

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE CALOSTRO PRODUCIDO POR
VACAS LECHERAS Y LOS PRINCIPALES FACTORES ASOCIADOS EN
TAMBOS DE LA CUENCA SUR DEL URUGUAY**

POR

**María José IMELIO VIERA
Victoria LARREGUI GRAVIER**

TESIS DE GRADO presentada
como uno de los requisitos para
obtener el título de Doctor en
Ciencias veterinarias
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD: Estudio poblacional

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa:


Dr. Germán Antúnez Tort

Segundo miembro (Tutor):


Dr. Maximiliano Pastorini

Tercer miembro:


Dr. Nicolás Amaro

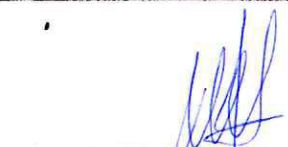
Cuarto miembro (Co-tutora):

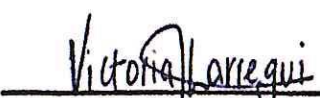

Dra. Nicolle Pomiés

Fecha:

22 de diciembre de 2023

Autores:


María José Imello


Victoria Larregui

AGRADECIMIENTOS

A nuestra familia, principalmente a nuestros padres por ser la base que nos ha sostenido incondicionalmente en todos estos años de formación.

A la Universidad de la República y la querida Facultad de Veterinaria por brindarnos la posibilidad y el espacio para poder formarnos tanto personal como profesionalmente.

A nuestro tutor Dr. Maximiliano Pastorini y co-tutora Dra. Nicolle Pomiés por su tiempo, dedicación y compromiso.

A nuestros amigos y a los grandes compañeros que la facultad nos dio, por ser un gran apoyo y sostén fundamental a lo largo de estos años de carrera.

Y a todos los que de alguna manera formaron parte de este largo y lindo camino.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	6
SUMMARY	7
INTRODUCCIÓN	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
Importancia del calostro	10
Composición del calostro	10
Factores que afectan la calidad del calostro	13
Colecta y almacenamiento del calostro.....	15
Contaminación bacteriana	16
Métodos para evaluar la calidad del calostro	16
Calidad del calostro a nivel mundial y nacional	18
HIPÓTESIS	20
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Caracterización de los predios y animales.....	22
Toma de muestras y análisis de laboratorio	23
Encuesta	24
Análisis estadístico	25
RESULTADOS	26
DISCUSIÓN	32

CONCLUSIÓN.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE TABLAS

TABLA 1	11
TABLA 2	23
TABLA 3	26
TABLA 4	27
TABLA 5	30
TABLA 6.....	31

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.....	27
FIGURA 2	28
FIGURA 3	28
FIGURA 4	29
FIGURA 5	30

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de los calostros producidos por vacas lecheras de tambos de la cuenca sur del Uruguay e identificar los principales factores de riesgo asociados que la determinan, evaluando la composición química (grasa, proteína, lactosa) y la concentración de inmunoglobulina G (IgG) de los calostros, así como también estudiar posibles factores incidentes de manejo del predio y animales. Para ello, fueron relevados 32 tambos de la cuenca lechera sur del Uruguay, entre los departamentos de San José, Florida y Colonia, obteniendo un total de 295 muestras de calostros de vacas lecheras. Así mismo se aplicó un formulario de encuesta por única vez, donde se recabó información de los sistemas de producción y las prácticas de manejo vinculadas al calostro, que pudieran ser considerados factores de riesgo para la calidad del mismo. Se determinó la producción de calostro al primer ordeño post parto, la composición y la concentración de IgG por Inmunodifusión Radial (g/L) y refractometría en % (grados) Brix. Se observó que el 12,2% de las muestras fueron calostros de baja calidad, ya que presentaron una concentración de IgG menor a 50 g/L. La producción promedio de leche en el primer ordeño fue de 5,7 kg y una proporción de grasa, proteína y lactosa de 6,3%, 15,9% y 3,4% respectivamente. Los principales factores que afectan la calidad del calostro son la estación del año ($P < 0,01$) y la paridad ($P < 0,05$). En este sentido, los calostros obtenidos en verano, y los calostros producidos por vacas de segunda lactancia presentan mayor riesgo de ser de baja calidad ($OR=3,22$ y $OR=2,53$, respectivamente). Con respecto a los factores de manejo que afectan la calidad del calostro se observa que el ambiente del parto (al aire libre; $P < 0,01$), y el manejo de la dieta (no utilización de sales aniónicas; $P < 0,03$) aumentan el riesgo de obtener calostros de baja calidad ($OR=5,69$ y $OR=3,19$, respectivamente). Los resultados obtenidos muestran que un 87,2% de las muestras de calostros analizadas obtenidas en tambos de la cuenca lechera sur del Uruguay presentan una calidad aceptable o superior específicamente en referencia a la concentración de IgG (>50 g/L). Esto hace suponer que los niveles de falla en la transferencia de inmunidad pasiva reportada en Uruguay no se deberían en un principio a un problema en la calidad de calostro, ni al volumen de producción, sino que podría estar vinculado a las condiciones del ambiente y del manejo en general de los partos.

SUMMARY

The aim of this study was to determine the quality of colostrums produced by dairy cows from dairy farms in the southern Uruguay basin and to identify the main associated risk factors that determine it, evaluating the chemical composition (fat, protein, lactose) and immunoglobulin G (IgG) concentration of colostrums, as well as studying possible incident factors of farm and animal management. For this purpose, 32 dairy farms were surveyed in the southern dairy basin of Uruguay, between the departments of San José, Florida and Colonia, obtaining a total of 295 samples of colostrum from dairy cows. In addition, survey form was also used to collect information on production systems and management practices related to colostrum, which could be considered risk factors for colostrum quality. Colostrum production at the first postpartum milking, composition and IgG concentration were determined by Radial Immunodiffusion (g/L) and refractometry in % Brix. It was observed that 12.2% of the samples were poor quality colostrums, as they had an IgG concentration of less than 50 g/L. The average milk yield at the first milking was 5.7 kg and the proportions of fat, protein and lactose were 6.3%, 15.9% and 3.4% respectively. The main factors affecting colostrum quality were season ($P < 0.01$) and parity ($P < 0.05$). In this context, colostrums obtained in summer and colostrums produced by second lactation cows have a higher risk of being of low quality (OR=3.22 and OR=2.53 respectively). In this sense, to management factors affecting colostrum quality, it was observed that the prepartum environment (outdoors; $P < 0.01$), and dietary management (non-use of anionic salts; $P < 0.03$) increased the risk of obtaining poor quality colostrum (OR=5.69 and OR=3.19, respectively). The results obtained show that 87.2% of the analysed colostrum samples obtained from dairy farms in the southern dairy basin of Uruguay have an acceptable or superior quality, specifically referred to IgG concentration (>50 g/L). This suggests that the levels of passive immunity transfer failure reported in Uruguay are not initially due to a problem with colostrum quality or production volume, but could be linked to environmental conditions and general prepartum management.

INTRODUCCIÓN

Económica y socioculturalmente, la producción lechera en Uruguay es muy importante, siendo el sector agropecuario con mayor ingreso de exportaciones por hectárea (Oficina de Estadísticas Agropecuarias, DIEA, 2021). En los cerca de 3.000 tambos que hay distribuidos en todo el Uruguay, se producen al año 2.000 millones de litros de leche que son procesados por la industria y por las queserías artesanales del país (DIEA, 2022). De lo producido, el 30% se comercializa en el mercado interno y el 70% se exporta. El consumo de lácteos en Uruguay duplica al del resto del mundo, consumiendo 266 litros de leche por persona por año, si se considera la leche fluida y los productos derivados (Instituto Nacional de la Leche, INALE, 2021).

Existe una amplia variedad de escalas y sistemas productivos, pero en el caso de Uruguay, un tambo promedio cuenta con 141 vacas en ordeño, 220 hectáreas y produce 18 litros de leche por vaca por día (INALE, 2021). El sistema de alimentación de estos animales se basa principalmente en la combinación de pastoreo de pasturas implantadas y la suplementación con concentrados y forrajes (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA, 2022).

La producción eficiente y rentable en un tambo depende de muchos factores, siendo la salud del rodeo uno fundamental. El manejo de los animales en su etapa de cría y recría incide directamente en su desempeño reproductivo y productivo, lo cual es importante al momento de seleccionar los reemplazos en el rodeo. El objetivo de la recría de reemplazos es proveer al tambo de animales saludables y capaces de expresar todo su potencial productivo durante su permanencia en el establecimiento (Mendoza, Acosta, Román, Pla y La Manna, 2014). Un calostrado exitoso en la crianza determina, en gran parte, terneras más sanas para continuar el desleche y la cría y con ello mayor protección frente a enfermedades.

Dada la naturaleza de la placenta de los rumiantes, las inmunoglobulinas (Ig) presentes en la sangre de la madre no pueden traspasar la barrera materno-fetal y ser adquiridas por el feto en el período de gestación. Esto hace que los terneros nazcan carentes de anticuerpos suficientes (agammaglobulinémicos) para enfrentar distintos patógenos que suelen infectar en las primeras horas de vida (Godden, 2008). Es por ello que la ingestión del calostro, proceso denominado “transferencia de inmunidad pasiva” (TIP), es imprescindible para que el ternero logre adquirir las IgG necesarias (Weaver, Tyler, Vanmetre, Hostetler y Barrington, 2000).

El factor con mayor incidencia para la supervivencia y salud de los terneros es la absorción de Ig maternas provenientes del calostro. Estas pasan al torrente sanguíneo luego de ser absorbidas en el intestino delgado (Godden, 2008).

Una TIP exitosa depende de ciertos factores, tales como la cantidad y calidad del calostro ingerido y el momento de su ingestión por el ternero (Mendoza, Caffarena, Fariña, Morales y Giannitti, 2017). Si bien la TIP debe darse dentro de las primeras 24 horas de vida del ternero (Godden, 2008), la mayor absorción ocurre dentro de las primeras 4 a 6 horas de vida (Mendoza et al., 2017). El

momento de ingestión ideal sería previo a las 2 hs de vida (Casas y Canto, 2015), y que no supere las 12 hs post parto. Luego de transcurridas las 24 horas, no ocurre la absorción de las Ig ya que el intestino deja de ser permeable (Godden, 2008).

