

Factores de riesgo asociados con la calidad del calostro y falla de transferencia pasiva de inmunoglobulinas y su efecto sobre la salud de las terneras.

Nombre del estudiante: Victor Manuel Guzmán Carazo.

Directora: Martha Olivera Angel.

Programa de posgrado: Maestría en Ciencias Animales.

Universidad: Universidad de Antioquia.

Año 2019.

El trabajo de investigación fue revisado y avalado por el comité de ética para la experimentación con animales de la Universidad de Antioquia mediante el acta 120 del 9 de octubre de 2018.

1. Agradecimientos

Agradecimientos al personal médico Veterinario de Bayer® Animal Health Colombia, a la estudiante Carmen Paola Castiblanco de la Universidad de la Salle Bogotá y a los estudiantes Andrés Jaramillo, María Claudia Puerta y Manuela Giraldo de la universidad CES Medellín, por su trabajo y dedicación. Mención especial a la compañía SCCL de Canadá por su apoyo decisivo. Al laboratorio LMV y al Doctor Víctor Cotrino por su disponibilidad y acompañamiento. A Karen Vargas y al grupo de investigación Biogénesis por su tutoría y aliento durante el estudio.

2. Tabla de Contenido

1	Agradecimientos	1
2	Tabla de contenido	2
3	Lista de tablas	5
4	Lista de Figuras	7
5	Lista de abreviaturas	8
6	Resumen General en inglés y español	9
7	Introducción General	12
8	Objetivos	13
9	Revisión de literatura	14
9.1	Salud del neonato bovino	14
9.2	Agentes causales de enfermedad digestiva en terneros neonatos	14
9.3	Modelo de la inmunidad del neonato bovino y la transferencia pasiva de anticuerpos	18
9.4	Calostrogénesis	21
9.5	Digestión del calostro	22
9.6	Absorción de los componentes del calostro	23
9.7	Falla de transferencia pasiva	26
9.8	Diagnóstico de la FTP	28
10	Cuerpo del trabajo	
10.1	Metodología Propuesta	30
10.1.1	Muestras: Selección de predios y animales	30
10.1.2	Encuestas	30
10.1.3	Toma de muestras de calostro	30
10.1.4	Toma de muestras de sangre	31
10.1.5	Estimación de la calidad higiénica del calostro	31

10.1.6 Estimación de la concentración de inmunoglobulinas en calostro y sangre	32
10.1.7 Estimaciones del estado de salud	32
10.1.8 Análisis estadístico	32
10.2 Resultados	35
10.2.1 Encuesta de caracterización de los hatos para manejo al parto, del consumo de calostro y salud.	35
10.2.2 Enfermedad en terneros	37
10.2.3 Encuesta de caracterización de las terneras participantes.	38
10.2.4 Calidad higiénica del calostro	39
10.2.5 Calidad Inmunológica del calostro	41
10.2.6 Cantidad de calostro consumido	42
10.2.7 Transferencia de IgG	43
10.2.8 Análisis estadístico de las variables de interés	44
10.2.8.1 Calidad higiénica e inmunológica del calostro y Su influencia sobre la transferencia pasiva de IgG	44
10.2.8.2 Indicadores de salud y FTP	50
10.3 Discusión	51
11 Conclusiones	55
12 Anexos	57
12.1 Anexo 1 Estimación de partos en fincas vinculadas al estudio	57
12.2 Anexo 2 Frecuencias de UFC/ml de calostros en diferentes municipios de Antioquia Boyacá y Cundinamarca	59
12.3 Anexo 3 Frecuencias de UFC E coli /ml de calostros en diferentes municipios de Antioquia Boyacá y Cundinamarca	61
12.4 Relación de terneras con FTP en cada hato participante	62

12.5 Anexo 5 Encuesta de caracterización fincas	64
12.6 Anexo 6 Encuesta aplicada a las terneras del estudio	67
13 Bibliografía	69

3. Lista de tablas

Tabla 1 Características agentes causales de diarrea en terneros	16
Tabla 2 Variables seleccionadas	33
Tabla 3 Número de fincas por departamento y municipio	35
Tabla 4 Resumen encuesta de manejo de la vaca al parto	36
Tabla 5 Resumen de encuesta de manejo del calostro	37
Tabla 6 Presentación de enfermedades por hato en cada departamento según encuesta.	38
Tabla 7 Presentación signos de enfermedad digestiva y respiratorias Durante el estudio.	38
Tabla 8 Parámetros generales de las vacas en fincas participantes.	38
Tabla 9 Frecuencia de raza.	39
Tabla 10 Tamaño de los hatos	39
Tabla 11 Cuantificación de las unidades formadoras de colonia UFC/ml.	40
Tabla 12 Número de fincas con por lo menos una muestra de Calostro > 100.000 UFC /ml	40
Tabla 13 Número de fincas con por lo menos una muestra. de Calostro con E coli	41
Tabla 14 Frecuencias concentración de Inmunoglobulina G Calostros	42
Tabla 15 Consumo de calostro administrado por biberón o sonda	42
Tabla 16 Concentración de Inmunoglobulina G sueros bovinos IgG mg/ml.	43
Tabla 17 Hatos con por lo menos 1 animal con falla de transferencia pasiva	43
Tabla 18 Asociación entre los factores de la vaca y los indicadores de calidad higiénica e inmunológica del calostro $P < 0,2$	45
Tabla 19 Asociación entre los factores del manejo del ternero y los	

indicadores de calidad higiénica e inmunológica del calostro $P < 0,2$.	46
Tabla 20 Asociación de los factores de manejo de la finca con la FTP $P < 0,2$	47
Tabla 21 Regresión multinivel factores días seca y consumo con tetero con efecto aleatorio finca	48
Tabla 22 Análisis bivariado indicadores de salud y falla de transferencia pasiva $P < 0,20$.	50

4. Lista de Figuras

Figura1 Modelo calostrogénesis	20
Figura 2 Modelo digestión del calostro	23
Figura 3 Modelo de absorción de componentes del calostro	24
Figura 4 Asociación de la concentración de IgG en calostro y su influencia sobre la concentración de IgG en suero de terneros y la FTP" en su primera semana de vida	47.
Figura 5 Predicción de IgG en suero del modelo de regresión multinivel factores días seca y consume con tetero con efecto aleatoria finca	49

5. Lista de Abreviaturas

CS: Componente secretor

E2: Estrógeno

Escherichia coli: (*E coli*)

FTP: Falla de transferencia pasiva

Sta: Toxina estable al calor (Sta)

TGF- β 2: Factor de crecimiento transformante beta-2

GH: Hormona de crecimiento

IGF-I: El factor de crecimiento insulínico tipo I

IgG: Inmunoglobulina G

IgA: Inmunoglobulina A

IgM: Inmunoglobulina M

TLAI: tejido linfoide asociado al intestino

FcRn: Receptor neonatal Fc

P4: Progesterona

PRL: Prolactina

pIgR: Receptor polimérico de inmunoglobulinas (pIgR)

FAE: Folículos asociados al epitelio

UFC: Unidades formadoras de colonia

UFCtotales: UFC de bacteria totales

IDR: Inmunodifusión radial

Elisa: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas

6. Resumen general español/inglés

Resumen

Con el objetivo de caracterizar los factores asociados a la vaca, el ternero y el manejo de las fincas y su efecto sobre la falla de transferencia pasiva de inmunoglobulinas (FTP), fueron vinculados al estudio 44 hatos lecheros colombianos, 20 en Antioquia, 19 en Cundinamarca y cinco en Boyacá. Los predios fueron seleccionados por conveniencia. El promedio de animales por hato fue de 206 +/- 106 vacas adultas, con 3,2 +/- 1,8 partos y 69 +/- 28,6 días seca. Entre octubre de 2017 y abril de 2018 se realizó monitoreo de los partos en estas fincas hasta vincular 255 terneras. Por cada ternera participando se reservó una muestra del calostro consumido para análisis de calidad bacteriológica y para determinar la concentración de IgG. Además, entre las 36 horas de nacidos y 7 días de vida fue tomada una muestra de sangre para lectura de IgG en suero. Por cada evento de parto se realizó una encuesta de factores asociados y para cada finca se realizó una encuesta de manejo de las terneras. Cada ternera fue seguida durante cuatro semanas registrando peso, talla y presentación de signos de enfermedad respiratoria e intestinal. Los resultados de calidad higiénica del calostro arrojaron que el 18% de las muestras superaban 100.000 UFC/ml, mientras el 54,5% de los predios presentó por lo menos una muestra de calostro por encima del indicador máximo. El 64% de los hatos presentaron contaminación con *E coli*. Sobre la calidad inmunológica de los calostros nuestros resultados indican que el 54% se encontraron por debajo de 50mg de IgG/ml, concentración mínima recomendada en la literatura para alimentar terneros recién nacidos. Los resultados de la concentración de IgG en suero indican que el 15% de animales presentaron concentraciones por debajo de 10 mg/ml indicador de FTP. La presentación de animales con FTP se demostró en 48% de los hatos participantes. Se realizó análisis bivariado de factores de la vaca y el ternero con los indicadores de calidad higiénica e inmunológica del calostro y de los indicadores de salud y falla de transferencia pasiva. Se realizó un modelo linear mixto usando la concentración de IgG/ml en suero como indicador del estado de transferencia pasiva de inmunoglobulinas encontrando que

está íntimamente ligada a la concentración de IgG en calostro. Se identificaron dos factores de manejo que expresaron estar relacionados con la FTP. Las terneras hijas de vacas con más de 70 días en periodo seco (26,7mg/ml IgG promedio) tuvieron hasta 6,9 mg/ml más IgG en suero, comparadas con las terneras hijas de vacas con menos de 70 días. Adicionalmente si a estas terneras les fue administrado su calostro con tetero acumularon hasta 5,03 mg/ml de IgG más en suero comparadas con aquellas que consumieron el calostro de manera diferente. Los hallazgos de calidad higiénica con altas UFC en más de la mitad de los predios y UFC de contaminantes como *E coli*, sugieren nuevos trabajos que identifiquen las causales de estos resultados teniendo en cuenta las diferencias de manejo al administrar el calostro.

Abstract

In order to characterize the factors associated with cow, calf and farm management and its effect on the failure of passive transfer of immunoglobulins (FPT), 44 dairy herds were linked to this study in Colombia, 20 in Antioquia, 19 in Cundinamarca and five in Boyacá. Dairy farms were selected for convenience, the average of animals by farm was 206 +/- 106 adult cows with 3,2 +/- 1,8 births and 69 +/- 28,6 dry days on average. Between October 2017 and April 2018, birth monitoring was carried out in this group of farms until enroll 255 Calves newly born. A sample of the colostrum consumed by each calf was reserved for bacteriological quality analysis and IgG concentration. Blood samples from feed calves were taken between 36 hours and 7 days after birth and used to test for IgG concentration in serum. A factors survey was carried out for each birth event and a calf management survey was conducted for each farm. Each calf was followed for 4 weeks registering weight, size and presentation of any signs of respiratory and intestinal disease. The results of hygienic quality of colostrum showed that 18% of the samples exceeded 100,000 CFU/ml with more than 50% of the farms presenting at least one colostrum sample above this maximum indicator. As well, 64% of herds showed contamination with *E coli*. The results of IgG concentration indicated that 54% of the collected colostrum

samples were below 50mg of IgG/ml which is considered to be the minimum expected concentration to prevent FPT. Accordingly serum IgG concentration indicates that 15% of animals showed FPT and 48% of herds had at least one animal with FPT. To analyze the data we performed bivariate analysis of cow and calf factors in relation with the indicators of hygienic and immunological quality of colostrum and the health indicators and FPT. Using a mixed linear model of serum IgG/ml concentration as an indicator of the passive transfer status of Immunoglobulins, we found that it was closely linked to the concentration of IgG in colostrum. Using this analysis we determined that the following two factors related to FPT: 1) Calves offspring of cows with long dry periods (more than 70 days) had 6.9 mg/ml plus IgG in serum compared with calf calves offspring of cows that has shorter dry periods (less than 70 days) with average IgG serum concentration of 26,7mg/ml IgG . In addition, if the calves feed colostrum with nipple bottle had a serum concentration of up to 5.03 mg/ml of IgG higher in serum than those to those feed colostrum only directly from his mother. The findings of low hygienic quality in more than half of the herds and high number of samples with E coli warrants further investigations on the causes of contamination.

7. Introducción General

Las terneras representan el futuro sostenible de la producción lechera. La salud de los animales jóvenes tiene un impacto importante sobre la viabilidad económica de las operaciones ganaderas y sobre los programas de reemplazo de animales (Lorenz, Fagan, y More 2011) El crecimiento eficiente de las novillas y su producción de leche dependen de los eventos de salud que se produjeron en las primeras semanas de vida (G. A. Donovan et al. 1998). Un estudio en Estado Unidos indica que 7,8% de terneros mueren antes del destete, y de ellos el 56,5% corresponde a diarreas u otros problemas digestivos (Usda 2007). Patógenos virales y bacterianos específicos como Rotavirus, Coronavirus, Cryptosporidium y *Escherichia coli* (*E. coli*) se han confirmado en Colombia como agentes causales de enfermedades entéricas importantes de las terneras. (Cadavid-Betancur et al. 2014)(D. M. Pardo y Oliver 2012). Estos patógenos pueden producir un fuerte efecto negativo sobre la salud y este puede ser potenciado por la falla de transferencia pasiva FTP. La asociación entre FTP y la salud del ternero ha sido documentada (G. A. Donovan et al. 1998). Algunos estudios en Colombia se han aproximado a la estimación de la FTP mediante técnicas como las proteínas séricas totales, turbidez con sulfato de zinc, entre otras (Aricada et al. 2004). Conocer la prevalencia de FTP e identificar los factores que se asocian a una menor transferencia pasiva de inmunoglobulinas en nuestro medio, sería de gran utilidad para diseñar estrategias orientadas a una exitosa transferencia pasiva de inmunoglobulinas como instrumento básico e importante para la disminución de la mortalidad y morbilidad, promoviendo el desarrollo óptimo de las terneras de reemplazo y potenciando su desempeño productivo futuro.

8. Objetivos

Objetivo general

Identificar los factores de riesgo de la vaca, factores del ternero, como aquellos relacionados con el manejo del calostro y la FTP, y su relación con la morbilidad y mortalidad de los terneros lactantes en hatos lecheros.

Objetivos específicos

1. Determinar la concentración de IgG y la calidad bacteriológica del calostro que será consumido por las terneras participantes en el estudio.
2. Determinar la frecuencia de FTP en las terneras participantes.
3. Explorar la asociación entre factores de riesgo de la vaca, factores del ternero, y aquellos relacionados con manejo de calostro, sobre la FTP y la presentación de enfermedades en las primeras semanas de vida de la ternera.

9. Revisión de literatura

9.1 Salud del neonato bovino

La placentación de los ungulados como la vaca, la yegua y la cerda, no permite la comunicación materno-fetal, lo que implica que la transferencia de anticuerpos de la madre al feto no se da de manera horizontal, dejando el consumo del calostro como única fuente de inmunoglobulinas disponible (Tizard IR 2013) (Dirksen 2005). Esta transferencia pasiva de anticuerpos maternos necesita de la producción de calostro en la vaca, posteriormente el consumo adecuado y a tiempo de este recurso por el ternero, para luego ser absorbido por el intestino. Esta serie de sucesos deben darse de manera escalonada y sincrónica para garantizar la sobrevivencia del neonato.

