32(2), 79-90.
 134. Smith G.W. y D.M. Foster. 2007. Short communication: Absorption of protein and immunoglobulin G in calves fed a colostrum replacer. *J Dairy Sci* 90(6):2905-2908.
 135. Smith, B. (2010). *Medicina Interna de Grandes Animales* (4.a ed.). Barcelona: Elsevier España.
 136. Stott, G.H., D.B. Marx, B.E. Menefee y G.T. Nightengale. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J Dairy Sci.* 62(10):1632-1638.
 137. Swan H, Godden S, Bey R, 2007. Passive transfer of immunoglobuling and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *J Dairy Sci* 2007;90:3857-66.
 138. Thompson A, Paul J (1981). Colostral transfer of gamma glutamyl transpeptidase in calves. *New Zealand Vet J* 29:223–226.
 139. Tizard, I. R. (2019). *Inmunología veterinaria*. Madrid: Elsevier España.
 140. Tripathi, V., y Vashishtha, B. (2006). Bioactive Compounds of Colostrum and Its Application. *Food Reviews International*, 22(3), 225-244. doi:10.1080/87559120600694606
 141. Van Kneegsel ATM, van der Drift SGA, Cermáková J, Kemp B. 2013. Effects of shortening the dry period of dairy cows on milk production, energy balance, health, and fertility: A systematic review. *Vet J* 198:707–713.
 142. Vetter, A., Argüello, A., Baumrucker, C., y Bruckmaier, R. (2013). Short communication: Fractional milking distribution of immunoglobulin G and other constituents in colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5919-5922. doi:10.3168/jds.2013-6745
 143. Vidarsson, G., Stemmerding, A., Stapleton, N., Spliethoff, S., Janssen, H., Rebers, F. E., ... Van de Winkel, J. (2015). FcRn: an IgG receptor on

- phagocytes with a novel role in phagocytosis. *Blood Journal*, 108(10), 3573-3580. doi:10.1182/blood-2006-05-024539.Supported
144. Vieira Neto, Achilles & Lima, I.R.P. & Lopes, F. & Lopera, C. & Zimpel, Roney & D.P. Sinedino, Letícia & Jeong, K.C. & Galvão, Klíbs & Thatcher, W.W. & Nelson, Corwin & Santos, Jose. (2017). Use of calcitriol to maintain postpartum blood calcium and improve immune function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 100. 10.3168/jds.2016-12506.
 145. Waldner CL, Rosengren LB. 2009. Factors associated with serum immunoglobulin levels in beef calves from Alberta and Saskatchewan and association between passive transfer and health outcomes. *Can Vet J* 50:275–281.
 146. Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., y Barrington, G. M. (2000). Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6), 569-577. doi:10.1892/0891-6640(2000)014<0569:PTOCII>2.3.CO;2
 147. Wilm J, Costa JHC, Neave HW, Weary DM, von Keyserlingk MAG. Technical note: serum total protein and immunoglobulin G concentrations in neonatal dairy calves over the first 10 days of age. *J Dairy Sci*. (2018) 101:6430–6. 10.3168/jds.2017-13553
 148. Y. Inabu, A. Fischer, Y. Song, L. L. Guan, M. Oba, M. A. Steele, and T. Sugino. 2018. Short communication: The effect of delayed colostrum feeding on plasma concentrations of glucagon-like peptide 1 and 2 in newborn calves. *J. Dairy Sci*. 101:6627–6631
 149. Zaugg, J.L. Bovine plasma transfusions for sustained serum immunoglobulin concentrations in colostrum-deprived calves. *Agri-Practice*, 1994, n° 15, pp. 35-39.
 150. Zhang, S., Mao, Y., Huang, J., Ma, T., Zhang, L., Zhu, X., ... Qiu, X. (2009). Immunoglobulin gene locus events in epithelial cells of lactating mouse mammary glands. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67(6), 985-94. doi:10.1007/s00018-009-0231-z