El calostro le brinda al neonato inmunoglobulina G (IgG) esencial para la inmunidad pasiva, pero también aporta otros componentes como los carbohidratos, grasas y proteínas fundamentales para su metabolismo. Las vitaminas y los minerales presentes cumplen la función de cofactores enzimáticos para el mantenimiento general de las funciones del organismo (Morrill et al., 2012). Se habla de calidad suficiente para proveer inmunidad cuando el calostro tiene una concentración de IgG mayor a 50 g/L (Godden, 2008; Fleenor y Stott, 1980). En términos generales un ternero de 40 kg debe ingerir un mínimo de 150 a 200 g de IgG (Godden, 2008). Esto se puede traducir en una ingesta de 3,5 a 4 L (8,5 - 10% de su peso vivo) (Conneely et al., 2014).

En Uruguay no hay antecedentes de trabajos que hayan revelado a nivel de predios lecheros la calidad del calostro ni la prevalencia de las fallas de transferencia de inmunidad pasiva (FTIP). Sin embargo, Schild (2017) señala que dentro de las primeras 3 semanas de vida, el 89% de los terneros que mueren, es a causa de cuadros de diarrea y cuadros respiratorios, los cuales estarían asociados a un calostrado deficiente. Asimismo, Schild et al. (2020), mencionan que en el 95,2% de los tambos se realizaba el calostrado de manera natural, permitiendo que el ternero tomara calostro directamente de la madre. En el 63,3% de los tambos los terneros fueron separados de sus madres después de las 24 horas de vida. Esta práctica indicaría que no habría un control sobre la calidad, cantidad ni momento de suministro del calostro, aumentando el riesgo de FTIP. Se evaluó la calidad del calostro del 80,5% de los establecimientos. Los resultados obtenidos mostraron que de los terneros calostrados de manera artificial, del 10 al 30% presentaban FTIP. Este resultado es mayor que el sugerido por Godden, Lombard, y Woolums (2019) donde se indica que debe ser menor a 10%. Por otra parte, Silva y Armand Ugón (2001), realizaron un estudio donde el 20,4% (n=426) no había logrado una TIP adecuada. En adición, Caffarena et al. (2021) realizaron otro relevamiento en 27 tambos, donde de 95 terneros, el 28,4% presentó una FTIP basándose en la concentración de proteínas séricas totales.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Importancia del calostro

El ternero depende enteramente de la absorción de inmunoglobulinas maternas después del parto. La absorción de Ig maternas a través del intestino durante las primeras horas de vida, llamada transferencia de inmunidad pasiva (TIP), ayuda al ternero contra enfermedades hasta que su propio sistema inmune comience a funcionar (Barrington y Parish, 2001), ya que estos son inmunocompetentes al nacimiento, a pesar de que la inmunidad humoral tiene cierto retraso (semanas) en lograr niveles de anticuerpos protectores. Lograr un temprano y adecuado suministro de calostro de buena calidad es el factor más importante que determina la salud y supervivencia del ternero. Además de reducir los riesgos de morbilidad y mortalidad en la crianza del ternero lactante, una adecuada TIP adiciona beneficios a largo plazo, como serían la reducción de la mortalidad después del desleche, incrementar la ganancia de peso y eficiencia del consumo, reducir la edad al primer parto, mejorar la producción de leche en la primera y segunda lactancia, y reducir la tendencia del descarte durante la primera lactancia (Robison, Stott, y DeNise, 1988; Faber, Faber, McCauley y Ax, 2005).

El calostro, además de su rol inmunitario en las primeras semanas de vida del ternero neonato es una importante fuente de energía para la sobrevivencia en las primeras horas. Esto es importante destacar, ya que en algunos casos se ven expuestos a factores ambientales, tales como bajas o altas temperaturas que desafían al ternero a gastar mayor energía para su termorregulación (Godden, 2008). Asimismo, la importancia de la ingesta del ternero radica en la estimulación del desarrollo del tracto gastrointestinal (Davis y Drackley, 1998). El calostro presenta componentes bioactivos encargados del desarrollo y funcionalidad de las vellosidades intestinales, aumentando el área de absorción y metabolismo de los nutrientes (Godden, 2008).

Por otra parte, los beneficios a largo plazo asociados con la correcta TIP incluyen una reducción de la mortalidad en la recría, mejores tasas de ganancia y eficiencia alimentaria, mayor producción láctea en la primer y segunda lactancia y una menor edad al primer parto (Godden et al., 2019). En adición, se estima que un ternero que resulte con un nivel de calostrado deficiente va a tener una probabilidad de enfermar a los 15 días de vida de un 30% aproximadamente y cerca de un 40% en los primeros 30 días, siendo esta probabilidad entre un 5 y 10% mayor que un ternero que haya alcanzado una correcta TIP (Lombard et al., 2020). Asimismo, un ternero con falla en la TIP tiene una probabilidad de morir entre un 4 a 5% mayor que uno con correcta TIP en los primeros 20 días de vida (Lombard et al., 2020).

Composición del calostro

Son varios los componentes que se pueden encontrar en el calostro. Está constituido por una mezcla de secreciones lácteas y componentes del suero sanguíneo (Godden, 2008), principalmente inmunoglobulinas (Ig), de las cuales la IgG (principal constituyente de las Ig plasmáticas) se presenta en mayor cantidad. A su vez, un calostro normal se compone de células

inmunológicamente activas como los linfocitos T y B, neutrófilos, macrófagos, factores de crecimiento, hormonas, como la insulina, cortisol e IGF-1, y factores con actividad antimicrobiana como lo son la lactoferrina, lisozima y lactoperoxidasa. Todos estos componentes comienzan a acumularse en la glándula mamaria en las últimas semanas pre parto (Le Jan, 1996; Larson, Heary y Devery, 1980; Godden, 2008).

Luego del parto comienzan a ocurrir cambios en la composición del calostro con los sucesivos ordeñes. Los principales cambios de composición entre el calostro y la leche ocurren durante los primeros 6 ordeñes luego del parto y continúan con menor medida por aproximadamente 5 semanas (Godden, 2008). Las diferencias en la composición entre el calostro y la leche permiten comprender y explicar las diferentes funciones biológicas de cada una (Tabla 1), y a medida que pasan las horas post parto van disminuyendo las propiedades nutritivas (Christiansen, Guoa y Kjeldenb, 2010).

Tabla 1: Composición química del calostro y leche bovina con el transcurso de los ordeñes.

	Calostro	Leche de transición		Leche entera
	1er ordeño	2do ordeño	3er ordeño	6to ordeño
Densidad relativa	1,056	1,040	1,035	1,032
Sólidos totales (%)	23,9	17,9	14,1	12,9
Grasa (%)	6,7	5,4	3,9	4,0
Proteína total (%)	14,0	8,4	5,1	3,1
Caseínas, %	4,8	4,3	3,8	2,5
Inmunoglobulinas (%)	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG (g/dL)	3,2	2,5	1,5	0,06
Lactosa (%)	2,7	3,9	4,4	5,0

Fuente: Christiansen et al., 2010.

Como se mencionó anteriormente, el calostro contiene una variedad de Ig (IgA, IgM, IgG, etc), donde la IgG es la más prevalente (Geiger, 2020). Las Ig se unen a componentes patógenos, lo que a su vez puede prevenir infecciones causadas por virus y bacterias causantes de diarrea. Las IgG del calostro desempeñan el papel principal en la respuesta inmunitaria a la mayoría de las infecciones, lo que contribuye a la salud y el bienestar de los animales durante toda su vida. La IgM colabora como primera línea de defensa contra una variedad de enfermedades e infestaciones, mientras que la IgA promueve la protección por parte de la membrana mucosa (Godden, 2008).

El calostro también es rico en carbohidratos, oligosacáridos, glicolípidos, glicoproteínas y azúcares glucósidos (Playford y Weiser, 2021), siendo la lactosa

la principal fuente de energía para los terneros neonatos (Claeys et al., 2014). Por otro lado, los oligosacáridos promueven el desarrollo del tracto gastrointestinal actuando como prebiótico para el crecimiento de microorganismos beneficiosos (Fischer et al., 2018), así como también su fermentación en el intestino grueso genera ácidos grasos de cadena corta, como el ácido butírico (Szyndler-Nędza, Mucha y Tyra, 2020).

En lo que refiere al contenido de lípidos, el calostro se compone de ácidos grasos esenciales como ácidos grasos poliinsaturados, ácido linoleico conjugado, gangliósidos, fosfolípidos, así como diversos ácidos grasos de cadena corta y media (Playford y Weiser, 2021). Asimismo, estudios demuestran que las concentraciones sanguíneas de ácidos grasos esenciales son mayores en terneros alimentados con calostro tras el nacimiento que en aquellos alimentados un día más tarde (Blum, Hadorn, Sallmann y Schuep, 1997). Los ácidos grasos esenciales tienen un impacto positivo sobre la actividad antioxidante y la respuesta inmunológica de los terneros recién nacidos durante las primeras semanas de vida (Mills, Ross, Hill, Fitzgerald y Stanton, 2011). Los gangliósidos junto con los fosfolípidos de la membrana de los glóbulos grasos promueven el sistema inmune, la unión de los patógenos y el desarrollo neuronal (Playford y Weiser, 2021).

En comparación con la leche, el calostro contiene una alta concentración de vitaminas y minerales (Kehoe, Heinrichs, Moody, Jones y Long, 2007). Por un lado, con respecto a las vitaminas, se pueden encontrar tanto vitaminas liposolubles (A, E, D y K) como hidrosolubles (complejo B; Bagwe, Tharappel, Kaur y Buttar, 2015). Estas vitaminas reducen las especies reactivas del oxígeno, inhiben la inflamación y mantienen el equilibrio inmunitario intestinal y el estado de salud (Blum et al., 1997). En este sentido, Blum et al. (1997) reportaron que los terneros alimentados con calostro tenían altos niveles plasmáticos de caroteno (vitamina A) y α -tocoferol (vitamina E) en la primera semana de vida.