9.2 Agentes causales de enfermedad digestiva en terneros neonatos

El sistema Nacional de Vigilancia Sanitaria Animal para la industria lechera de los Estados Unidos en 2011, informó que la diarrea fue el trastorno más frecuente en las terneras lactantes afectando un 25,3% de ellas (USDA 2012); además, puede representar más de la mitad de la mortalidad de los terneros en las explotaciones lecheras (Foster y Smith 2009). En Colombia se encontró una mortalidad entre el 5,6% y 11,5%, en terneros en las primeras semanas de vida con una morbilidad asociada a diarrea que oscilaba entre el 2,5% y el 37,5% (Dolly Pardo 2012). La diarrea infecciosa es por lo tanto uno de los principales problemas de salud en los hatos lecheros (Foster y Smith 2009). La presentación de las enteritis en terneros recién nacidos tiene múltiples agentes causales y comúnmente se presenta de manera mixta, aunque siempre tiene un agente primario responsable (Cho y Yoon 2014). Para comprender mejor las manifestaciones de las enteritis se hace importante conocer cronológicamente el momento de más frecuente presentación, la región del intestino afectada, el daño causado y el tipo de diarrea que desencadena cada una de estas etiologías como se describe en la tabla 1.

En general los agentes pueden afectar cualquier región del intestino delgado y el intestino grueso. Sin embargo, el intestino delgado y especialmente la última porción del Íleon es

una de las zonas más susceptibles a la colonización bacteriana, viral y parasitaria. *Cryptosporidium* y *Rotavirus* tienen predilección por esta porción distal, mientras que *Salmonella* y *Coronavirus* además del intestino delgado pueden afectar también el colon. *Clostridium perfringens* puede encontrarse más frecuentemente afectando duodeno y abomaso. Si bien la presentación de estos agentes cubre las tres primeras semanas de vida, es claro que *E coli* y *Cryptosporidium* son más habituales en la primera semanas, mientras los agentes virales se hacen presentes entre la primera semana y la tercera. *Salmonella* y *Clostridium* usualmente aparecen después de la segunda semana y pueden ser casuales de enfermedad incluso después del destete.

En cuanto al daño causado los virus como el rotavirus y coronavirus causan diarrea malabsortiva debido a la destrucción del enterocito post replicación viral, lo que puede causar atrofia de las vellosidades. Rotavirus posee una enterotoxina (NSP4) que puede causar diarrea secretoria adicionalmente. (Cho y Yoon 2014)(Parkinson, TJ; Vermunt, JJ; malmo 2011)(Boileau y Kapil 2010).

Salmonella con su serovares *typhimurium* y *dublín* invade la mucosa intestinal, ingresa por células M intestinales y se multiplica en el tejido linfoide, evade la respuesta inmune y afecta el estado general. Invade los enterocitos y puede sobrevivir en macrófagos. Se disemina en el organismo por medio de células monoculares y fagocitos. La isla de patogenicidad tipo 1 y 5 de *Salmonella* inducen a secreción de la célula intestinal causando la diarrea. (Cho y Yoon 2014).

Tabla 1 Características agentes causales de diarrea en terneros antes del destete.

Agente.	Presentación.	Sección del intestino.	Daño.	Diarrea.
Rotavirus.	1 - 2 semana.	Íleon.	Por replicación viral y enterotoxina causa destrucción del enterocito y microvellosidades.	Maldigestiva y Malabsortiva
Coronavirus.	1 -3 semana.	Intestino grueso y delgado.	El virus se replica y lisa el enterocito. Se afectan las vellosidades del intestino delgado, las criptas del colon se atrofian, y la lámina propia se necrosa.	Maldigestiva y Malabsortiva
Salmonellas.	2 semana en adelante.	Íleon, ciego y colon.	Invasión y lisis del enterocito, atrofia de vellosidades	Diarrea secretoria
<i>E. Coli.</i>	1 semana.	Intestino Delgado.	Enterotoxina. Atrofia de las vellosidades debido a la pérdida de células y la lámina propia.	Diarrea secretoria
<i>Clostridium Perfringes.</i>	2 semana en adelante.	Abomaso-duodeno.	β -toxina, induce enteritis necrotizante con hemorragias multifocales difusas. Destrucción de microvellosidades y puede penetrar a organismo produciendo enterotoxemia.	Diarrea Hemorrágica Necrótica
<i>Cryptosporidium parvum</i>	1 a 5 semana	Íleon.	Daño en el enterocito, vacuola parasitófora. Destruye la célula causando lisis y atrofia de microvellosidades y atrofia de las vellosidades.	Diarrea Malabsortiva

Adaptado de: (Cho y Yoon 2014) (Foster y Smith 2009) (Boileau y Kapil 2010)(Dirksen 2005)(Parkinson, TJ; Vermunt, JJ; malmo 2011)(Goossens et al. 2017)

E coli ETEC gracias a su antígeno de adhesión K99 que se expresa en niveles de pH inferiores a 6,5, tiene mayor predilección por la región distal del intestino (como el Íleon) mientras se establece progresivamente hacia el resto del intestino delgado. Sus toxinas,

como la toxina estable al calor (Sta), inducen sobrerregulación de secreción de cloro y bicarbonato causando diarrea secretoria (Foster y Smith 2009). En este sentido, las bacterias y las consecuencias de sus toxinas liberadas serían responsables en mayor medida por las diarreas secretorias aunque también podrían causar daño del enterocito como en el caso del *Clostridium*.

Clostridium perfringens posee cinco clases o tipos (A, B, C, D y E) basados en la producción de cuatro toxinas principales: alfa (α), β (β), ϵ (ϵ) y iota. El tipo C es el más frecuente. Los terneros producen baja tripsina lo que favorece la presencia de *C. perfringens* tipo C- β toxina, que se reconoce como la principal causa de los signos en terneros. La β toxina induce enteritis necrotizante con hemorragias multifocales difusas con destrucción de microvellosidades y puede penetrar a organismo produciendo enterotoxemia (Gerrit D, Hans D 2005)(Cho y Yoon 2014).

Hay 24 especies de *Cryptosporidium* en bovinos *C. parvum*, *C. bovis*, *C. rynae*, *C. andersoni*. *C. parvum* la más común en bovinos y uno de los agentes más prevalentes a nivel mundial en infecciones simples y mixtas, daña el enterocito, pues su ciclo de vida es intraepitelial y la salida de los oocitos destruye la célula. La invasión de *C. parvum* induce cambios en las estructuras del citoesqueleto causando pérdida y atrofia de microvellosidades desencadenando diarrea malabsortiva.

Algunos factores de riesgo asociados a la presentación de diarrea en Colombia fueron reportados por Pardo en 2015, entre ellos: el uso de fertilizantes diferentes a los químicos como aquellos de origen orgánico, prácticas de suplementación con materias primas como el ensilaje de maíz, la raza diferente a la Holstein en madres y terneros, tener peso menor de 39 kg o mayor de 45 kg, ser machos, la desinfección de ombligos con productos no yodados, la permanencia en sistema de levante diferente a cuerda-estaca y el suministro de leche con recipientes diferentes al balde. Los factores de protección identificados fueron: el suministro de concentrado comercial a los terneros, la aplicación de vacunas contra leptospirosis, complejo respiratorio bovino y vacuna triple bovina, las prácticas de desparasitación con albendazoles a terneros y animales adultos, la

aplicación de terapia de secado y la asistencia técnica de veterinarios y zootecnistas (D. Pardo y Oliver 2015).

9.3 Modelo de la inmunidad del neonato bovino y la transferencia pasiva de anticuerpos.

El calostro bovino consiste en una mezcla de secreciones lácteas y de componentes del suero sanguíneo que se acumulan en la glándula mamaria tres o cuatro semanas antes del parto (Baumrucker y Bruckmaier 2014). Los componentes del calostro incluyen inmunoglobulinas, leucocitos maternos, factores de crecimiento, hormonas, citoquinas, factores antimicrobianos y nutrientes. La proteína compone el 14% del calostro, 4,5 veces mayor comparada con el 3,1% de la leche normal. Aunque las proteínas más abundantes del calostro son las inmunoglobulinas, la cantidad de albumina es ocho veces mayor y la caseína está cerca de 4,8%, el doble de la proporción láctea. La lactosa está sobre la mitad del contenido normal de la leche. Las concentraciones de muchos de estos componentes son mayores en las primeras secreciones después del parto (primer ordeño del calostro), luego disminuyen constantemente durante los siguientes seis ordeños (leche de transición) para alcanzar las concentraciones más bajas que se miden rutinariamente en la leche entera (Godden 2008).

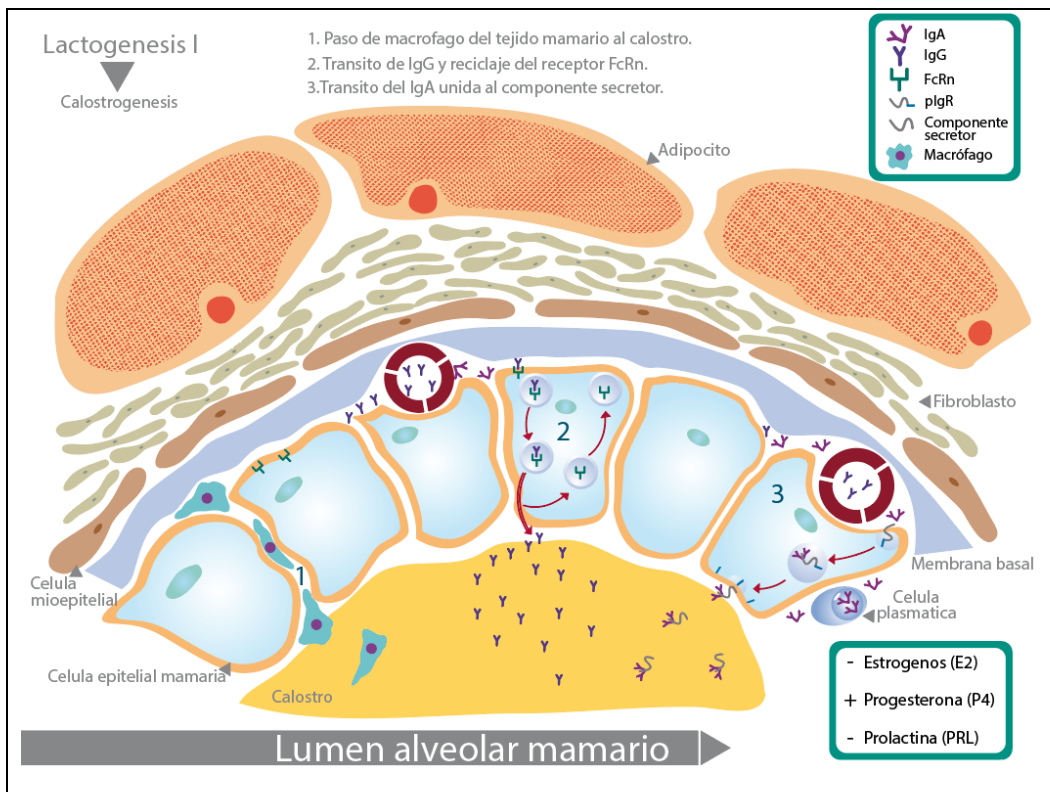
El calostro del bovino contiene más de 1×10^6 células /ml de leucocitos maternos inmunológicamente activos incluyendo principalmente macrófagos, que comprenden del 40% al 50% de los leucocitos calostrales; los restantes son linfocitos (22% a 25%) y neutrófilos (25% a 37%) (Reber, Hippen, y Hurley 2005) (Godden 2008). Los resultados de un estudio realizado por Donovan en 2007 demuestran que los leucocitos calostrales mejoran la respuesta de los linfocitos del ternero a agentes a los cuales la madre estuvo previamente expuesta. (D. C. Donovan et al. 2007). El calostro también contiene una serie de factores antimicrobianos como la proteína antimicrobiana de unión a hierro llamada lactoferrina, la enzima antibacteriana lactoperoxidasa, la lisozima enzimática antibacteriana y lítica, los oligosacáridos que funcionan como análogos de ligando

microbianos sobre superficies mucosas y péptidos antimicrobianos estables al calor (defensinas). También están presentes algunos factores de crecimiento como el factor de crecimiento transformante beta-2 (TGF- β 2), la hormona de crecimiento (GH) y la insulina. El factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I) presente en el calostro puede ser un regulador clave en el desarrollo del tracto gastrointestinal de neonatos bovinos, incluida la estimulación del crecimiento de la mucosa, y el aumento del tamaño de las vellosidades (Hurley y Theil 2011) (Godden 2008).

En los rumiantes, la inmunoglobulina G (IgG) es la clase de inmunoglobulina predominante en la leche y el calostro, esta puede representar entre 65-90% de los anticuerpos totales. La inmunoglobulina (IgA) es la inmunoglobulina predominante en el calostro en especies donde la IgG se transfiere al feto antes del nacimiento (por ejemplo, los seres humanos). Se ha demostrado que la IgG presenta dos variantes en suero IgG1 e IgG2. La IgG1 es la más abundante en los bovinos y es transportada desde el plasma sanguíneo a la glándula mamaria y la leche; mientras que la IgA es sintetizada en la glándula mamaria por las células plasmáticas que migran desde el tracto gastrointestinal. Los precursores de las células plasmáticas destinadas a producir IgA tienen origen en el tejido linfoide asociado al intestino (TLAI) y el tráfico hacia la glándula mamaria se da vía sanguínea cerca del momento del parto, en la lactancia media y tardía. La IgA se encuentra en las secreciones mucosas y evita infecciones causadas por microbios en estas superficies. La inmunoglobulina M (IgM) es otra clase de inmunoglobulina presente en el calostro que aparece cuando un organismo se expone a un antígeno por primera vez, tiene una especificidad baja y por lo tanto una menor potencia para vencer la infección (Stelwagen et al. 2009) (Hurley y Theil 2011). Algunos autores sostienen que la tasa de transferencia de IgG a la glándula mamaria preparto es una consecuencia del desarrollo de la glándula mamaria, que está bajo el control de estrógeno (E2), progesterona (P4) y prolactina (PRL) días antes del parto. (Barrington et al. 2001). Un análisis de inmunohistoquímica demostró que expresión de un receptor llamado receptor neonatal Fc (FcRn) coincidió con la lactogénesis I (el inicio de la calostrogénesis) y

disminuyó durante la lactogénesis II (el inicio de la secreción de abundante de leche). Se ha demostrado que la IgG unida al receptor se internaliza a través de un mecanismo endocítico llamado transcitosis, se transporta al extremo apical del lactocito y se libera en la luz alveolar. (Baumrucker y Bruckmaier 2014; Wheeler et al. 2007). Las versiones poliméricas de IgA o IgM se unen al receptor polimérico de inmunoglobulinas (pIgR), donde el receptor unido a la inmunoglobulina, son internalizados y transportados al extremo apical de la célula epitelial mamaria por un proceso similar (Hurley y Theil 2011) (ver figura 1).

Figura1. Modelo calostrogénesis



En la figura 1 se representa el fenómeno de transcitosis de IgG e IgA por medio de receptores a través de la célula epitelial mamaria. También el paso de macrófagos del tejido mamario al calostro. 1 paso de macrófago del tejido mamario al lumen alveolar. 2 tránsito de IgG y reciclaje de receptor FcRn. 3 tránsito de IgA unida al componente secretor.

9.4 Calostrogenesis

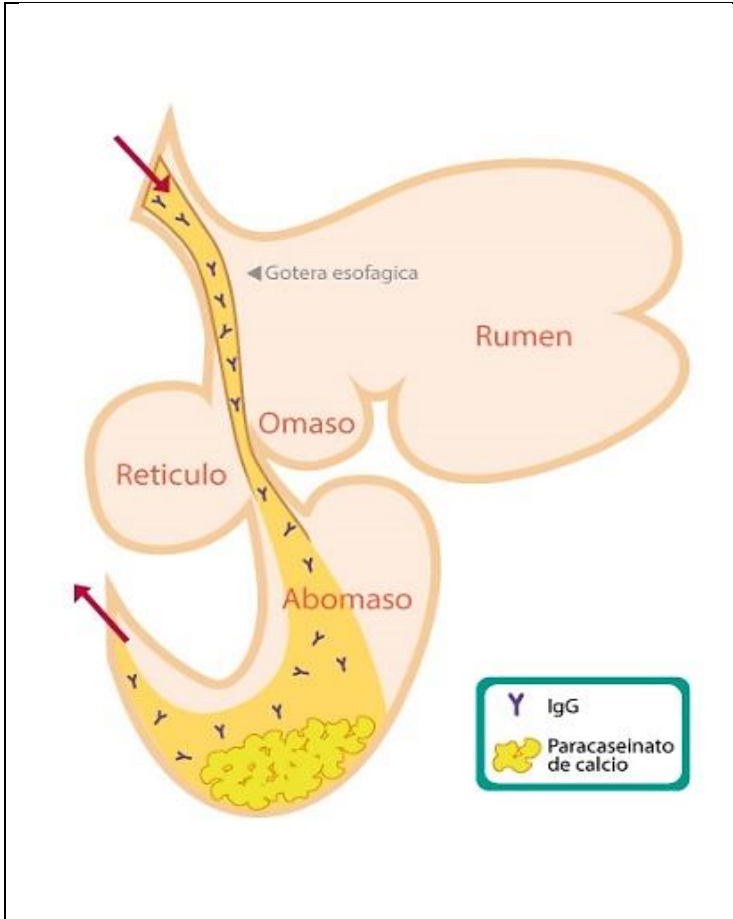
La glándula mamaria en lactogenesis I por influencia de la hormonas E2 y P4 y en ausencia de PRL, produce el calostro materno aproximadamente desde las tres semanas antes del parto (Roth y Smith 2004). Para llevar IgG sérica circulante al lumen, la célula epitelial mamaria expresa el receptor específico FcRn neonatal, que media el paso desde el espacio extracelular en el extremo basal de la célula al lumen alveolar mamario. Este mecanismo endocítico, llamado transcitosis, es dependiente de pH, dándose una unión de alta afinidad a pH ácido (pH 6,5) y débil o ninguna unión a pH neutro (Cervenak y Kacsokovics 2009). Una vez ocurre la unión la IgG con el receptor FcRn, se da el tránsito intracelular y la IgG es transportada al extremo apical, el receptor es reciclado quedando habilitado nuevamente. (ver numeral 2 figura 1). El incremento de E2 un mes antes del parto sumado al marcado decrecimiento de la progesterona P4, 2 días antes del parto, modulan el paso de IgG al calostro mediante FcRn (Barrinton 2001). Las células epiteliales alveolares dejan de expresar este receptor al inicio de la lactancia, muy probablemente en respuesta al aumento de las concentraciones de PRL (Godden 2008). De manera similar la IgA disponible en la glándula mamaria por la presencia de células plasmáticas que migraron provenientes de TLAI, necesita hacer tránsito por la célula mamaria. El transporte de IgA implica la unión al receptor denominado receptor polimérico de inmunoglobulinas (pIgR) en la membrana celular basolateral, para luego ser transportada hacia la membrana apical (ver numeral 3 en figura 1). Una vez en el lumen pIgR libera la IgA más un fragmento llamado componente secretor (CS) que continúa unido a la IgA. CS confiere a IgA protección contra la degradación proteolítica en el intestino y su presencia facilita la localización de IgA en el moco intestinal, también tiene efectos protectores propios bloqueando potencialmente la adhesión epitelial de *E. coli* enterotoxigénica y neutralizando los efectos de otros patógenos como el rotavirus causante de diarrea neonatal. (Wheeler et al. 2007)(Hurley y Theil 2011) (Parreño et al. 2004). El ingreso al calostro de células inmunes como los macrófagos presentes en la

glándula mamaria, se da por diapédesis entre las células epiteliales de la glándula (ver numeral 1 en figura 2) (Baumrucker y Bruckmaier 2014).

9.5 Digestión del calostro

El calostro, una vez ingerido por el ternero, atraviesa la gotera esofágica. El término se refiere a la contracción refleja de dos pliegues musculares que forman una derivación del esófago al abomaso y como resultado, la leche ingerida no pasa ni por el retículo ni por el rumen sino que fluye directamente al abomaso (Braun, Krüger, y Hässig 2013). En éste, el calostro se coagula en pocos minutos por acción de la enzima renina, al convertir la caseína soluble en una red de paracaseinato de calcio que a la vez retiene los glóbulos grasos. Este coágulo se retrae en pocos minutos y segrega una serie de componentes que representan el "suero de la leche", como consecuencia, la caseína se retiene en el estómago del recién nacido más tiempo que el resto de las proteínas del suero de la leche (figura 3). Las caseínas de leche y los lípidos son los principales contenidos del coágulo, mientras que el suero de la leche contiene: inmunoglobulinas y lactoglobulinas, lactosa y minerales (Relling y Mattioli 2003) (Hurley y Theil 2011) (Miyazaki, Okada, y Miyazaki 2017). El suero de calostro con alta concentración de IgG, pasa rápidamente del abomaso al intestino y las proteínas de calostro ingeridas por el neonato no se degradan ni se usan como fuente de alimento, ya que alcanzan el intestino intactas debido a que la actividad proteolítica del intestino delgado es baja y además está minimizada por la presencia de un inhibidor de tripsina el cual es 100 veces mayor en el calostro que en leche (Kruse 1983)(Godden 2008).

Figura 2 Modelo digestión del calostro



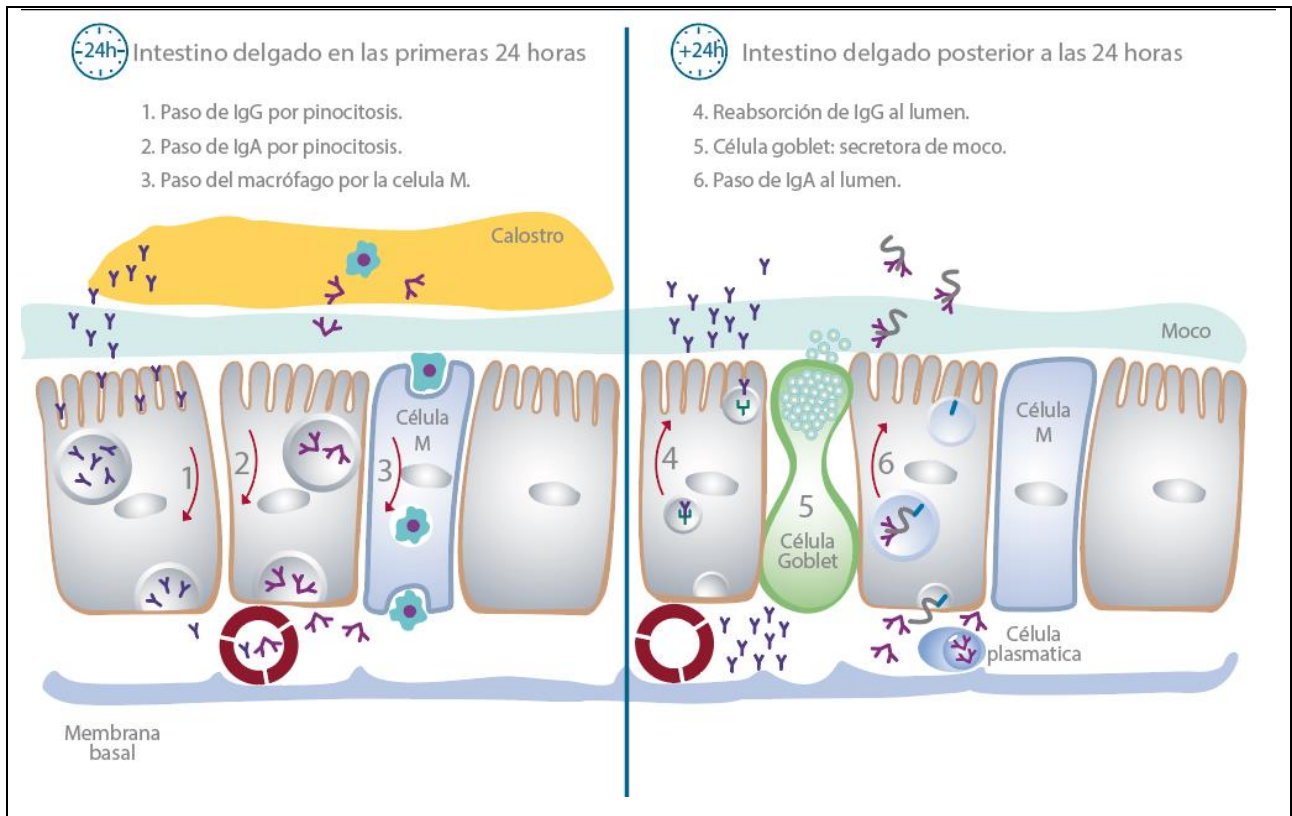
La figura 3 representa el paso de IgG por la gótera esofágica hacia el abomaso y la formación de paracaseinato de calcio por acción de la enzima renina.

9.6 Absorción de los componentes del calostro

La absorción intestinal en el período inmediato al nacimiento es transitoria y no selectiva. Durante las primeras 24-36 horas de vida, el intestino delgado está revestido con células epiteliales mucosas (enterocitos) altamente vacuoladas e inmaduras, capaces de absorber macromoléculas. Los enterocitos permiten la absorción no selectiva de proteínas de gran peso molecular y otras moléculas. El epitelio intestinal del ternero recién nacido conserva la capacidad hacer pinocitosis con macromoléculas por un período de tiempo corto, antes de que sea reemplazado por las células epiteliales

maduras (figura 3). En los enterocitos se observan numerosas vacuolas transportadoras que llevan IgG y IgA del extremo apical a la membrana basal. Este movimiento permite el paso de IgG a los capilares y luego, vía portal hepática, hacia la circulación general (ver numeral 1 y 2 de la figura 4) (Cervenak y Kacs Kovics 2009)(Hurley y Theil 2011)(Kruse 1983).

Figura 3 Modelo de absorción de componentes del calostro



En la figura 3 se observa el modelo de absorción intestinal del neonato bovino en sus primeras 24 horas y después del "cierre". Intestino delgado en las 24 primeras horas: 1 Paso de IgG por pinocitosis. 2 paso de IgA por pinocitosis. 3 paso del macrófago por célula "M". Intestino delgado posterior a las 24 horas: 4 Reabsorción de IgG al lumen intestinal. 5 célula de goblet productora de moco. 6 paso de IgA al lumen.

Poco a poco los enterocitos dejan de absorber las macromoléculas, proceso denominado "cierre". Las macromoléculas absorbidas se liberan en la lámina propia y luego pasan a la circulación linfática o portal hepática. Otros elementos como los leucocitos

provenientes del calostro, ingresan a través del intestino, por medio de las células M de la mucosa intestinal especializadas en hacer pinocitosis con antígenos del lumen intestinal y serían las encargadas de internalizar y entregar estas células inmunes a los folículos asociados al epitelio (FAE) en las placas de Peyer intestinales (ver numeral 3 figura 3) (Liebler-Tenorio, Riedel-Caspari, y Pohlenz 2002) . Estas células desaparecen de la circulación neonatal entre 24 y 36 horas pos-ingestión. (Godden 2008)

Una vez se da el denominado “cierre” del intestino cesa el paso indiferenciado de moléculas y elementos por la mucosa intestinal, activándose la barrera intestinal que como estructura, cumplirá con sus funciones de captación de nutrientes o exclusión de patógeno convirtiéndose en la primera línea de defensa contra patógenos entéricos (Roth y Smith 2004). El transporte de IgG en el enterocito parece ser bidireccional, apoyando el concepto que la IgG1 en el intestino está implicada también en la vigilancia inmune y defensa de la mucosa (ver numeral 4 figura 3) (Hurley y Theil 2011). Una gran proporción de la IgG ingerida se recicla hacia el lumen intestinal donde contribuye a la protección del tracto gastrointestinal contra la infección. Un ternero que consume 100 g de IgG del calostro cada día puede secretar entre 2 y 4 g de IgG de nuevo en el intestino, durante la primera dos semanas de vida. Esta cantidad de inmunoglobulina podría reducir la probabilidad de enfermedad entérica del ternero (Besser 1987). La inducción de la secreción de IgA a nivel intestinal está relacionada con la placa de Peyer y depende de la interacción entre células B y T y células dendríticas presentes en el FAE (Salmon 1999). La IgA producida ya localmente por las células plasmáticas asociadas a TLA se transportan a través de células epiteliales intestinales unidas al receptor polimérico de inmunoglobulina (Tizard IR 2013). Esta IgA en el intestino se une a las bacterias, toxinas y otras macromoléculas, limitando su capacidad para unirse a las células (Hurley y Theil 2011). Aunque son muchos los factores que influyen en la producción de calostro como la raza, el número de parto, la duración del período seco y la nutrición (McGuirk y Collins 2004), para evitar la FTP y sus consecuencias, un ternero debe consumir antes del “cierre” de la absorción no selectiva intestinal, cuatro litros de calostro que contenga por

lo menos 50gr de IgG por litro. Aunque no todos los estudios han mostrado resultados positivos, se ha establecido que la vacunación de vacas o novillas preñadas durante el período final de tres a seis semanas antes del parto, resulta en un aumento de las concentraciones de anticuerpos protectores del calostro y un aumento de los títulos de anticuerpos pasivos en terneros de vacas vacunadas para algunos patógenos comunes, como *Pasteurella haemolytica*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, rotavirus y coronavirus (Godden 2008) (Weaver et al. 2000)(Godden 2008).

9.7 Falla de transferencia pasiva.

Cuando el neonato no ingiere o no absorbe suficientes cantidades de IgG del calostro y las concentraciones de estas en sangre son inferiores a 10 mg/ml, ocurre la falla de transferencia de inmunidad pasiva (McGuirk y Collins 2004), lo que conduce a una falla en la activación y regulación de las respuestas inmunes innatas presentes en los terneros para combatir la infección. Los terneros necesitan ingerir entre 100 y 200 g de IgG para mejorar las posibilidades de éxito en la transferencia pasiva (McGuirk y Collins 2004). La FTP se considera un factor de riesgo predisponente para la morbilidad y mortalidad neonatal, asociada con septicemia, diarrea y neumonía. Godden, en 2008, estimó que aproximadamente el 31% de las muertes de terneros durante las tres primeras semanas de vida podrían haberse evitado si las prácticas de manejo de calostro como el volumen, tiempo de administración y calidad del mismo mejoraran (Godden 2008). La diarrea neonatal está directamente relacionada la FTP (Raboisson, Trillat, y Cahuzac 2016).