Por otro lado, en cuanto a los minerales, el calostro contiene una mayor concentración de estos en comparación con la leche, como citratos, fosfatos y cloruros de hidrógeno, potasio, magnesio, sodio y calcio, así como cobre, hierro, zinc y manganeso (Lucey y Horne, 2009) que sirven como promotores del desarrollo del propio sistema inmunitario de los terneros.

La lactoferrina, una proteína sérica que se une al hierro, tiene actividades inmunomoduladoras y antimicrobianas (Haiwen et al., 2019). En el intestino, la lactoferrina mejora la capacidad antimicrobiana y antioxidante (Hernandez-Castellano et al., 2014). A su vez, estimula la proliferación del epitelio intestinal, las células del colon, y a su contenido en lactobacilos y bifidobacterias. Esto promueve la defensa contra microorganismos patógenos y los riesgos de bacteriemia o de endotoxemia (Artym y Zimecki, 2005).

El calostro contiene enzimas que participan en el desarrollo y crecimiento de los terneros neonatos, tales como lactato deshidrogenasas y ceruloplasmina (Zwierzchowski, Micinski, Wojcik y Nowakowski, 2020). Además, las enzimas como la lisozima y lactoperoxidasa poseen propiedades antioxidantes, manteniendo la homeostasis de la microbiota intestinal (Puppel et al., 2020). La

presencia de inhibidores de la tripsina en el calostro (Quigley, Martin y Dowlen, 1995) probablemente genere resistencia a las enzimas gastrointestinales permitiendo la correcta absorción de las inmunoglobulinas en las 24 horas siguientes al nacimiento, donde el intestino delgado permanece permeable a las macromoléculas (Jochims, Kaup, Drommer y Pickel, 1994).

Dentro de las hormonas, el calostro bovino presenta altas concentraciones de hormonas de crecimiento, hormonas peptídicas, incluyendo la insulina, péptidos y relaxina (Fischer, Song, Haines, Guan y Steele, 2018). La IGF -1 y la insulina presentan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal, sistema endocrino y salud de los terneros (Penchev, 2008).

Los microorganismos presentes en el calostro contribuyen al establecimiento temprano de la microbiota intestinal (Niyazbekova et al., 2020). Algunos grupos de bacterias presentes en el calostro desempeñan una función terapéutica ya que presentan la capacidad de inhibir ciertos patógenos como la E. coli, quien coloniza muy rápidamente el tracto gastrointestinal en los recién nacidos provocando la mortalidad de los terneros neonatos (Puppel et al., 2020). En este sentido, la ingesta de calostro genera un mejor desarrollo y funcionalidad de la microbiota intestinal aumentando la respuesta inmunitaria de los terneros, reduciendo tanto los tratamientos con antibióticos como la mortalidad por diarrea (Berge, Besser, Moore y Sisco, 2009). A su vez, el calostro presenta acción laxante, favoreciendo la eliminación del meconio y el establecimiento de los movimientos intestinales (Godden, 2008).

Factores que afectan la calidad del calostro

Una correcta TIP se logra cuando un ternero neonato ingiere la cantidad correcta de calostro (8-10% del PV), lo antes posible luego del nacimiento (< de 24 horas, ideal 2 horas), y que el calostro tenga la calidad adecuada (concentración de IgG >50 g/L; Godden, 2008). Existen varios factores que pueden afectar la calidad del calostro. Algunos están sujetos a la susceptibilidad individual de cada vaca y otros dependen de factores externos.

En cuanto a los factores individuales de las madres, la edad al primer parto, el volumen del calostro producido y la raza serían los más significativos. Diversos autores demostraron una relación inversa entre volumen y concentración de IgG (Morin, Constable, Maunsell y McCoy, 2001; Morrill et al., 2012) pero Pritchett, Gay, Besser y Hancock (1991), Maunsell et al. (1998) y Kehoe et al. (2007) no encontraron relación alguna.

La edad es un factor que determina la exposición frente a patógenos; a menor edad, menor exposición a antígenos (Kehoe et al., 2007 y Godden, 2008). Denholm, Hunnam, Cuttance, y McDougall (2017) demostraron que el % Brix de calostros de vacas de 6 o más años eran mayores que los de vacas de 2 años. Sin embargo, estudios mostraron que la edad de la madre no sería un factor que afectara la calidad del calostro (Tyler, Steevens, Hostetler, Holle, y Denbigh Jr, 1999).

En relación al origen genético, las vacas de raza Holando por naturaleza tienden a presentar menor concentración de IgG, en comparación con las de raza Jersey (NAHMS. National Animal Health Monitoring System, 1993). En otro estudio, Godden (2008) comparó la concentración de IgG totales entre las mismas razas; las vacas Holando produjeron calostro con menor concentración de IgG total que el producido por las vacas de raza Jersey (5,6% y 9,0% respectivamente).

El volumen de calostro producido al primer ordeño es otro factor que afecta la concentración de IgG, ya que, a mayor volumen de calostro producido, se produce la dilución de las IgG en la glándula mamaria (Pritchett et al., 1991). En adición, Morin, McCoy y Hurley (1997) estudiaron que las vacas altas productoras pueden presentar un calostro con concentraciones bajas de IgG en el primer ordeño después del parto debido a que la concentración de IgG tiene una relación inversa con el peso de calostro al inicio de la lactancia.

Con respecto a los factores relacionados con el manejo en el tambo, el periodo seco es fundamental para que las vacas preparto puedan alcanzar buenos niveles de sólidos, proteínas y grasas en la siguiente lactancia (La Manna, Román, Bravo y Aguilar, 2012) así como también afecta el volumen y la concentración de IgG en el calostro (Dunn et al., 2017). El tiempo ideal que debería durar el periodo seco es de aproximadamente 60 días para poder cubrir las demandas nutricionales de estos animales y la recomposición de la glándula mamaria. Durante la primera etapa de la lactogénesis, la glándula mamaria produce el calostro materno aproximadamente desde la tercera semana antes del parto (Roth y Smith, 2004). En aquellas vacas que no se realiza período seco o este es menor a tres semanas, tiene repercusión negativa ya que produce menor concentración de IgG en el calostro (De Luca, 2006).

La concentración de IgG en el calostro aparentemente podría ser mayor cuando las vacas aumentan su condición corporal desde el periodo seco hasta el parto (Shearer, Mohammed, Breneman, y Tran, 1992). En cuanto a la nutrición preparto, según Godden (2008), no habría relación entre esta y la calidad de calostro. Sin embargo, la dieta de estos animales debe estar correctamente formulada para poder cubrir los requerimientos y de esta manera no debería afectar la calidad del calostro (Drackley, 2011).

Es una práctica común que el personal del tambo administre un tratamiento intramamario en el momento del secado para tratar cualquier infección de la glándula mamaria y/o para reducir la incidencia de síntomas clínicos y mastitis subclínica en este periodo y alrededor del parto (Berry, Hogeveen y Hillerton, 2004). En cuanto a su impacto en la calidad de calostro, Gullisken, Lie, Solverod, y Osteras (2008), señalan que un recuento de células somáticas de más de 50.000 cel/mL sería el único resultado significativo para afectar la misma.

Según Godden (2008) si se vacuna a las vacas en el preparto aumenta la concentración de IgG en el calostro, por ende, también aumentan los títulos de anticuerpos en los terneros para algunos patógenos como son los causantes de diarreas. Denholm et al. (2017) encontraron que en rodeos con plan de vacunación que incluía Rotavirus, Coronavirus y E. coli, los Brix de las muestras de calostro fueron mayores en comparación a los rodeos que no vacunaban.

El estrés calórico es un gran problema a nivel nacional debido a la coincidencia de la época estival (considerándose temperatura y humedad relativa) con las demandas metabólicas de la vaca en transición. Asimismo, a mayor ITH (Índice de Temperatura y Humedad), se modifican comportamientos en la vaca que van en detrimento con la producción como lo es la disminución del consumo de materia seca, lo que repercute en la producción de sólidos tanto de la leche como del calostro (La Manna, Román, Bravo y Aguilar, 2014). Esto resulta en un menor flujo sanguíneo mamario que no permite un correcto pasaje de Ig y nutrientes hacia la glándula mamaria (Godden, 2008).

Colecta y almacenamiento del calostro

Según Denholm et al. (2017), el tiempo de colecta del calostro post parto podría decirse que tiene la mayor influencia en la concentración de IgG en el calostro. En un estudio, se observó que retrasar el ordeño del calostro durante 6 horas, 10 horas o 14 horas post parto, dio como resultado una disminución del 17%, 27% y 33% en la cantidad de IgG respectivamente (Godden, 2008). Por lo tanto, lo ideal es colectar el calostro dentro de las 2 horas luego del parto para obtener calostro de calidad superior (Moore, Tyler, Chigerwe, Dawes y Middleton, 2005).

En condiciones ideales, el calostro se recolecta en un recipiente limpio y desinfectado para minimizar la contaminación bacteriana (McGuirk y Collins, 2004). A su vez, se debe medir la calidad del calostro de forma de almacenar sólo el calostro de buena calidad, y si no se tiene ninguna forma objetiva de hacerlo, se debería colectar únicamente el calostro de primer ordeño de vacas adultas y sanas, sin presencia de sangre o grumos (Mendoza et al., 2017).

Es frecuente su almacenamiento en sistemas que utilizan el método de calostrado artificial para su posterior uso. En la mayoría de los tambos, las vacas producen mayor cantidad de calostro del que necesita un ternero neonato para poder lograr una adecuada TIP (Schild, 2017). Por esta razón, se almacena el calostro sobrante si es de buena calidad, denominándose banco de calostro, ya sea refrigerado o congelado (Mendoza et al., 2017).

Según Cummins, Lorenz y Kennedy (2016), se debe refrigerar el calostro a 4°C o menos, o congelar entre -18°C y -20°C (Puppel et al., 2020). Si el calostro se refrigera en heladera, la concentración de IgG permanece estable hasta por 1 semana, y el recuento bacteriano total puede alcanzar valores inaceptables luego de 2 días de refrigeración, por lo que debe ser consumido dentro de las 48 horas si no se utilizan conservantes (Godden, 2008), y hasta 4 días si se le agrega sorbato de potasio al 50% como conservante (10mL por litro de calostro; Stewart et al., 2005).