Sin embargo, la calidad del calostro puede variar considerablemente en la concentración de IgG. Un estudio en Estados Unidos con 827 muestras de 67 granjas, encontró que casi el 30% de las muestras de calostro tenía una concentración de IgG de < 50 g/l. (Morrill et al. 2012). Se considera un calostro de buena calidad si la concentración de IgG si es igual o supera los 50 g/L (Godden 2008).

Se ha estimado que los costos de levante son aproximadamente US\$90 desde el nacimiento al destete, US\$210 del destete a los seis meses de edad, \$315 de los seis

meses de edad al primer servicio y US\$516 del primer servicio al parto (Tozer, P, Gabler, M., J., Schriefer, T 2015). Los efectos de la FTP se extienden más allá del período neonatal en las terneras, porque afecta a largo plazo la ganancia de peso y la productividad; como consecuencia se disminuye la producción láctea y hay una mayor tasa de descarte durante la primera lactancia y un costo que supera los US\$800 por ternero (George Stilwell 2011). Como el levante de las novillas de reemplazo es una porción muy significativa de los costos de producción de leche, tiene sentido suponer que los ganaderos tienen un gran interés en tener crías sanas que se desarrollen rápidamente para convertirse eventualmente en un componente productivo de su hato lechero y asegurar la viabilidad financiera.

En Colombia, en un estudio realizado en 60 terneros de un hato situado en la región del norte antioqueño, se evaluó por medio de un calostrómetro el calostro de las madres, (n=57) y el 95% tenían calostro de calidad aceptable, mientras que mediante la prueba de sulfito de sodio se estimó la absorción de Inmunoglobulinas presentándose una absorción adecuada (concentración aproximada >1500 mg IgG/dl) en el 89% de los animales evaluados (n=54). y solo tres (5,26%) presentaron absorción pobre o nula (concentración aproximada <500 mg IgG/dl) (Cadavid-Betancur et al. 2014).

Se ha informado de altas tasas de FPT en terneros amamantados directamente por sus madres debido a que ingieren menos inmunoglobulinas de las requeridas, por lo que es necesaria la administración del calostro materno de manera artificial. Este hallazgo puede ser atribuible a la falla del ternero en consumir voluntariamente un volumen suficiente de calostro y/o a demoras para consumirlo (Besser, Gay, y Pritchett 1991). La FPT puede ser el resultado de una formación inadecuada de calostro, limitada ingestión y una pobre absorción. La higiene de los pezones, la función apropiada del equipo de ordeño, la higiene del ordeño y de los elementos utilizados para almacenar y administrar de manera artificial el calostro mantienen consistentemente las metas de recuento de bacterias dentro de los objetivos: bacterias totales < 100,000 UFC, Coliformes fecales <10,000 UFC (McGuirk y Collins 2004). Desafortunadamente, el recuento promedio de bacterias en el

calostro encontrado en lecherías comerciales frecuentemente excede por mucho este punto de corte. En un estudio de hatos lecheros de Wisconsin, el 82% de las muestras analizadas superó el límite superior de 100,000 UFC/ml (Godden 2008). En otro estudio en Quebec, la contaminación bacteriana del calostro fue alta en seis fincas estudiadas, donde al menos un tipo de microorganismo fue cultivado a partir del 94,4% de las muestras (Fecteau et al. 2002). La contaminación bacteriana del calostro conlleva a dos consecuencias asociadas; aumentar el riesgo de transferencia de patógenos y la disminución de la absorción de IgG en intestino (Lorenz, Fagan, y More 2011). Un estudio realizado por Renaud en 2017 demuestra que la contaminación bacteriana del equipo de alimentación de calostro es frecuente y además que la revisión visual de la higiene del equipo y utensilios utilizados para la alimentación es un indicador pobre de la contaminación bacteriana (Renaud et al. 2017). Las bacterias en el calostro pueden unirse a inmunoglobulinas libres en el lumen del intestino o bloquear directamente transporte de las moléculas de inmunoglobulinas a través de las células epiteliales intestinales, interfiriendo con la absorción pasiva de componentes del calostro y favoreciendo la FTP (Godden 2008).

En el trabajo realizado por Pardo en 2015 relacionado con los factores que influyen sobre la diarrea, no se encontró que la FTP de inmunoglobulinas fuera un factor asociado a la enfermedad, observación similar a la reportada por otros autores, sin embargo, el autor también reporta que en estudios previos la FTP de inmunoglobulinas medida como proteínas plasmáticas totales, es un factor de riesgo de enfermedad específicamente para diarrea (D. Pardo y Oliver 2015).

9.8 Diagnóstico de la FTP

Para evaluar la FTP se han diseñado pruebas de medición de la concentración de IgG en suero del ternero recién nacido una vez ha tomado el calostro. La inmunodifusión radial (IDR) y el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), miden directamente la concentración de IgG del suero; las otras pruebas disponibles, incluyendo

sólidos totales del suero por refractometría, la prueba de turbidez de sulfito de sodio, la prueba de turbidez del sulfato de zinc, la actividad GGT suero y la gelificación de glutaraldehído en sangre entera, estiman la concentración de IgG basada en la concentración de globulinas totales o de otras proteínas cuya transferencia pasiva está estadísticamente asociado con la de IgG (Weaver et al. 2000).

El ensayo de inmunodifusión radial IDR es el método de referencia para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva y calidad de calostro bovino (Godden 2008). Requiere entre 18 y 24 horas para obtener resultados, es un procedimiento de laboratorio y no se puede realizar en campo (Harvey Lodish 2005). La refractometría óptica o Brix digital, proporciona una estimación de la concentración de IgG; en Estados Unidos sólo se usa esta metodología en el 2,1% de las explotaciones (Usda 2007). La espectroscopia infrarroja ha surgido como una herramienta importante en la química analítica moderna y podría ser una buena alternativa para la estimación de FTP mediante la medición de IgG en suero, si se le compara frente a las dificultades naturales de la IDR (Elsohaby et al. 2014).

10. Cuerpo del trabajo.

10.1 Metodología Propuesta

10.1.1 Muestra: Selección de fincas y animales

La selección de los hatos participantes en este estudio se realizó por conveniencia, de acuerdo con el inventario ganadero (>70 vacas adultas), ubicación de la finca, número de vacas proyectadas a parir en el período seleccionado para los muestreos y su disposición a participar en el estudio (Anexo 1). Las fincas en su totalidad son clientes de los programas técnicos Bayer® Animal Health en Colombia. Se tomaron muestras de calostro materno al parto y sangre de 255 terneras en 44 fincas ubicadas en los departamentos de Antioquia Cundinamarca y Boyacá en Colombia. La unidad experimental es la ternera y se tiene en cuenta la finca como efecto aleatorio.

10.1.2 Encuestas

Para cada hato se realizó una encuesta de general de caracterización de aspectos relacionados con el manejo del parto, el neonato y el calostro. Ésta encuesta fue realizada por los estudiantes vinculados al proyecto, quienes se entrevistaron en las fincas a responsables del manejo de los terneros. Incluyó 65 preguntas relacionadas con el manejo del parto, manejo del calostro, plan sanitario y de alimentación, alojamiento y bioseguridad de las explotaciones (Anexo 5). Además, para cada ternera participante se realizó un cuestionario que incluye preguntas sobre factores de la vaca como: Raza, número de parto, días de seca, dificultades al parto, enfermedades al parto, y de las prácticas de manejo del ternero y del calostro como: Si el ternero accede al calostro por sí mismo, si se le administra artificialmente, el volumen de alimentación, el tiempo de alimentación y el método de alimentación (Anexo 6).

10.1.3 Toma de muestras de calostro

Se entrenó personal veterinario de Bayer® Animal Health Colombia y a estudiantes de medicina veterinaria de la Universidad de la Salle en Bogotá y de medicina veterinaria y

zootecnia de la Universidad CES, además de los productores y operarios de los hatos en las habilidades necesarias para realizar la encuesta de caracterización en los hatos y obtener muestras de sangre y calostro.

Una vez el animal esté ubicado en el sitio destinado para el ordeño, se procede a la toma de la muestra por parte del operario de la finca. Posterior al consumo de calostro por parte del ternero y antes de iniciar el primer ordeño después del parto se toman 30 ml de calostro manipulando el pezón con la misma técnica empleada en el ordeño solo que bajo condiciones que eviten la contaminación (uso de guantes, frascos nuevos y estériles). La muestra permaneció congelada en la finca hasta ser transportada por los profesionales del proyecto al laboratorio respectivo y conservada a -19 °C.

10.1.4 Toma de muestras de sangre

Se obtuvo una muestra de sangre para cada ternera entre 36 horas después del nacimiento y hasta siete días de vida tomadas directamente de la vena yugular con agujas Vacutainer® y depositada en tubos de la misma marca sin anticoagulante, siguiendo el procedimiento recomendado por la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la universidad Nacional de Colombia, el cual está avalado por el comité de bioética de la misma institución (Zambrano 2012). Estas muestras fueron centrifugadas el mismo día y el suero resultante fue reservado en viales y enviado al laboratorio y congelado a -19°C.

10.1.5 Estimación de la calidad higiénica del calostro

El recuento bacteriano, como una medida de la higiene del calostro, se determinó mediante placas de Petrifilm® de recuento aeróbico (AC) y placas Petrifilm® *E. coli* recuento de coliformes marca 3M®. Tres diluciones de un mililitro de calostro por diez de agua peptonada como diluyente para el petrifilm de mesófilos y un mililitro de muestra por cada dos de agua peptonada como diluyente para petrifilm de coliformes y *E. coli*. Las mediciones de higiene del calostro fueron realizadas en el laboratorio LMV para

muestras de la sabana de Bogotá y en el laboratorio de la Universidad de Antioquia para las del departamento de Antioquia.

10.1.6 Estimación de la concentración de inmunoglobulinas en calostro y sangre

Se realizó medición de los niveles de IgG en calostro agregando cinco microlitros de solución de calostro o suero en cada pozo de una placa de prueba de IgG RID bovina (Triple J Farms, Bellingham, WA) previa descongelación de las muestras a temperatura ambiente y homogenización mediante un agitador tipo Vortex. Todas las muestras se realizaron por duplicado en el laboratorio de la universidad de Antioquia y fueron leídas a las 24 horas.

10.1.7 Estimaciones del estado de salud

Durante 5 meses de ejecución del proyecto, el personal técnico vinculado al proyecto realizó visitas semanales a cada finca hasta completar cuatro semanas de seguimiento a cada ternera participante. Para cada ternera recién nacida y vinculada al proyecto de investigación se registraron el peso y altura además de signos de enfermedad como la presentación de secreción nasal, descarga ocular como signos de enfermedad respiratoria además de la infección umbilical. Se realizó también observación de consistencia fecal con una calificación de 0 a 4, considerando las calificaciones 3 y 4 como indicativos de diarrea según metodología aplicada por McGuirk en 2008 (McGuirk 2008).

10.1.8 Análisis estadístico

Se realizó análisis descriptivo de cada una de las variables de interés (ver tabla 2), a saber: Factores de vaca (Tamaño del hato, raza, número de parto, dificultades de parto, longitud del período seco, niveles de IgG en calostro), del ternero y del manejo de calostro (Si el ternero mamó directamente de la vaca, si se le administro calostro por biberón o sonda, cantidad de calostro administrada, tiempo transcurrido desde el parto hasta el consumo de calostro, calidad higiénica del calostro en UFC, niveles séricos de IgG del ternero posconsumo) y del nivel de enfermedad del neonato estimado mediante

observación de consistencia fecal para enfermedad intestinal y mediante el hallazgo de signos de enfermedad respiratoria, como los descritos en la metodología para afecciones del tracto respiratorio.

Tabla 2 Variables seleccionadas

Característica	Factor
Factores de la vaca	Tamaño del hato Raza Número de parto Dificultades al parto Longitud del período seco Niveles de IgG en calostro
Factores del ternero y del manejo del calostro	El ternero mamó directamente de la vaca Se administro calostro por biberón o sonda. Cantidad de calostro administrada Tiempo transcurrido desde el parto hasta el consumo de calostro Calidad higiénica del calostro en UFC Niveles séricos de IgG del ternero posconsumo de calostro
Nivel de enfermedad del neonato	Consistencia fecal para enfermedad intestinal Hallazgo de signos de enfermedad respiratoria. Hallazgo de signos de enfermedad umbilical.

Las variables dependientes serán los niveles séricos de IgG en la ternera (nivel de medición continuo) y la falla de transferencia de IgG (dicotómica: >10 mg/ml, <10mg/ml) como indicador de FTP. Además, se determinará la distribución de las variables continuas y se realizará análisis no condicional entre la variable dependiente y las diferentes variables como factores de la vaca, factores del ternero y del manejo del calostro. El análisis estadístico se realizará utilizando el software estadístico STATA 15.1® (Stata Corporation).

Se explorarán dos regresiones multinivel usando la finca como porción aleatoria de los modelos. En el modelo lineal se usará como variable dependiente la concentración sérica de IgG en la ternera y la concentración de calostro de la madre. Se explorará la asociación de la falla de transferencia de IgG por medio de análisis bivariado usando test de independencia chi cuadrado o test de Fisher. Las variables en el modelo serán los hallazgos de salud de los animales participantes para conocer la asociación entre los factores de la vaca, factores del ternero (incluyendo la finca), prácticas de manejo del calostro y estado de la enfermedad. En ambos casos se realiza, análisis de los supuestos de los modelos de regresión y análisis de interacción y confusión para las predictores.

10.2 Resultados.

10.2.1 Encuesta de caracterización de los hatos para manejo al parto, del consumo de calostro y salud.

Fueron encuestados los hatos participantes en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Boyacá (Tabla 3) con el objetivo de conocer las prácticas más comunes de manejo al parto (tabla 4), y de la alimentación con calostro (tabla 5).

Tabla 3 Número de fincas por departamento y municipio

Número de fincas por departamento y municipio		
Departamento	Municipio	Fincas
Antioquia	El Carmen de Viboral	1
	Entrerrios	3
	La Unión	3
	Rionegro	2
	San Pedro	5
	Santa Rosa de Osos	5
	Yarumal	1
	Total Antioquia	
Boyacá	Chiquinquirá	2
	Saboya	1
	San Miguel de Sema	2
Total Boyacá		5
Cundinamarca	El Rosal	3
	Guachetá	2
	Lenguazaque	1
	Simijaca	1
	Sopó	5
	Subachoque	1
	Suesca	2
	Tabio	2
	Ubaté	2
Total Cundinamarca		19
Total general		44

El 70 % de las fincas afirmó tener protocolo de atención al parto y el 93% que hay presencia de un operario al darse el evento. El 56% de los recién nacidos permanecen menos de 1 día con sus madres y el 37% es retirado una vez nace. Las distocias son frecuentes en un 9% de las explotaciones. Se identifican los terneros al nacer en el 28% de los hatos y en el 23% los animales se pesan en ese momento (Tabla 3).

Tabla 4 Resumen encuesta de manejo de la vaca al parto

Resumen encuesta de manejo de la vaca al parto		
Práctica	Hatos	%
Presencia de operario al parto	40	93%
Protocolo para atención del parto	30	70%
Permanece más de 1 día con la madre	23	56%
Permanece menos de 1 día con la madre	20	47%
Se retira ternera inmediatamente a la madre	16	37%
Se identifica el ternero al nacer	12	28%
Se pesa el ternero al nacer	10	23%
Distocias frecuentes	4	9%

En cuanto al manejo del calostro el 79% de los hatos afirman el consumo de cuatro litros de calostro de sus terneras en las seis primeras horas de vida. En un 60% de las explotaciones las terneras maman por sí mismas el calostro y en un 40% de los hatos es entregado a los animales vía biberón o sonda. En cinco fincas, los animales además de mamar recibieron un suplemento de calostro por parte del operario. El 4% de los hatos establece alguna medición de la calidad inmunológica del calostro y solo el 1% de estos garantizan limpieza de pezones al mamar la ternera el primer calostro o miden la calidad higiénica de éste (Tabla 5).

Tabla 5 Resumen de encuesta de manejo del calostro

Resumen de encuesta de manejo del calostro		
Práctica	Hatos	%
Tenera consume 4 litros en 6 horas	30	70%
Tenera mama directamente de la madre	26	60%
Calostro administrado por operario	24	56%
Calostro administrado vía tetero	18	47%
Calostro administrado vía sonda esofágica	4	9%
Mide concentración de Inmunoglobulinas del calostro	4	9%
La ternera mama pezones limpios	1	2%
Mide calidad higiénica del calostro	1	2%

10.2.2 Enfermedad en terneros

El 40% de las fincas aceptaron tener casos frecuentes de enfermedad intestinal y el 30% de enfermedades respiratorias al realizar la encuesta previa al estudio. Es en Antioquia donde los ganaderos reportan mayor presentación de enfermedad intestinal y respiratoria, con un 74% y 63% respectivamente (Tabla 6). Durante el estudio 70 animales fueron considerados con diarrea de acuerdo con la calificación 2 y 3 de la estimación de la consistencia fecal para un 27% de terneros afectados con enfermedad digestiva. Con signos de enfermedad respiratoria se hallaron 11% para Tos, y 8% para disnea y secreción nasal (Tabla 7). Murieron cinco terneros para una mortalidad del 1,96% durante el estudio.

Tabla 6 Presentación de enfermedades por Hato en cada departamento según encuesta.

Presentación de enfermedades por Hato en cada departamento según encuesta					
	# Hatos	E. Intestinal	% Hatos	E Respiratoria	% Hatos
Antioquia	19	14	74%	12	63%
Cundinamarca	19	3	16%	1	5%
Boyacá	5	0	0%	0	0%
Total	43	17	40%	13	30%

Tabla 7 Presentación signos de enfermedad digestiva y respiratorias durante el estudio.

Presentación signos de enfermedad digestiva y respiratorias				
	Diarrea	Tos	Secreción nasal	Disnea
Ternereras	70	29	21	20
% del total	27%	11%	8%	8%

n 255

10.2.3 Encuesta de caracterización de las ternereras participantes.

Se realizó toma de información para cada ternera vinculada en lo que tiene que ver con el tamaño de los hatos, edad, caracterización racial de las vacas y días que permanecieron secas antes del parto con los siguientes resultados: (tablas 8 a la 10).

Tabla 8 Parámetros generales de las vacas en las fincas participantes

Parámetros generales de las vacas en las fincas participantes					
	# observaciones	Media	D.E	Min	Max
Número de vacas por finca	255	206	106	73	48
Número de partos	255	3,2	1,8	1,0	11,0
Días vaca seca	216	69,3	28,6	8,0	240,0

Las vacas participantes promediaron 3,3 partos y 69,3 días secas en su último parto. La mayoría son de la raza Holstein 71%, seguidas por el grupo de animales cruzados con 15%. (Tabla 9).

Tabla 9 Frecuencia de raza

Frecuencia de razas	# Animales	%
Holstein	182	71%
Cruce	37	15%
Jersey	27	11%
Ayrshire	8	3%
Simental	1	0,4%
Total	255	100%

En cuanto al tamaño de las fincas el 45% son predios entre 101 y 200 animales. Se vincularon al trabajo además 12 predios entre 100 y 73 animales y 12 fincas de más de 201 vacas adultas (Tabla 10).

Tabla 10 Tamaño de los hatos

Tamaño de los hatos		
# Vacas adultas	Hatos	# terneras
≤100	12	53
101-200	20	106
201-300	5	19
>301	7	77
Total	44	255

10.2.4 Calidad higiénica del calostro

Fueron procesadas 255 muestras de calostro de 44 fincas vinculadas a la investigación. El 18% de ellas superaron el valor promedio de 100.000 unidades formadoras de colonia de bacterias totales (UFC/ml) que la literatura reconoce como calostros de buena calidad

higiénica, dejando 82% con calificación aceptable. También se relacionan los calostros que presentaron contaminación con *E coli* 24,3% y aquellos libres de esta bacteria 75,6% (Tabla 11).

Tabla 11 Cuantificación de las unidades formadoras de colonia UFC/ml

Muestras Calostro	Animales	%
< 100.000 UFC/ml	209	81,96%
> 100.000 UFC/ml	46	18,04%
Sin UFC <i>E coli</i> /ml	193	75,6%
Con UFC <i>E coli</i> /ml	62	24,3%

En la tabla 12 se relacionan los hatos que tuvieron por lo menos 1 calostro con valor superior a 100.000 UFC/ml, encontrando que 10 hatos el 50,0% en Antioquia y 11 hatos el 57,8% de Cundinamarca y 3 hatos el 60% de hatos en Boyacá cumplen con este hallazgo, para un promedio país de 54,5% predios con por lo menos un calostro por encima de los estándares de calidad higiénica (24 hatos). En promedio en los hatos fueron tomadas 5,8 muestras de calostro, con una máxima de 22 y mínima de 1.

Tabla 12 Número de fincas con por lo menos una muestra de Calostro > 100.000 UFC mesófilos/ml.

Número de fincas con por lo menos una muestra de Calostro > 100.000 UFC /ml				
	# Fincas	<100.000 UFC mesofilos/ml	>100.000 UFC mesofilos/ml	% >100.000 UFC mesofilos /ml
Antioquia	20	10	10	50,0%
Boyacá	5	2	3	60,0%
Cundinamarca	19	8	11	57,8%
Total	44	20	24	54,54%

En la tabla 13, el 70% de los hatos antioqueños tienen por lo menos una muestra contaminada con *E coli*, mientras en Cundinamarca el 63% y en Boyacá el 40% de los hatos, también presentaron por lo menos un caso de contaminación del calostro.

Tabla 13 Número de fincas con, por lo menos, una muestra de Calostro con *E coli*.

Número de fincas con por lo menos una muestra de Calostro con E coli					
	# Fincas	Sin presencia E coli.	E Coli	% E coli	
Antioquia	20	6	14	70,0%	
Boyacá	5	3	2	40,0%	
Cundinamarca	19	7	12	63,1%	
Total	44	16	28	63,6%	

En los anexos 2 y 3 se describen los hallazgos de UFC de bacterias totales y de presencia de *E coli* por departamento y municipio.

10.2.5 Calidad Inmunológica del calostro

La concentración de IgG en muestras de calostros consumidos por las terneras participantes se determinó usando la prueba de RID. Esta prueba también se usó para determinar la concentración de IgG en sueros de las terneras que consumieron el calostro.

La concentración de IgG bovina en calostros tuvo un promedio de 50,8 mg/ml, mientras el mayor valor reportado fue de 167 mg/ml. El 53,73% de las muestras están por debajo del valor recomendado por la literatura para calificar un calostro como de buena calidad inmunológica (50mg IgG/ml) (Tabla 14).

Tabla 14 Frecuencias de concentración de Inmunoglobulina G en Calostros

**Frecuencias concentración de
Inmunoglobulina G Calostros
bovinos (IgG mg/ml)**

Máximo	167,1
Media	50,8
Desviación estándar	20,40
Mínimo	Low IDR*
Muestras	244,0
Muestras < 50mg/ml	53,73%

*Menor concentración al estándar de la técnica IDR

10.2.6 Cantidad de calostro consumido

De acuerdo con la información proporcionada por los operarios en la encuesta relacionada con cada ternera el 62% de ellas (159) accedieron al calostro mamando directamente de la ubre, el 25% (59) recibieron el alimento por sonda o biberón y 15% (37) además de mamar de la vaca recibieron también calostro adicional por biberón. El calostro consumido por cada animal solo fue posible estimarlo en aquellos a los que les fue administrado el calostro vía biberón o sonda y se presenta en la (tabla 15).

**Tabla 15 Consumo de calostro
administrado por biberón o
sonda.**

Litros	# terneras	%
1,0	2	2%
1,8	1	1%
2,0	21	22%
2,5	1	1%
3,0	53	55%
3,5	5	5%
4,0	13	14%
Total	96	

10.2.7 Transferencia de IgG

La concentración promedio de IgG en suero de las terneras que consumieron el calostro fue de 28,9mg /ml, con un máximo de 154 mg/ml. Basado en esta prueba se puede estimar que el 14,9% de las terneras sufrieron falla de transferencia pasiva de acuerdo con el punto de corte de 10mg /ml propuesto por la literatura (Tabla 16).

Tabla 16 Concentración de Inmunoglobulina G sueros de las terneras participando en este estudio

Frecuencias concentración de Inmunoglobulina G en suero (IgG mg/ml)	
Máximo	154,4
Media	28,9
Desviación estándar	33,02
Mínimo	Low IDR*
Muestras	252,0
Muestras < 50mg/ml	14,9%

*Menor concentración al estándar de la técnica IDR

El 48% de los hatos participantes del estudio tuvieron por lo menos 1 animal con FTP, siendo Cundinamarca el departamento con mayor número de terneras con esta condición (Tabla 17).

Tabla 17 Hatos con por lo menos 1 animal con falla de transferencia pasiva

Hatos con por lo menos 1 animal con falla de transferencia pasiva				
	Hatos	%	Terneros	%
Antioquia	8	18%	15	39%
Cundinamarca	9	20%	19	50%
Boyacá	4	9%	4	11%
Total	21	48%	38	

n hatos 44, n terneros 252

En el anexo 4 se detalla el número y porcentaje de terneros con FTP por finca.

10.2.8 Análisis estadístico de las variables de interés.

10.2.8.1 Calidad higiénica e inmunológica del calostro y su influencia sobre la transferencia pasiva de IgG.

Para el abordaje de las variables de interés (calidad higiénica de calostro y concentración de IgG en suero) se realizó análisis bivariado de las asociaciones entre factores de la vaca y factores del ternero con los indicadores de calidad higiénica e inmunológica del calostro como se observan en las tablas 18 y 19.

Las variables IgG en suero y calostro, además de las relacionadas con la calidad higiénica del calostro fueron dicotomizadas.

Se realizó análisis bivariado para determinar la relación de las variables de calidad de calostro con las variables relacionadas con el manejo. Para estas comparaciones se asumió un $P < 0,20$ para estimar si existió o no asociación entre las variables independientes y las variables dependientes (calidad de calostro). Se realizó análisis exploratorio de la relación entre la concentración de IgG en suero y la concentración de IgG en calostro como se puede ver en la figura 4. En la tabla 20 se presenta el resumen del análisis bivariado de los principales factores de manejo de la finca que se espera puedan estar relacionados con la FTP.

De otro lado, se realizó un modelo lineal mixto usando como variable dependiente la concentración de IgG/ml en suero como indicador del estatus de transferencia pasiva de inmunoglobulinas, usando una significancia de $P < 0.05$. La modelación incluyó la introducción de variables individualmente de acuerdo con un modelo causal (tabla 21). Se realizó además una predicción marginal.

Tabla 18 Asociación entre los factores de la vaca y los indicadores de calidad higiénica e inmunológica del calostro P<0,2

	n	%	UFC mesofilos/ml	UFC/ml <i>E coli</i>	IgG Calostro mg/ml	IgG suero mg/ml
Número de partos de la madre			0,794	0.118	0,378	0,559
1-3 partos	165	65%				
>= 4	90	35%				
total	255					
Dias de seca			0,279*	0,124*	0,028*	0,625*
<50	11	4%				
50-70 días	160	63%				
>70	84	33%				
total	255					
Numero de vacas adultas por hato			0,182*	0,616*	0,979	0,420
< 100	53	21%				
100-200	106	42%				
200-300	19	7%				
> 300	77	30%				
total	255					
Raza de la madre			0,439	0,406	0,689	0,318*
Raza pura	209	82%				
Cruce	46	18%				
Total	255					
Parto distócico			0,745*	0,6120	0,663	0,479*
Natural	238	93%				
Distocia	17	7%				
Total	255					
IgG calostro gr/l						0,362
< 50gr/l	137	54%				
> 50gr/l	118	46%				
total	255					

chi 2, Fisher exact*, P significativa en negrilla,

Tabla 19 Asociación entre los factores del manejo del ternero y los indicadores de calidad higiénica e inmunológica del calostro P<0,2

			UFC mesofilos/ml	UFC <i>E coli</i> /ml	IgG Calostro mg/ml	IgG suero mg/ml
Consumo de calostro	n	%	0,804	0,358	0,928	0,614
Mamo de la madre	196	77%				
No mamo de la madre	59	23%				
Total	255					
Tiempo al consumo			0,803*	0,262*	0,266*	0,606*
Método de alimentación			0,772*	0,578*	0,478*	0,658*
Biberón	98	97%				
Sonda	3	3%				
Total	101					
UFC totales				0,036*	0,375	0,107*
<100.000 UFCtotales/ml	209	82%				
> 100.000 UFCtotales	46	18%				
Total	255					
UFC Ecoli			0.027		0,499	0,611
< 1 colonia	193	76%				
> 1 colonia	62	24%				
Total	255					
IgG suero gr/l						
< 10gr/l	38	15%				
> 10 gr/L	217	85%				
Total	255					

chi 2, Fisher exact*

P significativa en negrilla

Figura 4 Asociación de la concentración de IgG en calostro y su influencia sobre la concentración de IgG en suero de terneros y la FTP” en su primera semana de vida.