A su vez, se recomienda almacenar calostro de vacas individuales en recipientes separados en lugar de armar un pool, ya que si se mezclan los calostros de alta calidad pueden ser diluidos con calostros de calidad inferior (Morrill et al., 2012).

Por otra parte, el calostro puede conservarse congelado hasta por 1 año, siempre que no hayan ocurrido procesos de descongelado entre medio. Para su uso se

debe descongelar a baño María a no más de 60 ° C de temperatura, ya que puede ocurrir la desnaturalización de la IgG (Godden, 2008).

En el caso de que se congele el calostro, se deben almacenar preferiblemente en bolsas que se venden para ese propósito, o en su defecto en botellas previamente higienizadas y desinfectadas, siendo este método más dificultoso. Además, se recomienda rotular el envase indicando la fecha de obtención, el número de la vaca y la calidad del calostro en caso de ser evaluada (Mendoza et al., 2017).

Contaminación bacteriana

Es importante destacar la prevención de la contaminación del calostro durante su recolección, almacenamiento y alimentación ya que se vehiculizan microorganismos patógenos para los terneros (McGuirk y Collins, 2004; Godden, 2008). En consecuencia, se deberían maximizar las condiciones higiénicas durante todas estas etapas.

Esta descrito que el calostro puede ser un importante vector para muchas enfermedades causadas por patógenos, como *Mycobacterium avium* paratuberculosis (causante de la enfermedad de Johnes), *Salmonella*, *Mycoplasma*, *Listeria*, *E. coli* y otros (Domínguez, Pérez, y Calvo, 1997; Stabel, Bradner, Robbe-Austerman y Beitz, 2014). Las distintas bacterias presentes en el calostro pueden afectar la absorción de Ig a nivel intestinal y causar enfermedades a los terneros (James, Polan y Cummins, 1981). Se recomienda que el calostro presente un recuento total en placa menor a 100.000 UFC/mL y recuento de coliformes totales menor a 5000 UFC/mL (McGuirk y Collins, 2004). Se debe realizar una correcta limpieza y desinfección de la glándula mamaria previo a la recolecta del calostro y, además, evitar alimentar a los terneros con calostro proveniente de vacas infectadas (Godden, 2008).

Con el fin de prevenir la contaminación, toma relevancia la pasteurización del calostro previo a su almacenamiento. Esta debe realizarse a una temperatura constante de 60°C por 60 minutos, y al terminar el tiempo de pasteurización, establecer una temperatura final de enfriamiento de 20°C, con el fin de evitar riesgos de desnaturalización de la IgG y cambios en la fluidez del calostro (Godden, 2008; Godden et al., 2019; Rodríguez, Salazar y Núñez, 2014). Elizondo-Salazar y Heinrichs (2009) demostraron que al utilizar calostro pasteurizado se produce una mayor absorción aparente de Ig, en comparación con terneros alimentados con calostro sin pasteurizar. Asimismo, el calostro pasteurizado, si se almacena refrigerado en un recipiente cubierto y limpio, tiene una validez de 8 a 10 días (Godden, 2008).

Métodos para evaluar la calidad del calostro

Si bien son varios los factores que afectan la calidad del calostro, la concentración de IgG es el sello distintivo para determinar la calidad del mismo. Tradicionalmente, la calidad del calostro se ha determinado por la concentración

de IgG que este posea, puesto que esta abarca más del 85% del total de las Ig (Godden, 2008).

Existen diferentes métodos para evaluar la calidad del calostro, que se clasifican en métodos directos e indirectos. Los métodos directos son métodos precisos, costosos y complejos para su uso rutinario a nivel de campo. En consecuencia, se comenzaron a utilizar otros métodos indirectos para evaluar la calidad del calostro que sean más sencillos, más económicos y prácticos de utilizar en condiciones a campo (Gapper, Copestake, Otter, y Indyk, 2007; Biemann et al., 2010).

Dentro de los métodos directos, la técnica de referencia es la Inmunodifusión Radial (RID), principalmente ya que es el método más exacto evaluando la concentración de Ig en el calostro (Biemann et al., 2010). Esta técnica utiliza anticuerpos anti Ig específicas de los bovinos, las cuales reaccionan con la muestra de calostro depositada sobre una placa de agar sangre, formando un anillo de precipitación, cuyo diámetro es proporcional a la cantidad de Ig presentes en el calostro (Gapper et al., 2007). Entre las principales ventajas, esta técnica presenta alta sensibilidad y especificidad, pero presenta como desventajas que no se realiza a campo, es costosa, dificultosa de llevar a cabo (Gapper et al., 2007), y requiere de 18 a 24 horas en obtener resultados (Biemann et al., 2010). Además, se debe tener en cuenta que es una técnica propensa a errores en el análisis presentando una mala precisión cuantitativa (Gapper et al., 2007). La técnica de ELISA también se utiliza para la detección cualitativa y cuantitativa de antígenos. La misma se basa en la interacción entre el antígeno (IgG bovina) y anticuerpos, los cuales fueron generados por este antígeno. De modo de cuantificar las IgG bovinas, se basan en la medición colorimétrica del complejo anticuerpo - enzima conjugado y en la interpolación de una curva estándar (Gapper et al., 2007).

Los métodos indirectos que se utilizan para la determinación de la IgG en el calostro son la apreciación visual, el densímetro y la refractometría (Godden, 2008). La apreciación visual es una forma simple y subjetiva a la hora de evaluar la calidad, ya que no permite estimar la concentración de IgG. Un calostro cremoso, homogéneo, amarillo intenso y carente de sangre o grumos, generalmente es un calostro de buena calidad (Mendoza et al., 2017).

Un calostrómetro o densímetro es un instrumento hidrómetro que relaciona la densidad específica con la concentración de IgG que presenta el calostro. Este se coloca dentro de una probeta con calostro y se deja flotar sin que toque las paredes de la misma, teniendo la precaución que el calostro esté a una temperatura de 20°C. A mayor concentración de IgG, más denso va a ser, por lo tanto, flotará más e indica una mayor densidad específica (Fleenor y Stott, 1980). Se considera un calostro de buena calidad cuando la densidad relativa es $\geq 1,050$, lo cual se aproxima a la concentración de IgG mayor a 50 g/L (Godden, 2008). En el caso de que el densímetro sea con escala de colores, el rango de color verde, indica una concentración de IgG mayor a 50 g/L (Fleenor y Stott, 1980). La lectura del calostro puede variar con algunos factores tales como la edad del animal y la concentración total de sólidos. Un calostro de alta densidad no siempre representa un calostro de buena calidad ya que vacas con mastitis y

alto recuento de células somáticas, tienen un calostro con mayor densidad. Dadas estas condiciones, es recomendable combinar la apreciación visual, con la estimación de concentración de IgG y la historia clínica de la vaca para una mejor valoración de la calidad del calostro (Mendoza et al., 2017).

En cuanto a la refractometría, existen refractómetros portátiles, tanto digitales como ópticos, con medición en grados Brix. Los refractómetros miden el contenido de sólidos totales de una solución. Estas sustancias refractan la luz, y el refractómetro estima los sólidos totales de la solución, midiendo el índice refractivo de la muestra en % Brix. En el calostro, la proteína está representada mayoritariamente por IgG, por lo tanto, la medición de sólidos totales presentes en el calostro puede brindar un valor que está altamente correlacionado con la concentración de IgG (Morrill et al., 2012). Existe una diferencia en el punto de corte entre las razas Holando y Jersey, siendo este de 22 y 18 % Brix respectivamente, correspondiendo a concentraciones de IgG mayores a 50 g/L en el calostro (Morrill, Robertson, Spring, Robinson, Tyler, 2015).

Calidad del calostro a nivel mundial y nacional

El éxito o fracaso de un programa de TIP en terneros está determinado por la interacción principalmente de tres factores: la cantidad de calostro recibido por parte del ternero neonato, el tiempo transcurrido entre el nacimiento y el momento de la ingesta del calostro y la calidad del calostro utilizado (Godden et al., 2019).

Si bien en la literatura está claramente descripto cómo lograr una TIP adecuada, la prevalencia de fallas en la TIP a nivel mundial es importante, con valores de cerca del 20% en EEUU, 26% en Reino Unido, 33% en Nueva Zelanda y 40% en Australia y Canadá (Beam et al., 2009; Trotz-Williams, Leslie, y Peregrine, 2008; MacFarlane, Grove-White, Royal, y Smith, 2015; Lawrence, Broerse, Hine, Yapura, y Tulley, 2017). A nivel nacional, se observó que la prevalencia de fallas en la TIP en terneros de tambos de la región sur es de 14,4% (IC 95%;12,2 – 16,5 Pastorini et al., 2023).

Respecto a la calidad del calostro, diversos estudios a nivel internacional reportan que la calidad de calostro producido y utilizado en los programas de calostrado muestran problemas en la calidad de los mismos, principalmente en lo que respecta a la concentración de IgG. De esta manera, varios autores destacaron calostros de baja calidad superando el 50% del total de las muestras. Asimismo, Phipps et al. (2017) y Dunn et al. (2017) determinaron una baja concentración de IgG por debajo del mínimo, obteniendo valores de baja calidad de 77% y 44% respectivamente. En el mismo sentido, MacFarlane et al. (2015) y Dunn et al. (2017), destacan el tiempo entre el parto y la colecta de calostro, como uno de los principales factores asociados a elevados porcentajes de calidad deficiente. Resultados similares obtuvieron Morrill et al. (2012), quienes reportan que el almacenamiento en pooles y fallas en el proceso de refrigeración, incidieron en el 61% de calostros muestreados en tambos considerándose de calidad inferior. Del mismo modo, una baja calidad higiénica y sanitaria del

calostro fue destacada como un factor en detrimento con la calidad (Dunn et al., 2017; Phipps et al., 2017).

A nivel nacional, no contamos con información sobre la calidad del calostro utilizado en el proceso de calostrado. En función de los antecedentes planteados sobre la calidad del calostro en los diferentes países y que en Uruguay en el 62% de los tambos se realiza calostrado natural, dejando mamar al ternero directamente de la madre, y que la FTIP es superior a lo recomendado, podemos suponer que, en nuestros sistemas de producción lechera, la calidad del calostro podría ser un problema importante a considerar al momento de planificar un programa de calostrado.