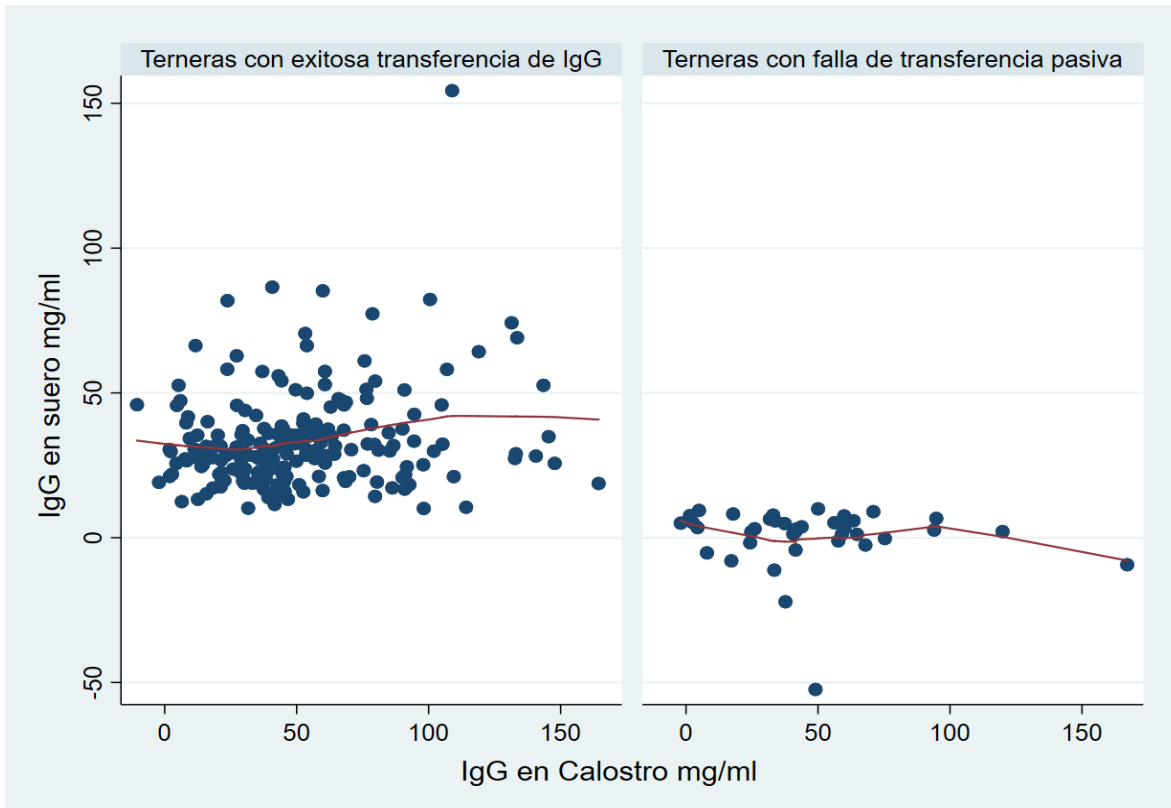


Tabla 20 Asociación de los factores de manejo de la finca con la FTP P<0.2

Asociación de los factores de manejo de la finca con la FTP P<0.2 Encuesta a 44 fincas	
Factor manejo	P>z
Permanece 1 día con la madre	0,482
Es retirado inmediatamente de la madre	0,408
Mama calostro de la madre	0,561
Mama pezones limpios	0,552
Administra calostro con tetero	0,507

Chi 2

Para realizar los modelos de regresión se exploraron variables del ternero y de la madre con la concertación de IgG en suero, usando una significancia estadística de $P < 0.05$. El modelo de la tabla 21 usa como efectos fijos los días seca y consumo calostro con tetero y como efecto aleatorio la variable predio para explorar el efecto de los días que permanecen las vacas en el periodo seco y el consumo de calostro con tetero reportado por finca en la encuesta general de caracterización sobre la concentración de IgG en suero. Aunque el consumo de calostro con tetero tiene una significancia marginal $P < 0,07$ justifica ser informada comparando en el modelo la IgG resultante en suero, de los terneros que consumieron con tetero y los que no.

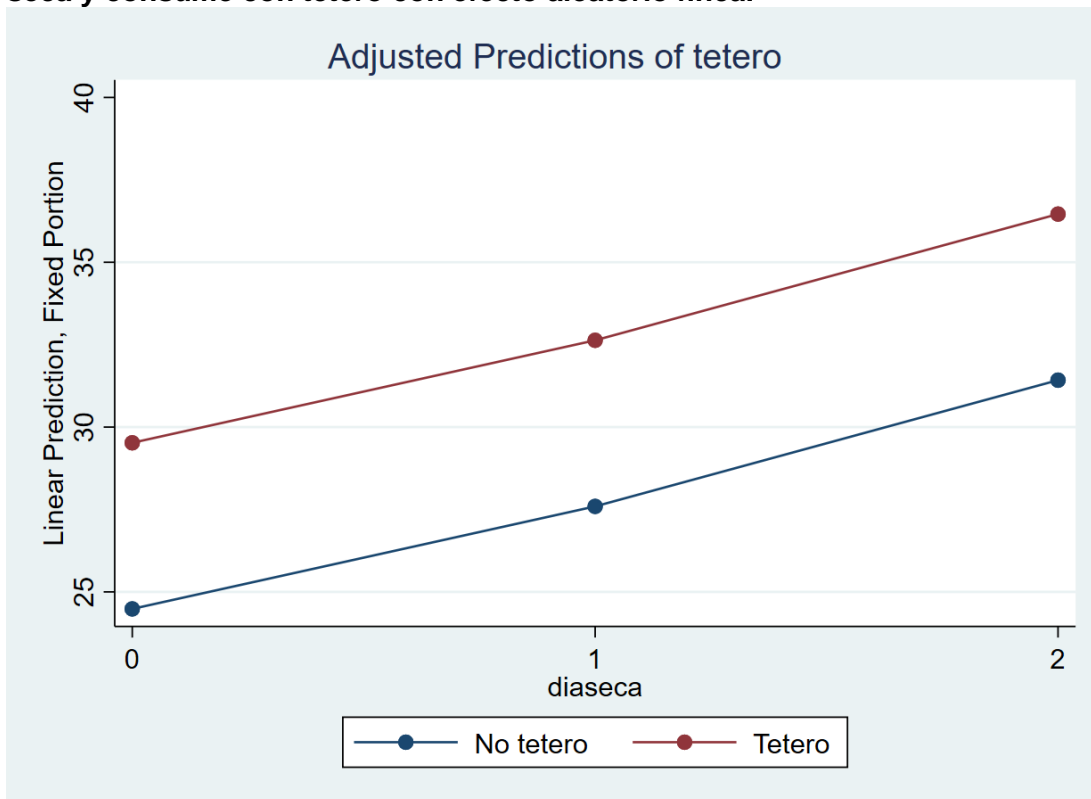
Tabla 21 Regresión multinivel factores días seca y consumo con tetero con efecto aleatorio finca. STATA 15.1 Stata Corporation

IgG mg/ml en suero	Coefficiente	Error estándar	z	P>z	[95%Intervalo confianza]	
Días en período seco						
<50 días	3.1094	6.259764	0.50	0.619	-9.159512	1.537831
> 70 días	6.939072	2.735309	2.54	0.011	1.577966	1.230018
Alimentados con						
Consume con tetero	5.038.729	2.77905	1.81	0.070	-.4081092	10.48557
_cons	2.448.471	1.978897	12.37	0.000	20.60615	28.36328
Parámetros	Estimado	Error estándar			[95% Intervalo de confianza]	
Efecto finca						
varianza(_cons)	8.192036	21.89628	.0434748		1543.642	
varianza(Residual)	389.0793	39.41134	3.190.191		474.5255	

Los resultados que se presentan en tabla 21 indican que las terneras hijas de vacas con más de 70 días en periodo seco tuvieron hasta 6,9 mg/ml más IgG en suero comparadas con las terneras hijas de vacas con menos de 70 días en periodo de descanso. Adicionalmente si se usó tetero para alimentar estas terneras con se calostro la

concentración de IgG en suero fue más elevada hasta 5,03 mg/ml de IgG más en suero, cuando son comparadas con los niveles de IgG en terneras que fueron alimentadas calostro de manera diferente. Para conocer el porcentaje de variabilidad explicado por la finca se realiza la formula $\text{Varianza finca} = \frac{\text{varianza}}{\text{varianza} + \text{varianza residual}}$, arrojando que el 2,06% del modelo se explica por la variabilidad entre las fincas. Se realizo predicción marginal después de ajustar este modelo que cumplió supuestos y se puede observar como la concentración de IgG en suero aumenta en las fincas donde los terneros son alimentados con calostro usando tetero. En los animales que consumieron calostro proveniente de vacas con diferentes intervalos de días de secas se observó que la concentración de IgG es mayor si la vaca tiene más días de seca, además la concentración de IgG en suero es mayor si los terneros se alimentan usando tetero comparado con las fincas donde se entrega calostro de otra manera (Figura 6).

Figura 6 Predicción de IgG en suero del modelo de regresión multinivel factores días seca y consume con tetero con efecto aleatorio finca.



10.2.8.2 Indicadores de salud y FTP

Un análisis bivariado de los indicadores de salud y falla de transferencia pasiva (Tabla 22) indica que la evaluación de la consistencia fecal como indicador de diarrea no fue asociado significativamente con la FTP ($P > 0,548$). Similarmente y aunque la disnea como indicador de enfermedad respiratoria indico tendencia ($P < 0,20$), tampoco se evidenció relación significativa entre esta variable con la FTP.

Tabla 22 Análisis bivariado indicadores de salud y falla de transferencia pasiva $P < 0,20$.

Enfermedad	Indicador	FTP <10mg/MI
E Intestinal	Score fecal	0,548
E Respiratoria	Tos	0,358
	Disnea	0,190
	Secreción Nasal	0,570

chi2, Fisher exact*

10.3 Discusión

El objetivo principal de este estudio fue identificar factores específicos de la vaca y el ternero relacionados con el manejo del calostro y la presentación de FTP y su relación con la morbilidad y mortalidad de los terneros lactantes en hatos lecheros. Es importante mencionar que la selección de los hatos participantes en el estudio fue por conveniencia y representan fincas de tamaño y nivel tecnológico más elevado que el promedio colombiano.

Una mortalidad en las primeras cuatro semanas de vida del 1,9% que se reporta en el presente estudio contrasta con lo encontrado por Pardo en un resumen de mortalidad y morbilidades de terneros en Colombia. En ese resumen Pardo reporta que la mortalidad en Antioquia fue de 5,6%, en Cundinamarca del 11,6%. También con los hallazgos de Cadavid que en Antioquia reportó mortalidad del 17,6%, aclarando que el estudio fue realizado en un solo hato. La morbilidad por enfermedad digestiva en el primer mes de vida del 27% en este estudio se encuentra cercana a la reportada en el mismo estudio de Pardo entre el 37,5% en Antioquia y el 26,1% en Cundinamarca y por debajo de la presentada por Cadavid 94,7% de presentación de diarrea (Dolly Pardo 2012) (Cadavid-Betancur et al. 2014). Aunque la morbilidad por diarrea del estudio está cerca a lo reportado por los autores mencionados la baja mortalidad 1,96% que se observó en este estudio puede ser explicada por el nivel tecnológico de las explotaciones y un mejor manejo de la terapia de soporte y tratamiento de la diarrea empleada en los hatos estudiados.

El porcentaje de fincas que presentaron por lo menos un caso de FTP fue el 48% y el número de terneras participantes del estudio que presentaron menos de 10mg/ml de IgG fueron 38 para un 14,9% de animales en falla de transferencia pasiva. Estos niveles de FTP son similares a los reportados por Beam en 2009 en Estados Unidos 19,2% usando la técnica IDR para medir IgG en suero y en claro contraste con los reportados el trabajo de Cadavid en 2012 que usó la técnica de sulfato de sodio para estimar la concentración

de IgG que fue de 5,6% de FTP (Beam et al. 2009) (Cadavid-Betancur et al. 2014). En este trabajo, la FTP no se encontró correlacionada con la presentación de enfermedad digestiva de igual manera a lo reportado por Pardo en 2015 (D. Pardo y Oliver 2015). También en este estudio el 53,7% de los calostros analizados estuvieron por debajo de la concentración de IgG considerada adecuada (50 mg/ml), la media fue de 50,8 mg/ml de IgG resultados más bajos que los presentados en un estudio en Estados Unidos en 2010 donde 827 calostros recolectados de 67 hatos en 12 estados la media fue de 68,7 mg/ml de IgG y el 30% de los hatos tuvieron valores inferiores a los 50mg/ml de IgG esperados (Morrill et al. 2012). Se ha reportado que los factores que influyen sobre la FTP son múltiples y la relación estrecha entre la concentración de IgG en calostro dependerá de aquellos que influyen sobre la vaca como son la raza y número de partos) que al ser analizados en este trabajo no arrojaron asociación significativa ($P < 0,20$). En cuanto a la raza y su asociación con la concentración de IgG en calostro en numerosos estudios como en nuestro caso, no se han encontrado diferencias significativas (Muller y Ellinger 1981), (Morrill et al. 2012). En un estudio reciente en Antioquia se encontró que aumentaba la concentración de IgG conforme las vacas tenían más partos (Angulo et al. 2015). Adicionalmente, una revisión de estudios sobre la calidad del calostro en diferentes partos de las vacas afirma que los calostros provenientes de madres de 1 y 2 parto deberían descartarse y solo deben usarse los calostros de animales de tres partos en adelante (Weaver et al. 2000). Se ha reportado también que los terneros nacidos de novillas son probablemente más susceptibles a la enfermedad pues en comparación con las vacas más viejas, las novillas producen menos volumen y menor calidad de calostro y pueden tener menos habilidades maternas (Smith 2012). En nuestro estudio no encontramos asociación entre el número de partos y la concentración de IgG en calostro. La distocia tampoco arrojó significancia como factor que pueda influir sobre la FTP debido seguramente a una muy baja presentación del evento 6.6% de los partos. Aunque las distocias son poco frecuentes, debería tener atención especial pues es conocido que los

partos difíciles influyen sobre la vitalidad del ternero afectando el consumo de calostro y favoreciendo la presentación de FTP (Murray y Leslie 2013)

Sobre los días seca de la vaca nuestros hallazgos sugieren que terneros alimentados con calostro proveniente de vacas que tuvieron periodo seco mayor a 70 días presentan mayor concentración de IgG en suero comparados con aquellos que consumieron calostro de vacas con periodos de secado más cortos. Un estudio reciente realizado en Antioquia estimó la concentración de IgG en calostro mediante calostrómetro y se encontró que las vacas entre 60 y 105 días de secas tenían menor concentración de IgG en calostro que aquellas con < de 59 días en periodo seco, además que vacas de más de 106 días mostraron mayor IgG que aquellas con menos días secos (Gómez, Vélez, y Rodríguez-lecompte 2018). También se ha conocido que periodos secos de 40 días comparados con 60 días en promedio producen menos calostro (Godden 2008). Otro estudio concluye que se requiere un período seco mínimo de 29 días para maximizar la producción y evitar efectos adversos en la transición. No se recomienda en ningún caso la omisión del período seco, debido a la baja producción y las pérdidas de calostro (Santschi y Lefebvre 2014).

Sobre los factores del ternero y del manejo que pueden influir sobre la FTP ninguno de ellos resultó significativo, la manera de alimentarse con calostro directamente de la madre no influyó sobre los resultados de FTP, tampoco la cantidad consumida ni el tiempo al consumo. Lo anterior seguramente debido a la fidelidad de las observaciones, pues esta información proviene de los operarios de los hatos y en este estudio el 77% de los terneros mamaron calostro de la madre circunstancia que hace difícil estimar consumos y tiempos de consumo por lo que la información se considera parcialmente útil. Para los animales que recibieron calostro artificialmente por medio de tetero o sonda la cantidad ingerida fue muy variable entre 1 litros 4 por animal y la FTP de estos fue similar a la reportada en la totalidad de ellos animales 13,5%. Lo anterior sugiere que no es suficiente administrar calostro con biberón o sonda y que estandarizar la calidad, cantidad y

momento de administración es también prioritario. Permanecer un día con la madre, ser retirado inmediatamente después del nacimiento o mamar pezones limpios tampoco resultaron factores asociados en este análisis. En el modelo de regresión reportado en los resultados se evidencia como los terneros que consumen calostro con tetero pueden tener ventajas frente a aquellos que maman directamente de la madre. Al ajustar el modelo con los días seca de las vacas encontramos una relación positiva pues garantizar un consumo de calostro de calidad y asegurar un mínimo del recurso con tetero es una práctica que permite controlar cantidad y hora de alimentación, dos factores importantes en la transferencia pasiva de los terneros que redundan en mayores concentraciones de IgG en suero.

Es importante hacer mención la baja frecuencia de identificación de los animales al nacer en las fincas de este estudio que fue solamente de 28%. Esta deficiencia en identificación puede llevar a confusiones de trazabilidad y a errores de administración del calostro y demás prácticas del ternero recién nacido.

Un hallazgo importante del estudio tiene que ver con la calidad higiénica del calostro, ya que 18% de las muestras de calostro analizadas estuvieron por encima de 100.000 UFC/ml que es el estándar esperado, y el 54% de las fincas tuvieron por lo menos una muestra de calostro por encima de este punto de corte. Adicionalmente el 24% de las muestras estaban contaminadas con E Coli y el 63% de las fincas hubo por lo menos 1 muestra contaminada con la bacteria. En Quebec Canadá en 2002 en un estudio adelantado con 234 calostros próximos a consumir por terneros de 6 fincas el 35,9% de las muestras estuvieron por encima del punto de corte establecido y del 94,4% de las muestras se aisló en cultivo bacteriológico por lo menos 1 bacteria contaminante, el grupo de coliformes participo del 44% de los hallazgos, en contraste con nuestros resultados solo el 3,8% de los aislamientos incluyeron *E coli* (Fecteau et al. 2002). El recuento de bacterias totales UFC en el estudio canadiense realizado por conteo en cultivo de agar comparado con la metodología Petrifilm realizada en nuestro estudio y las diferencias de

manejo del calostro de las fincas canadienses y colombianas, debido a que en las primeras el manejo incluye el ordeño, manipulación envase y almacenamiento del calostro como rutina de manejo a diferencia de nuestro estudio donde el 77% de los animales maman directamente, podría explicar las diferencias en los resultados. Los factores que influyen en el manejo del calostro al ser administrado pueden influir en el aumento de los conteos. De igual manera consumir calostro directamente de los pezones sin práctica de higiene previa puede también participar como factor importante para la contaminación con *E coli*. En nuestros resultados se encontraron conteos de UFC bacterias totales de hasta 17,8 millones de UFC/ml tan altos como los reportados por McGuirk quien encontró muestras individuales de hasta 32 millones de UFC/ml (McGuirk y Collins 2004). La identificación de los factores de la vaca y el manejo que influyen directamente la contaminación por coliformes requerirá nuevos estudios que diluciden el origen de esta contaminación que en nuestro caso puede estar ligada al mamar pezones sin previa higiene o al manejo del calostro cuando va a brindarse con biberón o sonda esofágica, pues en nuestro trabajo no encontramos asociación entre estas prácticas y las UFC.

11. Conclusiones

El hallazgo más importante en este estudio es la importancia de los días seca sobre la FTP donde se pudo comprobar que los terneros que consumieron calostros de vacas con más de 70 días en período seco, lograron mayores concentraciones de IgG en sangre. Adicionalmente, alimentar calostro con tetero incrementa la probabilidad de alcanzar mayor concentración de IgG en suero.

Otro hallazgo importante del estudio tiene que ver con la calidad higiénica del calostro, 18% de las muestras examinadas tenían más UFC/ml por encima de lo recomendable y 24% de las muestras fueron positivas a *E. Coli*.

Los niveles de IgG en suero es un indicador importante de la resiliencia del ternero frente al medio al que va a enfrentarse y al mismo tiempo puede definir el éxito en las prácticas

de manejo del calostro en hatos particulares y se usa para determinar si un determinado grupo de terneras está sufriendo FTP. La identificación de factores de la vaca el ternero y del manejo que afectan la concentración de IgG en suero permiten mejorar el indicador de transferencia de anticuerpos hacia el éxito.

Los hatos que delegan el consumo de calostro a la ternera deberán hacer esfuerzos importantes en la higiene del pezón y en la comprobación del consumo mínimo en el tiempo adecuado, circunstancia compleja que invita a sumar prácticas de suplementación de calostro de manera artificial (Tetero-sonda) para garantizar un mínimo de Inmunoglobulinas a un tiempo controlado. La higiene de los utensilios a utilizar y el correcto manejo del calostro pueden garantizar baja contaminación bacteriana del mismo evitando las consecuencias negativas. De las fincas participantes en este estudio hacen un mínimo monitoreo de la calidad inmunológica del calostro (4%) y solo un 1% se preocupa de la calidad higiénica lo que revela una oportunidad importante en las fincas para el monitoreo de estos indicadores con el objetivo de mejorar la crianza. La implementación de algún método de cualificación de la concentración de IgG en finca se hace también necesario para asegurar el consumo de calostro de por lo menos 50mg/ml, objetivo que necesita verificación y en este sentido la medición de proteína calostrada por medio de la refractometría puede ser una opción viable.

12. Anexos

12.1 Anexo 1 Estimación de partos en fincas vinculadas al estudio

#	Zona	Fincas	Vacas adultas	Partos mes
1	Sabana Norte Bogotá	Hda SANTA ANA	400	11
2	Sabana Norte Bogotá	MARIA PERILLA	120	3
3	Sabana Norte Bogotá	H and B AGROPECUARIAS LTDA	130	3
4	Sabana Norte Bogotá	HATO VERDE SAS	644	17
5	Sabana Norte Bogotá	JHON JAIRO RUA	106	3
6	Norte Antioquia	ASFA - EL GOMEZ	340	9
7	Norte Antioquia	EL CEPO	230	6
8	Norte Antioquia	LA GALLARDA - ASFA	120	3
9	Boyacá	FINCA LA FLORA	115	3
10	Boyacá	ENCOMIENDA VALPARAISO	90	2
11	Boyacá	HACIENDA POLMERAN	250	7
12	Boyacá	FINCA TRANSVAAL	92	2
13	Boyacá	EL ALBERGUE	115	3
14	Boyacá	RUMBA	235	6
15	Oriente Antioquia	PAZCALMA	102	3
16	Oriente Antioquia	SAN SILVESTRE CARMEN DE V.	95	3
17	Oriente Antioquia	LA ESPERANZA (LA CEJA)	165	4
18	Oriente Antioquia	EL CUARENTA	160	4
19	Oriente Antioquia	LA PASTORA	102	3
20	Oriente Antioquia	EL BELÉN	120	3
21	Chiquinquirá	EL AVE MARIA	110	3
22	Chiquinquirá	HATO DE SUSANA	360	10
23	Chiquinquirá	INVERSIONES INMOBILIARIAS Y ARICOLAS	116	3
26	Chiquinquirá	QUEBRADITAS 3	148	4
27	Chiquinquirá	SAN GREGORIO	210	6
28	Chiquinquirá	AGROGANADERA SANTA INES	120	3
29	Chiquinquirá	LOS ALAMOS	190	5
30	Chiquinquirá	HACIENDA LOS HOYOS	175	5
31	Chiquinquirá	HACIENDA SAN LUIS	123	3
32	Chiquinquirá	SANTA ROSA	120	3
33	Sabana Norte Bogotá	PRODUCTORA LECHERA HATO LINDO	400	11
34	Sabana Norte Bogotá	AGROLATTE SAS	150	4
35	Sabana Norte Bogotá	LACTEOS JERSEY	120	3
36	Sabana Norte Bogotá	HACIENDA SANTA ANA	600	16
37	Sabana Norte Bogotá	Hda SANTA ANA	400	11

38	Sabana Norte Bogotá	CESAR AUGUSTO ALFONSO SANCHEZ	120	3
39	Sabana Norte Bogotá	INVERSIONES LA CABAÑA/LA ELBA	180	5
40	Sabana Norte Bogotá	COMPAÑIA GANADERA LA MILAGROSA	120	3
41	Sabana Norte Bogotá	ARGOVIA/WATUZI	420	11
42	Sabana Norte Bogotá	MACROGAL S.A	120	3
43	Norte Antioquia	AGROPECUARIA SAN SEBASTIAN	450	12
44	Norte Antioquia	LA AVENTURA	180	5
45	Norte Antioquia	AGROPECUARIA HUNGRIA S.A	148	4
46	Norte Antioquia	Agropecuaria los Andes	223	6
47	Norte Antioquia	EL PILAR	234	6
48	Norte Antioquia	Grupo Morichal	206	6
49	Norte Antioquia	LA SIERRA	167	4
50	Norte Antioquia	ARAUCAIMA	190	5
51	Norte Antioquia	El Cortijo - San Miguel	113	3
52	Norte Antioquia	EL PALMAR	102	3
53	Norte Antioquia	HACIENDA CEREZALES	290	8
54	Norte Antioquia	Llanos Verdes	100	3
55	Norte Antioquia	Manga Grande	292	8
56	Ubaté	FINCA MIÑA	130	3
57	Ubaté	FINCA PUNTA DE VEGA	134	4
58	Ubaté	FINCA RABANAL SANTA ANA	320	9
59	Ubaté	INVERSIONES MAR DEL PLATA	323	9
60	Ubaté	AGROPECUARIA LA PATERA	270	7
61	Ubaté	FINCA UBALEC	370	10
62	Sabana Occidente	J Y B AGROPECUARIAS	323	9
63	Sabana Occidente	AGROINDIANA MILVID	176	5
64	Sabana Occidente	GANADERA Y AGRICOLA DE TOSCANA	156	4
65	Sabana Occidente	EL TREBOL	320	9
66	Sabana Occidente	EL CARRETONAL	203	5
67	Sabana Occidente	AGROAVICOLA ITALIA	184	5
68	Sabana Occidente	AHUCAMAUIDA	156	4
69	Sabana Occidente	ATLANTA	112	3
Total			13905	374

12.2 Anexo 2 Frecuencias de UFC/ml de calostros en diferentes municipios de Antioquia Boyacá y Cundinamarca

Departamento	Municipio	Muestras Calostro	Máx. de UFC/ml mesófilos	Media de UFC/ml mesófilos	Mín. de UFC/ml mesófilos
Antioquia	El Carmen de Viboral	5	21.000	8.020	1.000
	Entrerrios	8	11.000	1.925	<100
	La Unión	13	17.800.000	2.671.562	<100
	Rionegro	6	4.000	800	<100
	San pedro	49	3.520.000	132.401	<100
	Santa rosa de osos	20	16.000.000	900.875	<100
	Yarumal	14	11.000	1.350	<100
	Subtotal	115	17.800.000	515.780	<100
Boyacá	Chiquinquirá	6	5.100.000	885.067	1.000
	Saboya	4	140.000	40.750	1.000
	San miguel de sema	5	66.000	14.420	100
	Subtotal	15	5.100.000	369.700	100

Departamento	Municipio	Muestras Calostro	Máx. de UFC/ml mesófilos	Media de UFC/ml mesófilos	n. de UFC/ml mesófilos
Cundinamarca	El Rosal	22	83.000	13.614	100
	Guachetá	10	110.000	24.950	900
	Lenguazaque	10	420.000	90.700	300
	Simijaca	6	360.000	70.837	100
	Sopo	29	6.000.000	599.103	1.000
	Subachoque	1	5.400.000	5.400.000	5.400.000
	Suesca	28	370.000	21.864	100
	Tabio	14	180.000	22.450	100
	Ubaté	5	1.600.000	334.200	1.000
	Subtotal		125	6.000.000	218.020
Total general		255	17.800.000	361.226	<100

12.3 Anexo 3 Frecuencias de UFC E coli /ml de calostros en diferentes municipios de Antioquia Boyacá y Cundinamarca

Departamento	Municipio	Muestras Calostro	Máx. UFC/ml E coli	Media UFC/ml E coli	Mín. UFC/ml E coli
Antioquia	El Carmen de Viboral	5	20	6	0
	Entrerrios	8	13	3	0
	La Unión	13	10	2	0
	Rionegro	6	20	5	0
	San pedro	49	1.600	76	0
	Santa rosa de osos	20	360	19	0
	Yarumal	14	2.000	143	0
	Subtotal	115	2.000	54	0
Boyacá	Chiquinquirá	6	0	0	0
	Saboya	4	1	0	0
	San miguel de sema	5	1.400	310	0
	Subtotal	15	1.400	103	0
Cundinamarca	El Rosal	22	30	3	0
	Guachetá	10	4	1	0
	Lenguazaque	10	20	2	0
	Simijaca	6	10	2	0
	Sopo	29	1.600	69	0
	Subachoque	1	0	0	0
	Suesca	28	20	1	0
	Tabio	14	10	1	0
	Ubaté	5	0	0	0
	Subtotal	125	1.600	17	0
Total general		255	2.000	39	0

12.4 Relación de terneras con FTP en cada hato participante

Terneros con FTP IgG mg/ml en hatos			
Finca	IgG \geq 10mg/ml	IgG < 10 mg/ml	Total
Agroindiana	1	0	1
Agromar	1	1	2
Alto del claro	1	0	1
Betania	3	0	3
Cerezales	18	4	22
El Cebadero	3	0	3
El Encierro de los Novillos	3	0	3
El Espino	7	1	8
El Mirador	6	0	6
El Pilar	12	2	14
El Salvador	10	0	10
El Vergel	1	0	1
Hacienda los Hoyos	4	2	6
Hato de Susa	2	1	3
Hato Jersey	10	0	10
La Carmen	6	2	8
La Empalizada	4	0	4
La Escuela	1	1	2
La Esmeralda	4	0	4
La Esperanza Antioquia	3	0	3
La Esperanza Boyacá	3	0	3
La Gallarda	4	2	6

La luz	3	0	3
La Patera	3	0	3
La Pradera	3	1	4
Las Águilas	3	0	3
Magara	4	0	4
Mararave	16	4	20
Mira mar	3	1	4
Montijo	6	2	8
Pazcalma	5	0	5
Potosí	0	1	1
Quebraditas	3	1	4
Rabanal	4	3	7
Rumbos	2	0	2
San Jorge	3	0	3
San José de la Esperanza	7	1	8
San Sebastián	3	1	4
Santa Helena	2	1	3
Santa Inés	14	2	16
Sinamaica	5	4	9
Toscana	5	0	5
Watuzi	15	0	15
Zipagua	1	0	1
Total	217	38	255

12.5 Anexo 5

Encuesta Caracterización fincas

- 1.1 Encargado parto vacas
- 1.2 Presencia al parto
- 1.3 Protocolo parto
- 1.4 Se asisten todos los partos
- 1.5. Cesáreas frecuentes
- 1.6 Distocias frecuentes
- 1.7 Vacuna. Agentes respiratorios y reproductivos
- 1.8 Vacuna Triple
- 1.9 Vacuna al secado
- 2.1. Pesaje al nacer
- 2.2 Identificación al nacer
- 2.3 Retiro inmediato de la madre
- 2.4 Permanece menos de 1 día con la madre
- 2.5 Permanece más de 1 día.
- 2.6 Se hace despeje vías aéreas
- 2.7 Limpiar y secar ternera
- 3.1 Consumo 4 litros antes de 6 horas
- 3.2 Maman directamente de la madre
- 3.3 Pezones limpios.
- 3.4 Calostro a administrado por operario
- 3.5. Tetero
- 3.6 Sonda
- 3.7 Calidad calostro
- 3.8 Calidad higiénica del calostro
- 3.9 Temperatura calostro