HIPÓTESIS

Basados en los antecedentes de FTIP y al alto porcentaje de mortalidad de terneros durante la cría, planteamos la hipótesis de que una proporción cercana al 20% de los calostros en tambos de Uruguay presentan concentraciones de inmunoglobulina G por debajo de 50 g/L y esto estará mayormente asociado a factores inherentes al manejo y condiciones del parto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la calidad de los calostros producidos por vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur del Uruguay e identificar los principales factores de riesgo asociados que la determinan.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la composición química (grasa, proteína, lactosa) de los calostros producidos por vacas lecheras de tambos de la cuenca sur del Uruguay.

Determinar la concentración de inmunoglobulina G y el recuento de células somáticas en los calostros producidos por las vacas lecheras de tambos de la cuenca sur del Uruguay.

Determinar los factores de manejo predial y factores animales que se asocian con la calidad del calostro en las vacas lecheras de la cuenca sur del Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

El relevamiento se realizó dentro del período de marzo 2021 y marzo 2022. En este tiempo se realizó el muestreo de 295 muestras de calostros producidos por vacas lecheras, en 32 tambos de los departamentos de San José (n=14), Colonia (n=11) y Florida (n=7; promedio de 9,2 calostros por tambo). Los tambos fueron seleccionados por conveniencia de una muestra seleccionada al azar de los tambos que hubieran presentado declaración jurada del último ejercicio y que hubieran declarado tener más de 30 vacas en ordeño. Asimismo, se contactaron aproximadamente 400 establecimientos de los cuales se pudo concretar la toma de muestras de calostros en 32 tambos.

El trabajo con animales fue realizado de acuerdo con los reglamentos sobre el uso de animales en experimentación, enseñanza e investigación (Comisión Honoraria de Experimentación Animal (C.H.E.A), UdelaR, Uruguay), en el marco del protocolo de investigación aprobado por la Comisión de Experimentación en el Uso de Animales (CEUA): CEUA – FVET – N° 845/19.

Al llegar al establecimiento se aplicó, por única vez un cuestionario en cada tambo de manera de recabar información primaria sobre las diferentes prácticas de manejo a nivel del establecimiento que estuvieran relacionadas, y que pudieran constituir factores de riesgo asociados a problemas con la calidad de los calostros, como por ejemplo: método de ordeño, tiempo entre ordeño y colecta, monitoreo de calidad de calostro, métodos de conservación del calostro, alimentación de las madres en el período seco, inmunizaciones vacinales a las madres en el parto, entre otros.

Complementariamente se registró información asociada a cada muestra de calostro tomada, sobre datos relacionados con la vaca (raza, edad, paridad, condición corporal al parto, tipo de parto, entre otros).

1. Caracterización de los predios y animales

El relevamiento fue realizado en un total de 32 tambos de la cuenca lechera sur del Uruguay, de los departamentos de San José (n=14), Colonia (n=11) y Florida (n=7). Se priorizaron estos departamentos debido a que en ellos se encuentran el 63,6% de los tambos de Uruguay (DIEA, 2019). Los datos descriptivos de los predios se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Principales características productivas de los predios seleccionados para la evaluación de la calidad de calostro en los departamentos de San José, Colonia y Florida

Ítem	Departamento			Total
	San José	Colonia	Florida	
Cantidad de predios, n (%)	14 (43,7)	11 (34,6)	7 (21,9)	32
Cantidad de calostros VM Total	123 (41,7)	130 (44,1)	42 (14,2)	295
Media $\pm$ DE	429,3 $\pm$ 422,2	380,8 $\pm$ 211,7	740,0 $\pm$ 327,5	475,2 $\pm$ 354,5
IC 95% (LI - LS)	174,1 - 684,5	238,6 - 523,0	437,1 - 1042,6	
Ha lecheras				
Media $\pm$ DE	410,6 $\pm$ 331,1	344,9 $\pm$ 283,2	763,0 $\pm$ 265,3	459,8 $\pm$ 331,6
IC 95% (LI - LS)	210,5 - 610,7	154,6 - 535,2	517,7 - 1008,4	
Tipo de explotación				
Remitente	14	9	7	30
Queseros	0	2	0	2
Sistema de alimentación				
Pastura + suplementación	14	7	7	28
RTM + Pastura	0	4	0	4

La totalidad de los calostros fueron producidos por vacas de raza Holando y con respecto a la paridad el 23,7% de los animales muestreados fueron vacas primíparas y el 76,3% restante fueron vacas múltiparas.

2. Toma de muestras y Análisis de Laboratorio

Las muestras de calostros fueron obtenidas mediante ordeño mecánico en las instalaciones de cada tambo directamente por integrantes del equipo y en otros casos donde se observó que existían condiciones y voluntad del propietario, se solicitó la colaboración para que estos tomaran las muestras y las remitieran rápidamente a nuestro laboratorio.

De cada calostro obtenido se registró la producción en el primer ordeño y se tomaron dos muestras. Una primera muestra tomó en viales de 50 mL, utilizando como conservante bronopol (Lactopol®, Montevideo-Uruguay), las cuales fueron en 48 hs enviadas rápidamente al laboratorio para determinar la composición química (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales) y recuento de células somáticas. La segunda muestra se tomó en viales estériles de 10 mL, para la posterior determinación de la concentración de IgG, los cuales se almacenaron a -20°C hasta su análisis.

La determinación de la concentración de IgG en las muestras de calostro se realizó mediante la técnica de Inmunodifusión radial (RID), utilizando kits comerciales (Triple J Farms, Bellingham, WA-USA). Las muestras de calostro

congeladas fueron descongeladas a temperatura ambiente el día de la determinación. Una vez descongelada, la muestra se homogeneizó y se preparó para el análisis en una dilución 1:3 utilizando agua desionizada (Barry et al., 2019). En cada placa RID, tres de los 24 pocillos se llenaron con sueros de referencia (180, 1402 y 2803 mg IgG/dL para controles bajos, medios y altos respectivamente). Las placas fueron incubadas a temperatura ambiente (20-24°C) durante 24 horas. Los diámetros de los anillos de precipitado se midieron utilizando un calibre digital con una precisión de 0,01 mm. Las muestras que produjeron un valor fuera del rango de la curva de referencia se procedió a realizar una dilución mayor y se volvieron a analizar.

En función a la concentración de IgG determinadas en las muestras se realizó la clasificación de las muestras de los calostros en 4 categorías: Pobre= <50 g/L de IgG; Aceptable= 50,1 a 60 g/L de IgG; Buena= 60,1 a 85 g/L de IgG; y Excelente= >85 g/L de IgG.

La determinación de la composición química del calostro (grasa, proteína, lactosa y sólidos totales) se realizó mediante espectrometría de infrarrojo medio (Bentley 2000 (Bentley Instruments, USA)), mediante el método ISO 9622:2013 (IDF 141:2013) en el laboratorio de INIA – La Estanzuela. El recuento de células somáticas del calostro se determinó mediante citometría de flujo, utilizando una unidad Somacount 300 (Bentley Instruments, EE. UU.), según el método ISO 13366-2:2006 (IDF 148-2:2006). Los sólidos totales en % Brix se determinaron como determinación indirecta de la concentración de IgG. Se realizó al momento de la determinación de la concentración de IgG por RID mediante refractometría digital, con un refractómetro digital (ATAGO, PAL-Grape Must model; escala 0 a 33% Brix).

La información obtenida sobre las características productivas y de las prácticas de manejo de los tambos fue sistematizada en una base de datos y se procedió a la organización, codificación y procesamiento a modo de poder realizar un análisis de acabado de la información y que pueda ser asociada a los resultados de concentración de inmunoglobulina G. Estas variables fueron recodificadas sistemáticamente hasta obtener una codificación binaria, para poder proceder al análisis de riesgo.

3. Encuesta

Al momento de la visita en cada tambo, se aplicó por única vez un cuestionario de manera de recabar información primaria sobre las diferentes prácticas de manejo a nivel de establecimiento que estén relacionadas, y que puedan constituir factores de riesgo asociados a determinar la baja de calidad de los calostros, como, por ejemplo: horas parto-colecta, duración del período seco, alimentación del período seco, condiciones del parto, manejo sanitario en el parto, etc. Complementariamente se registró información asociada a cada muestra de calostros sobre datos relacionados con la vaca (raza, edad, paridad, condición corporal al parto, tipo de parto, entre otros).

4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva para la caracterización de los predios relevados.

Se realizó la clasificación de los calostros en cuatro categorías (Pobre, Aceptable, Buena, y Excelente) en función de la concentración de IgG (g/L), a los efectos de clasificar el análisis descriptivo de los mismos.

Para el análisis de las proporciones de calostros de buena o mala calidad se realizó un análisis de Chi 2, además, un análisis descriptivo de las características de los calostros en lo que respecta a calidad composicional y concentración de Inmunoglobulina G.

Para el análisis de los factores de riesgo asociados al calostro y a los factores asociados a las prácticas de manejo del predio se realizó un análisis de Regresión logística multivariable y binaria donde la variable dependiente fue la categoría de calostro (mala o buena calidad teniendo como punto de corte 50 g/L de IgG). Las variables independientes a incluir en el modelo se seleccionaron por medio de la prueba de Chi 2 y se incluyeron aquellas que hayan presentado un $P < 0,20$. Se puso el predio (o tambo) como factor aleatorio. Para los análisis se utilizó el Software IBM – SPSS Statistics (versión 22.0, SPSS Inc., IBM, Ehningen, Alemania).

Se aceptaron como diferencias significativas valores de P inferiores o iguales a 0,05 y como tendencia valores de P mayores a 0,05 y menores a 0,10.

RESULTADOS

En la tabla 3 se presenta la producción y composición de calostros de vacas lecheras obtenidos en 32 tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay. Se observa una producción promedio de 5,7 kg y una proporción de grasa, proteína y lactosa de 6,3%, 15,9% y 3,4% respectivamente. Con respecto al RCS, el promedio es 4.201 x mil células/mL.

Tabla 3. Producción y composición de calostro de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay.

Ítem	Media	DE ¹	IC95 ²		Min	Máx
			LInf	LSup		
Calostro³, kg	5,7	3,2	5,3	6,1	1,0	18,0
Grasa, %	6,3	2,1	6,0	6,5	2,3	12,4
Proteína, %	15,9	4,8	15,3	16,5	5,1	25,8
Lactosa, %	3,4	0,6	3,3	3,5	2,0	5,4
ST⁴, %	25,5	5,0	24,9	26,2	14,2	36,6
RCS, Log	6,6	0,8	6,0	6,8	3,8	7,6

¹DE= Desvío estándar. ²Intervalo de Confianza (Límite Inferior – Límite Superior).

³Producción de calostro en el primer ordeño. ⁴ST= Sólidos Totales.

La concentración de IgG de las muestras de calostros de vacas lecheras determinada por RID y por refractometría en % Brix se presentan en la tabla 4. De las 295 muestras de calostro analizadas, el 12,2% de las muestras fueron calostros de baja calidad, ya que presentaron una concentración de IgG menor a 50 g/L. Asimismo, el 84,4% de las muestras de los calostros analizados presentan una calidad buena y excelente, presentando una concentración de IgG superior a 63 g/L. Con respecto al % Brix de los calostros, el comportamiento es similar a la concentración de IgG, observándose que a partir de 22 % Brix ya serían muestras de calostro de calidad aceptable (concentración de IgG > a 50 g/L; Tabla 4).

Con respecto a la distribución de la concentración de IgG (g/L) de los calostros, observamos que es similar a una distribución normal (Figura 1). Se destaca en esta figura que en la categoría de 40 a 50 g/L, aproximadamente el 10% de las muestras de calostro se encuentran cercanas al punto de corte el cual determina una buena calidad.

Tabla 4. Calidad de calostro de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay determinado por Inmunodifusión Radial (g/L) y por refractometría en % Brix.

Ítem	Categoría de Calostro ¹			
	Pobre	Aceptable	Buena	Excelente
Cantidad de Calostros	36	10	47	202
Porcentaje	12,2	3,4	15,9	68,5
IC95% (LI - LS)²	8,5 - 15,9	1,3 - 5,5	11,7 - 20,1	63,1 - 73,8
Concentración de IgG, g/L				
Media, (DE) ³	40,4 (8,6)	55,9 (2,6)	75,4 (5,6)	133,1 (36,2)
Mínimo	12,4	51,3	63,2	85,1
Máximo	48,9	55,9	84,5	262,3
Concentración de IgG, %Brix				
Media, (DE) ³	18,8 (2,9)	22,5 (0,6)	24,5 (1,6)	29,9 (4,5)
Mínimo	10,2	22,0	22,2	22,1
Máximo	21,9	23,5	31,3	44,9

¹Pobre= IgG < de 50 g/L; Aceptable= IgG entre 50,1 y 60 g/L; Buena= IgG entre 60,1 y 85 g/L; Excelente = IgG > a 85 g/L. ²Intervalo de Confianza (Límite Inferior – Límite Superior). ³DE= Desvío estándar.

Asimismo, cuando observamos la distribución de la concentración de IgG de los calostros, pero en % Brix, observamos nuevamente una distribución normal (Figura 2). El punto de corte indica el límite de calostros de buena calidad en % Brix, el cual muestra que aproximadamente el 14% se encuentra cercano a un % Brix correspondiente a un calostro de buena calidad.

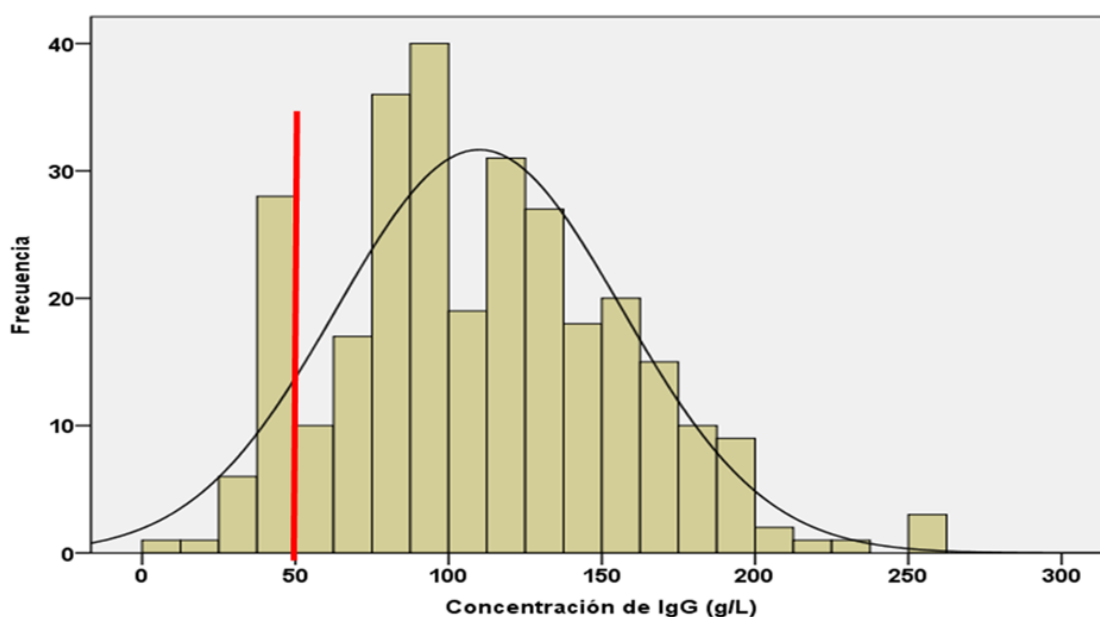


Figura 1. Distribución de la concentración de IgG (analizadas por RID; g/L) de las muestras de calostro de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay (línea roja indica punto de corte entre buena y mala calidad).

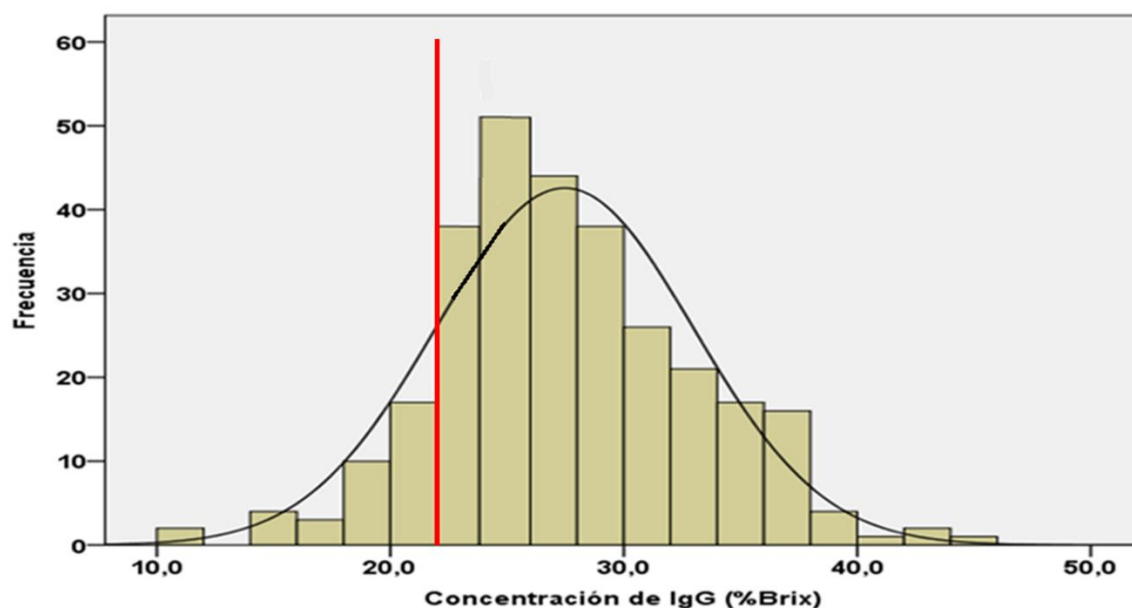


Figura 2. Distribución de la concentración de IgG (por refractometría; %Brix) de las muestras de calostro de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay (Línea roja indica punto de corte entre buena y mala calidad).

Se observó diferencias significativas en la concentración de IgG en los calostros analizados en las diferentes estaciones del año en las cuales fueron colectadas ($P < 0,01$), siendo mayor la concentración de IgG en los calostros producidos en otoño respecto los producidos en verano (118,7 vs 95,2 g/L; Figura 3).

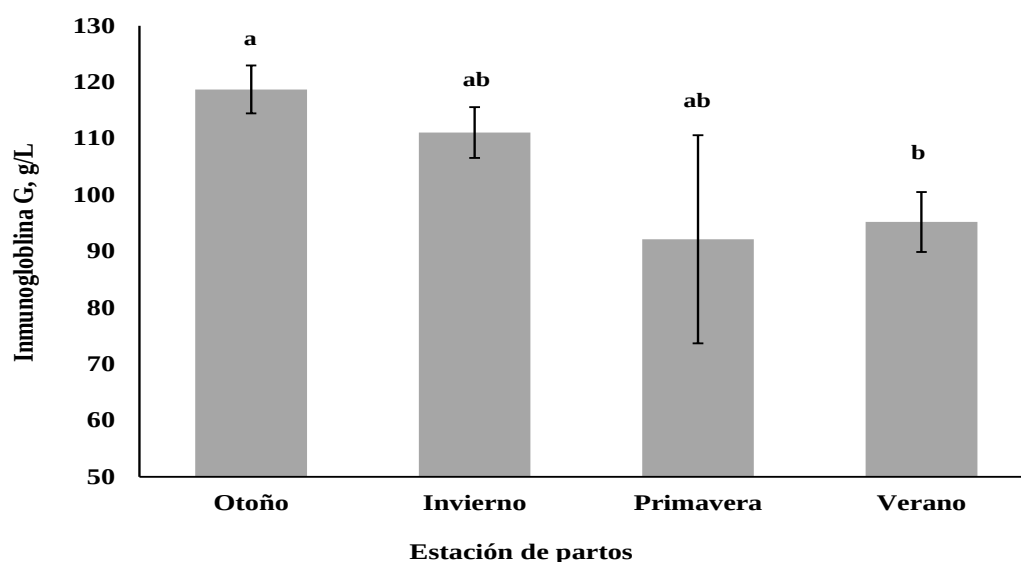


Figura 3. Concentración de Inmunoglobulina G (g/L) de calostros de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay determinada por Inmunodifusión Radial según la estación de parto. ^{a,b}Letras diferentes entre estaciones indica diferencias significativas $P < 0,05$. (Las barras indican el error estándar de las medias).