- 3.10 Mínimo 2 litros leche por toma
- 3.11 Ofrecen leche 2 o más veces
- 3.12 Temperatura leche
- 3.13 Se usa leche descarte
- 3.14 Posición ternero cuello estirado
- 3.15 Se ofrece Agua
- 3.16 Limpieza recipientes
- 3.17 Fibra después 2da semana
- 3.18 Concentrado a partir día 2 o 3
- 4.1. Usa Balde estaca.
- 4.2. Desplazarse estaca fácilmente
- 4.3 Se rota diariamente estaca
- 4.4 Terneras separadas en estaca
- 4.5 Terneras en potrero.
- 4.6 Utilizan alambre púa
- 4.7 Protección del sol y la lluvia
- 4.8 Se manejan en terneriles.
- 4.9 Alojadas individualmente.
- 4.10 Hay ventilación.
- 4.11 Contacto visual entre terneras.
- 4.12 Protección contra corrientes
- 4.13 Drenajes en el piso
- 4.14 Ingresa luz solar
- 4.15 Terneriles grupales.
- 5.1 Plan vacunas
- 5.2 Vacunas oficiales
- 5.3 Desinfección ombligo
- 5.4 Yodo 10%

- 5.5 Ficha de salud
- 5.6. Desparasitación
- 5.7. Control plagas
- 5.8 Presencia otros animales
- 5.9 Inspección terneras varias veces al día
- 5.10 Enfermedades respiratorias
- 5.11 Diarreas
- 5.12 Aislamiento enfermos
- 5.13 Hato cerrado
- 5.14 Limpieza y desinfección de instalaciones
- 5.15 Limpieza utensilios
- 5.16 Programa de pesaje

12.6 Anexo 6

Encuesta aplicada a las terneras del estudio

- 1 Número finca
- 2 Nombre de finca
- 3 Identificación de la ternera finca
- 4 Departamento
- 5 Municipio
- 6 Número de vacas adultas
- 7 Identificación de la madre
- 8 Número de parto de la madre
- 9 Raza de la madre
- 10 Fecha del parto
- 11 Días seca
- 12 Tipo parto
- 13 Enfermedad al parto
- 14 Peso al nacimiento
- 15 Talla al nacimiento
- 16 Problemas respiratorios al parto
- 17 Reflejo de succión
- 18 Ternero consume calostro de la madre
- 19 Tiempo al consumo de calostro de la madre
- 20 Cantidad calostro consume de la madre
- 21 Se administro calostro por biberón o sonda
- 22 Método de administración del calostro
- 23 Tiempo al consumo de calostro por tetero o sonda.
- 24 Cantidad de calostro administrado por tetero o sonda

- Se administro reemplazante y/o suplemento de calostro por biberón o
- 25 sonda
- Tiempo al consumo del reemplazante y/o suplemento de calostro.
- 26 (horas)
- 27 Cantidad administrada de reemplazante

13. Bibliografía

Aricada, Héctor J, Ricardo Bedoya, Adriana del pilar Garcia, y Carolina Heredia. 2004.

“Competencia inmunológica en la primera semana de vida en terneros mantenidos bajo dos sistemas de producción de leche”. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias* 17 (6): 167–74.

Barrington, G. M., T. B. McFadden, M. T. Huyler, y T. E. Besser. 2001. “Regulation of colostrogenesis in cattle”. *Livestock Production Science* 70 (1–2): 95–104.

[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00201-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00201-9).

Baumrucker, Craig R., y Rupert M. Bruckmaier. 2014. “Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms”. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 19 (1): 103–17.

<https://doi.org/10.1007/s10911-013-9313-5>.

Beam, L, J Lombard, C Kopral, L Garber, L Winter, J Hicks, y J L Schlater. 2009. “prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on uS dairy operations”, 3973–80.

<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2225>.

Besser, T E. 1987. “The transfer of serum IgG1 antibody into the gastrointestinal tract in new born calves.” *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 17 (1987) 51-56 17 (Gay 1983): 51–56.

Boileau, Mélanie J., y Sanjay Kapil. 2010. “Bovine Coronavirus Associated Syndromes”.

Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice.

<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.10.003>.

Braun, U., S. Krüger, y M. Hässig. 2013. “Ultrasonographic examination of the reticulum, rumen, omasum and abomasum during the first 100days of life in calves”. *Research in Veterinary Science* 95 (2): 326–33. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.03.019>.

Cadavid-Betancur, David Andrey, Andrés Giraldo Girarldo-Echeverri, Santiago Sierra-Bedoya, Jenny Jovana Chaparro-Gutiérrez, Juan Esteban Restrepo-Botero, y Martha Olivera-Ángel.

2014. "Diarrea neonatal bovina en un hato del altiplano norte de Antioquia (Colombia), un estudio descriptivo". *Veterinaria y Zootecnia* 8 (February 2016): 120–29.
<https://doi.org/10.17151/vetzo.2014.8.2.9>.
- Cervenak, Judit, y Imre Kacskovics. 2009. "The neonatal Fc receptor plays a crucial role in the metabolism of IgG in livestock animals". *Veterinary Immunology and Immunopathology* 128 (1–3): 171–77. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.300>.
- Chase, C. C L, David J. Hurley, y Adrian J. Reber. 2008. "Neonatal Immune Development in the Calf and Its Impact on Vaccine Response". *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* 24 (1): 87–104. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.11.001>.
- Cho, Yong il, y Kyoung Jin Yoon. 2014. "An overview of calf diarrhea - infectious etiology, diagnosis, and intervention". *Journal of Veterinary Science*.
<https://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.1.1>.
- Dirksen, Gerrit ; Hans-Dieter Grunder;Matthaeus Storber. 2005. *Medicina interna y cirugía del bovino*. 4a ed. Buenos Aires.
- Donovan, Douglas C., Adrian J. Reber, Jon D. Gabbard, Maria Aceves-Avila, Kimberly L. Galland, Katheryn A. Holbert, Lane O. Ely, y David J. Hurley. 2007. "Effect of maternal cells transferred with colostrum on cellular responses to pathogen antigens in neonatal calves". *American Journal of Veterinary Research* 68 (7): 778–82.
<https://doi.org/10.2460/ajvr.68.7.778>.
- Donovan, G A, I R Dohoo, D M Montgomery, y F L Bennett. 1998. "Calf and disease factors affecting growth in female Holstein calves in Florida, USA." *Preventive veterinary medicine* 33 (1–4): 1–10. [https://doi.org/DOI:10.1016/S0167-5877\(97\)00059-7](https://doi.org/DOI:10.1016/S0167-5877(97)00059-7).
- Elsohaby, I.a b, C.B.a c Riley, S.a Hou, J.T.a McClure, R.A.d Shaw, y G.P.a Keefe. 2014. "Measurement of serum immunoglobulin G in dairy cattle using Fourier-transform infrared spectroscopy: A reagent free approach". *Veterinary Journal* 202 (3): 510–15.
<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.09.014>.
- Fecteau, Gilles, Paul Baillargeon, Robert Higgins, Julie Paré, y Madeleine Fortin. 2002. "Bacterial

- contamination of colostrum fed to newborn calves in Québec dairy herds”. *Canadian Veterinary Journal* 43 (7): 523–27. <https://doi.org/2002-014>.
- Foster, D. M., y Geof W. Smith. 2009. “Pathophysiology of Diarrhea in Calves”. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* 25 (1): 13–36. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2008.10.013>.
- George Stilwell, Rita C. Carvalho. 2011. “Clinical outcome of calves with failure of passive transfer as diagnosed by a commercially available IgG quick test kit”. *The Canadian Veterinary Journal* 52: 524–26. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3078008/>.
- Gerrit D, Hans D, Matthaeus S. 2005. *Medicina Interna y Cirugia del bovino*. 4 th. Argentina.
- Godden, Sandra. 2008. “Colostrum Management for Dairy Calves”. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* 24 (1): 19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>.
- Gómez, Luis Miguel, Julián Reyes Vélez, y Juan Carlos Rodríguez-lecompte. 2018. “Influencing Factors of Immunoglobulin Concentration in Colostrum from Tropical Dairy Cows”, 220–21.
- Goossens, Evy, Bonnie R. Valgaeren, Bart Pardon, Freddy Haesebrouck, Richard Ducatelle, Piet R. Deprez, y Filip Van Immerseel. 2017. “Rethinking the role of alpha toxin in Clostridium perfringens-associated enteric diseases: a review on bovine necro-haemorrhagic enteritis”. *Veterinary Research* 48 (1): 9. <https://doi.org/10.1186/s13567-017-0413-x>.
- Harvey Lodish. 2005. *Biología celular y Molecular*. 5th ed. Argentina.
- Hurley, Walter L., y Peter K. Theil. 2011. “Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk.” *Nutrients* 3 (4): 442–74. <https://doi.org/10.3390/nu3040442>.
- Kruse, P E. 1983. “The importance of colostral immunoglobulins and their absorption from the intestine of the newborn animals.” *Annales de recherches vétérinaires* 14 (4): 349–53. http://www.vetres-archive.org/file/Vet.Res._0003-4193_1983_14_4_ART0003.pdf%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6677175.
- Liebler-Tenorio, E. M., G. Riedel-Caspari, y J. F. Pohlenz. 2002. “Uptake of colostral leukocytes in the intestinal tract of newborn calves”. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 85 (1–2): 33–40. [https://doi.org/10.1016/S0165-2427\(01\)00404-4](https://doi.org/10.1016/S0165-2427(01)00404-4).

- Lorenz, Ingrid, John Fagan, y Simon J More. 2011. "Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention". *Irish veterinary journal* 64 (1): 9.
<https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-9>.
- McGuirk, Sheila M. 2008. "Disease Management of Dairy Calves and Heifers". *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* 24 (1): 139–53.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.003>.
- McGuirk, Sheila M., y Michael Collins. 2004. "Managing the production, storage, and delivery of colostrum". *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* 20 (3 SPEC. ISS.): 593–603. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.005>.
- Miyazaki, T., K. Okada, y M. Miyazaki. 2017. "Short communication: Neonatal calves coagulate first-milking colostrum and produce a large curd for efficient absorption of immunoglobulins after first ingestion". *Journal of Dairy Science*.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12808>.
- Morrill, K.M., E. Conrad, A. Lago, J. Campbell, J. Quigley, y H. Tyler. 2012. "Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States". *Journal of Dairy Science* 95 (7): 3997–4005. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174>.
- Muller, L.D., y D.K. Ellinger. 1981. "Colostrum Immunoglobulin Concentrations Among Breeds of Dairy Cattle". *Journal of Dairy Science* 64 (8): 1727–30. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82754-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82754-3).
- Murray, Christine F., y Ken E. Leslie. 2013. "Newborn calf vitality: Risk factors, characteristics, assessment, resulting outcomes and strategies for improvement". *Veterinary Journal* 198 (2): 322–28. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.06.007>.
- Pardo, D., y O. Oliver. 2015. "Determinación de factores de riesgo involucrados en diarrea neonatal bovina en fincas lecheras del trópico alto colombiano". *Revista Veterinaria* 26 (2): 124–30.
- Pardo, Dolly. 2012. "Determinación de los factores de riesgo y de los agentes etiológicos asociados con la presentación de diarrea neonatal bovina (DNB) en fincas de la sabana de

- Bogotá”. Universidad Nacional de Colombia.
- Pardo, Dolly M., y Olimpo E. Oliver. 2012. “Identification of infectious agents associated with Bovine Neonatal Diarrhea in the Sabana de Bogota”. *Revista Mvz Cordoba* 17 (3): 3162–68.
- Parkinson, TJ; Vermunt, JJ; malmo, J. 2011. *Disease of cattle in Australia*. 2010.
- Parreño, V., C. Béjar, A. Vagnozzi, M. Barrandeguy, V. Costantini, M. I. Craig, L. Yuan, D. Hodgins, L. Saif, y F. Fernández. 2004. “Modulation by colostrum-acquired maternal antibodies of systemic and mucosal antibody responses to rotavirus in calves experimentally challenged with bovine rotavirus”. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 100 (1–2): 7–24. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2004.02.007>.
- Raboisson, Didier, Pauline Trillat, y Cl?lia Cahuzac. 2016. “Failure of passive immune transfer in calves: A meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact”. *PLoS ONE* 11 (3): 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150452>.
- Reber, Adrian J., Arnold R. Hippen, y David J. Hurley. 2005. “Effects of the ingestion of whole colostrum or cell-free colostrum on the capacity of leukocytes in newborn calves to stimulate or respond in one-way mixed leukocyte cultures”. *American Journal of Veterinary Research* 66 (11): 1854–60. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.1854>.
- Relling, Alejandro Enrique., y Guillermo Alberto . Mattioli. 2003. “Fisiologia digestiva y metabolica de los rumiantes”. *Edulp*, 1–72.
- Roth, James A, y Robert A Smith. 2004. “Inmunologia”. *The Veterinary Clinics of North America* 17.
- Salmon, H. 1999. “The mammary gland and neonate mucosal immunity”. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 72 (1–2): 143–55. [https://doi.org/10.1016/S0165-2427\(99\)00127-0](https://doi.org/10.1016/S0165-2427(99)00127-0).
- Santschi, D. E., y D. M. Lefebvre. 2014. “Review: Practical concepts on short dry period management”. *Canadian Journal of Animal Science* 94 (3): 381–90. <https://doi.org/10.4141/cjas2013-194>.
- Smith, David R. 2012. “Field Disease Diagnostic Investigation of Neonatal Calf Diarrhea”.

- Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* 28 (3): 465–81.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.07.010>.
- Stelwagen, K, E Carpenter, B Haigh, A Hodgkinson, T T Wheeler, K Stelwagen, E Carpenter, B Haigh, A Hodgkinson, y T T Wheeler. 2009. “Immune components of bovine colostrum and milk 1”, 3–9. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1377>.
- Tizard IR. 2013. *Veterinary Immunology Nine edition*. Editado por Elsevier. 9th ed. St. Luouis Missouri.
- Tozer, P, Gabler, M., J., Schriefer, T, Heinrichs. 2015. “Heifer Economics”. *Economist*.
<http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/heifers/economics/heifer-economics>.
- Usda. 2007. “Dairy 2007 Part I: Reference of Dairy Cattle Health and Management Practices in the United States.”, núm. March: 1991–2007.
https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_dr_PartI.pdf.
- USDA. 2012. “Dairy Heifer Raiser, 2011”, núm. October: 1–164.
http://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairyheifer11/HeiferRaiser.pdf.
- Weaver, D M, J W Tyler, D C VanMetre, D E Hostetler, y G M Barrington. 2000. “Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves.” *Journal of veterinary internal medicine / American College of Veterinary Internal Medicine* 14 (6): 569–77. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x>.
- Wheeler, Thomas T., Alison J. Hodgkinson, Colin G. Prosser, y Stephen R. Davis. 2007. “Immune components of colostrum and milk - A historical perspective”. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 12 (4): 237–47. <https://doi.org/10.1007/s10911-007-9051-7>.
- Zambrano, J. 2012. “Guía para la correcta toma de sangre en bovinos”. Universidad Nacional de Colombia.