En relación al efecto de la cantidad de partos de la vaca sobre la concentración de IgG de los calostros producidos se observó que la paridad tuvo un efecto significativo ($P < 0,01$), donde los calostros producidos por las vacas de segunda parición presentaron una concentración de IgG (g/L) menor que los calostros de las vacas con 1, 3 y 5 o más partos (94,7 vs. 117,3, 118,0 y 110,0 g/L respectivamente). Asimismo, los calostros producidos por las vacas de cuarta parición presentaron una menor concentración de IgG (95,2 g/L) que los calostros de las vacas de 1 y 3 partos. Se observó una tendencia a que los calostros producidos por las vacas de primera parición sean de mayor volumen que los calostros de las vacas de cuarta parición ($P = 0,07$; Figura 4).

En la figura 5 se presenta la concentración del calostro producido por las vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur según el intervalo que transcurre entre el parto y la separación de la madre del ternero. Se observa un efecto significativo del intervalo parto separación sobre la calidad del calostro ($P < 0,01$), donde las vacas que fueron separadas de su cría antes de las 12 h produjeron un calostro con mayor concentración que aquellas que permanecieron con su cría más de 12 h (113,8 vs 82,3 g/L).

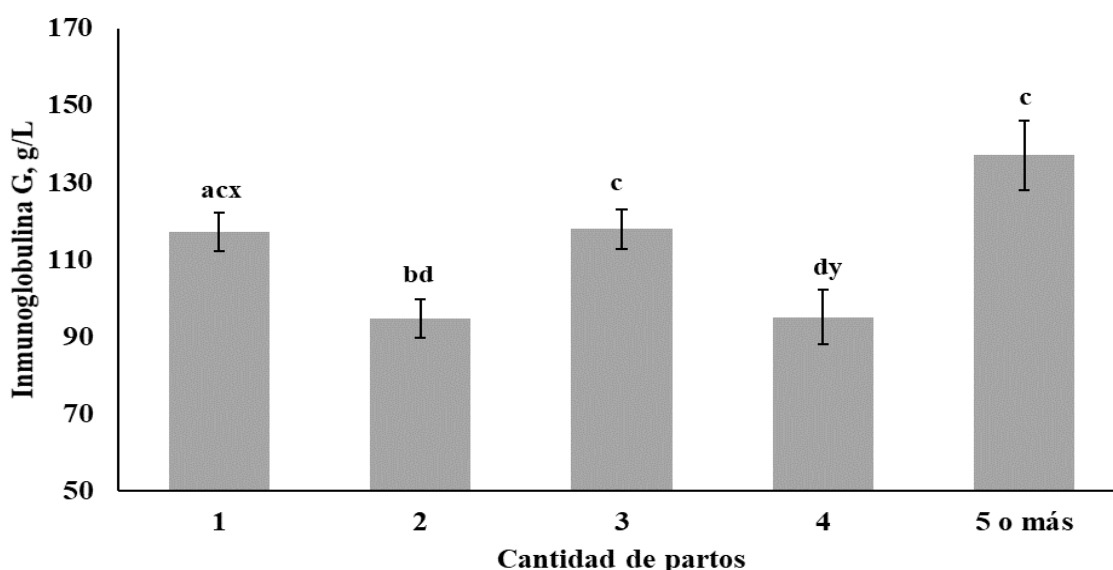


Figura 4. Concentración de Inmunoglobulina G (g/L) de calostros de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay determinada por Inmunodifusión Radial según la cantidad de partos de las vacas. ^{a,b,c,d} Letras diferentes entre cantidad de partos indica diferencias significativas $P < 0,05$. ^{x,y} Indica tendencia $0,05 > P > 0,1$. (Las barras indican el error estándar de las medias).

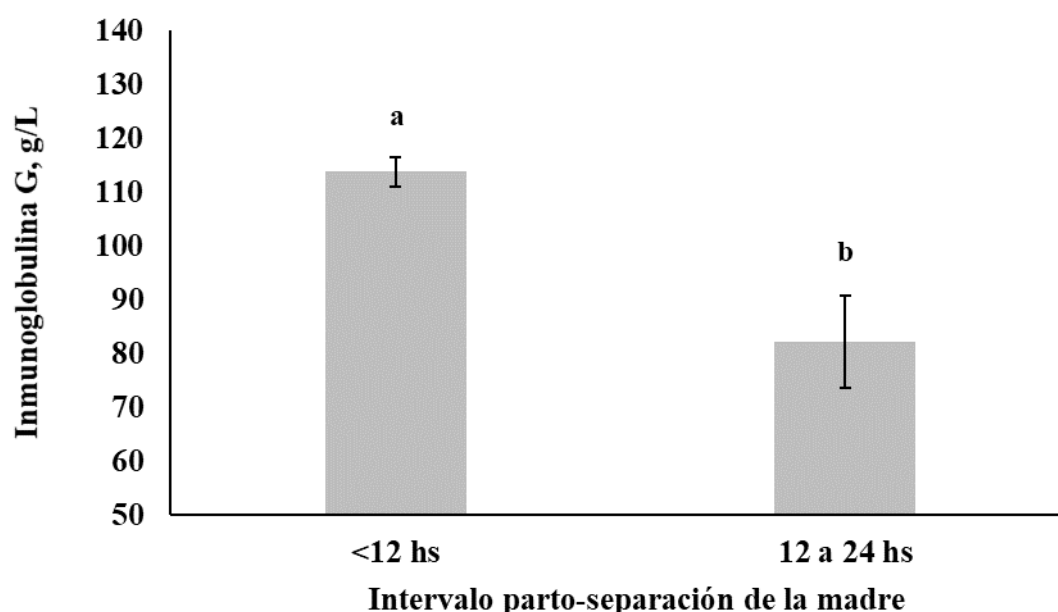


Figura 5. Concentración de inmunoglobulina G (g/L) de calostros de vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay determinada por Inmunodifusión Radial según el intervalo parto - separación de la madre. ^{a,b} Letras diferentes entre intervalos parto - separación de la madre indica diferencias significativas $P < 0.05$. (Las barras indican el error estándar de las medias).

Con respecto a los factores vinculados al calostro que tienen una repercusión sobre la concentración de IgG de los mismos, observamos que la estación de parto y la paridad fueron significativas y aumentan las probabilidades de que los calostros presenten menor concentración de IgG (Tabla 5). Específicamente, las vacas con partos en verano y las de segunda parición aumentan 2,22 y 1,53 veces las probabilidades de que un calostro tenga menor concentración de IgG que las vacas que paren en las otras estaciones del año y que las de primera, y 3 o más pariciones respectivamente. Asimismo, se observa una tendencia a que los calostros producidos por vacas que permanecen más de 12 h con el ternero tengan 2,19 más probabilidades de obtener un calostro de menor concentración de Ig y sólidos totales que los producidos por vacas que permanecen menos de 12 h con su cría (Tabla 5).

Tabla 5. Regresión logística multivariable y binaria de factores de riesgo inherentes al calostro que presentan asociación con la concentración de IgG de los calostros producidos por vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay.

Factor	Nivel	Estimador	ES ¹	OR ²	IC 95% (LI;LS) ³	P-Valor
Intercepto		-3,17	0,393			<0,01
Estación de parto	Verano	1,17	0,458	3,22	1,32 - 7,91	0,001
Paridad	2do parto	0,93	0,462	2,53	1,02 - 6,26	0,045
Producción 1er ordeño	más de 6 L	0,38	0,459	1,47	0,60 - 3,61	0,404
Horas con la madre	más de 12 h	1,16	0,393	3,19	0,85 - 16,24	0,085

¹ES= Error estándar. ²OR= Odds Ratio. ³Intervalo de confianza (Límite Inferior y Límite Superior). $P < 0.05$ indican significancia estadística y $0,05 > P > 0,1$ indican tendencia.

En la tabla 6 se presentan los factores de riesgo vinculados al manejo de los 32 predios de la cuenca lechera sur de Uruguay que tienen repercusión sobre la calidad del calostro. Se observa que el ambiente de parición presentó significancia estadística y que cuando las vacas paren al aire libre presentan 4,69 más probabilidades de producir calostros de menor concentración que aquellas que lo hacen en condiciones de resguardo o bajo techo. Otro factor de manejo que presenta relevancia es la utilización de sales aniónicas en la dieta preparto, donde se observó que la no utilización de sales aniónicas en la dieta del preparto aumenta 2,19 veces las probabilidades de que las vacas produzcan calostros con baja concentración de IgG. Asimismo, la realización del preparto de las vacas multíparas y primíparas de manera conjunta resultó significativo estadísticamente (0,050) y a su vez se observa como un factor protector (OR <1).

Otros factores de manejo como la administración de alimentos por separado, no realizar un correcto manejo sanitario durante el preparto (vacunación) presentaron tendencia en afectar la concentración de IgG en los calostros producidos por las vacas lecheras en esas condiciones, presentando 1,91 y 2,64 más posibilidades de producir calostros de baja concentración de IgG (Tabla 6).

Tabla 6. Regresión logística multivariable y binaria de factores de riesgo inherentes al manejo del predio que presenten asociación con la concentración de IgG de los calostros producidos por vacas lecheras de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay.

Factor	Nivel	Estimador	ES ¹	OR ²	IC 95% (LI;LS) ³	P-Valor
Intercepto		-3,58	0,621			<0,01
Ambiente de parición	Aire Libre	1,74	0,676	5,69	1,51 - 8,37	0,010
Preparto de VS y VQ⁴	Junto	-1,37	0,706	0,25	0,64 - 1,01	0,050
Suministro de dieta	Alim Sep ⁵	1,07	0,621	2,91	0,86 - 9,84	0,086
Manejo Sanitario	No realiza	1,29	0,763	3,64	0,82 - 6,24	0,090
Sales aniónicas	No utiliza	1,61	0,550	3,19	1,10 - 9,31	0,034

¹ES= Error estándar. ²OR= Odds Ratio. ³Intervalo de confianza (Límite Inferior y Límite Superior). ⁴VS= Vacas secas y VQ= Vaquillonas. ⁵Alim Sep= Alimentaos por separado. $P < 0.05$ indican significancia estadística y $0,05 > P > 0,1$ indican tendencia.

DISCUSIÓN

Según Nardone, Lacetera, Bernabucci, y Ronchi (1997) la proporción de proteína, grasa, lactosa y sólidos totales en el calostro de las vacas Holando es de 16,6%, 6%, 3,2% y 25,8% respectivamente. Dichos porcentajes se asemejan a los resultados obtenidos en nuestro trabajo. Christiansen et al. (2010), por su parte, reportaron un promedio de grasa de 6,7%. Cabe destacar la importancia que tiene el contenido graso en el calostro como fuente de energía para los terneros neonatos (Godden, 2008). Si bien no se encontró en la bibliografía relación directa del porcentaje de grasa con la concentración de IgG en el calostro, es de esperar que un calostro de buena calidad debería cumplir con un porcentaje de grasa similar al mencionado en la literatura. Morrill et al. (2012) por su parte, describen una relación positiva entre la cantidad de sólidos y proteínas totales con la concentración de inmunoglobulinas, principalmente la IgG. Con respecto al contenido de lactosa, está ampliamente descrito en la literatura, que es un componente que determina el volumen de la leche por ser osmóticamente muy activo. A pesar de que en nuestro trabajo no se estudió la relación entre la cantidad de lactosa y concentración de IgG en el calostro, se podría esperar que calostros con mayor % de lactosa, produzcan mayor volumen de calostro, por lo tanto, un mayor efecto de dilución de las IgG en la glándula mamaria (Pritchett et al., 1991).

Del total de las muestras tomadas en nuestro estudio, un alto porcentaje de las mismas revelaron altas concentraciones de IgG (g/L), siendo el 87,8% superior al mínimo recomendado a nivel internacional (>50 g/L; Godden, 2008), y el 12,2% se encontraron por debajo de este valor. El porcentaje de muestras de baja calidad (12,2%) obtenidas en nuestro trabajo fueron considerablemente menores a los obtenidos en el estudio de Phipps et al. (2017) donde el número de muestras de calostro analizadas fue similar ($n=240$), pero el 77% del total de los calostros estudiados fue de baja calidad. Sin embargo, Barry et al. (2019) y Reschke et al. (2017), presentan resultados similares a los obtenidos en nuestro trabajo, tanto en el número de calostros analizados ($n=250$ y $n=373$ respectivamente), como en el resultado, ya que observaron que la proporción de calostros considerados de buena calidad fue del 79% y 84,5% respectivamente. Por otra parte, Dunn et al. (2017) obtuvieron calostros de buena calidad (56%), aunque el número de muestras analizadas fue superior ($n=1239$).

En este trabajo se planteó que el refractómetro Brix es una herramienta confiable para determinar la concentración de IgG del calostro bovino, dado que la medición de sólidos totales presentes en el calostro brinda un valor altamente correlacionado con la concentración de IgG, tal como mencionan Morrill et al., 2012. Está ampliamente aceptado en la literatura que, para determinar un calostro de buena calidad, este debe superar los 18 % Brix (Morrill et al., 2015).

Según los resultados que se obtuvieron en este trabajo, se destaca que la concentración de IgG en los calostros de vacas que parieron en otoño es mayor que la concentración de IgG de los calostros de vacas que paren en verano. Esto podría deberse a las mejores condiciones en los prepartos en el otoño, principalmente ausencia de barro debido a que generalmente el nivel de precipitaciones aún es bajo y a un menor estrés por calor que en el verano.

Estos resultados son consistentes con los del análisis de riesgo realizados en este trabajo, donde los calostros de vacas paridas en verano y en condiciones ambientales desfavorables (presencia de barro, carencia de resguardo) presentan mayor riesgo de producir calostros de baja calidad. Contrariamente a nuestro resultado, Pritchett et al. (1991) mencionan que la estación de partos no influye significativamente en la concentración de IgG (g/L) calostrado. Gulliksen et al. (2008), observaron que las vacas que paren en los meses de invierno presentaban concentraciones de IgG (g/L) significativamente más bajas que las vacas que parían en otras estaciones del año, y que al igual que lo observado en nuestro trabajo, los autores observaron que las vacas que paren en los meses de otoño produjeron calostros de mayor calidad en comparación con otras estaciones del año.

En nuestro trabajo se observó que la cantidad de partos de las vacas sería un factor importante en la calidad del calostro, contrariamente a lo mencionado por Tyler et al. (1999). Al igual que Gulliksen et al. (2008), se observó que las vacas de segunda paridad producían calostros de calidad inferior que las vacas primíparas y las vacas más viejas. Además, Denholm et al. (2017) destaca resultados similares a los de nuestro trabajo, haciendo referencia a vacas de mayor edad relacionadas con calostros con mayor % Brix. Por su parte, Devery-Pocius y Larson (1983) contrariamente a lo observado en nuestro trabajo, mencionan que las vacas de primer parto producen un calostro con menor concentración de IgG, siendo las de segunda parición las que presentan la mayor concentración de IgG, sin reportar una explicación para este hallazgo. La menor concentración de IgG en los calostros de segunda lactancia observado en nuestro trabajo podría estar explicado por lo mencionado por Phipps et al. (2017), quienes mencionan que las vacas de segunda paridad producen un mayor volumen de calostro diluido que las primíparas, y que la mayor concentración en vacas de mayores lactancias, podría deberse a que las vacas más viejas al estar expuestas a antígenos durante más tiempo a lo largo de su vida que las vacas más jóvenes, producen calostros con mayores niveles de anticuerpos.

En referencia al intervalo entre el parto y separación de la madre, observamos que es un factor que determina la calidad del calostro obtenido, siendo mayor la concentración de IgG en las muestras de calostro obtenidas de vacas que permanecen menos de 12 h con su ternero. Se utilizó esta variable para el análisis de la concentración ya que está directamente relacionado con el tiempo que se demora en ordeñar por primera vez a la vaca para obtener el calostro. Según Phipps et al. (2017), el factor que más influye en la calidad del calostro es el intervalo entre el parto y la recolección del mismo, donde mencionan que el calostro colectado de vacas con hasta 12 horas después del parto tenía 6 veces más probabilidades de ser de alta calidad en comparación con el calostro recolectado más tarde.

En cuanto a los factores de riesgo inherentes al calostro que en nuestro estudio demostraron mayor relevancia, como era esperable, se encontró que la paridad de las vacas incidiera en la concentración de IgG en el calostro tal como mencionan varios autores (Gulliksen et al., 2008; Denholm et al., 2017), y coinciden con los resultados obtenidos en nuestro estudio en el análisis de la concentración de IgG según la paridad de las vacas que lo producen. De acuerdo

a lo que se encontró en la bibliografía, se podía esperar una relación inversa entre el volumen de calostro producido en el primer ordeño y la concentración de IgG tal como mencionan varios autores (Morin et al., 2001; Morrill et al., 2012) dado por un efecto de dilución. En nuestro estudio este factor no presentó significancia estadística, siendo este hallazgo similar a lo reportado por Pritchett et al. (1991), Maunsell et al. (1998) y Kehoe et al. (2011) donde no encontraron relación alguna entre estas dos variables.

Como era esperable, nuestro estudio mostró que aquellos predios que no realizan un manejo sanitario de las vacas secas y pre parto, presenta un efecto negativo en la calidad del calostro. Este resultado es coincidente con Godden (2008) en lo que refiere al impacto favorable que tiene la inmunización de las vacas pre parto sobre la concentración de IgG en el calostro. Además, Denholm et al. (2017) reportó mayores % Brix en calostros de vacas que recibían inmunizaciones pre parto contra diarreas neonatales de terneros.

Acorde a lo esperado, en el análisis se mostró que las pariciones al aire libre, donde no hay un control de las condiciones en el pre-parto, tienen un impacto negativo en la calidad del calostro. Está demostrado en la bibliografía que ambientes hostiles con presencia de barro predispone a cuadros de mastitis que repercuten negativamente en la calidad del calostro. Según Gulliksen et al. (2008) cuando los RCS son mayores a 50.000 cel/mL, la calidad del calostro podría verse disminuida. Asimismo, Maunsell et al. (1998) también estudiaron que el volumen de calostro y la concentración de IgG eran menores en vacas con glándulas mamarias persistentemente infectadas que en vacas con glándulas no infectadas.

Por otra parte, está fuertemente descrito en la literatura científica la importancia que tienen las sales aniónicas en el pre parto de las vacas lecheras en la prevención de la hipocalcemia. Nuestro trabajo evidenció que en aquellos predios donde no se utilizaban sales aniónicas, las muestras de calostros tenían mayor riesgo de ser de calidad inferior. Este indicador de utilización de sales aniónicas puede estar también relacionado indirectamente con el correcto manejo de la nutrición, ya que por lo general en los predios que utilizan sales aniónicas tiene un correcto manejo de la nutrición y las dietas utilizadas en la alimentación de las vacas durante el período seco y preparto.

En relación a uno de los puntos más importantes de este trabajo como es la determinación de la concentración de IgG en el calostro de vacas lecheras de tambos del Uruguay, es importante destacar que nuestros resultados mostraron semejanza o superioridad con los resultados obtenidos por otros autores en la literatura científica a nivel internacional, como Reschke et al. (2017) y Barry et al. (2019). Como fue mencionado anteriormente, la calidad del calostro está determinada mayormente por la concentración de IgG y es uno de los factores que incide directamente en el éxito de la transferencia de inmunidad pasiva de los terneros.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que un 87,2% de las muestras de calostros analizadas obtenidas en tambos de la cuenca lechera sur del Uruguay presentaron una calidad aceptable o superior específicamente en referencia a la concentración de IgG (>50 g/L).

Los principales factores de riesgo asociados a la vaca productora del calostro y al manejo del calostro propiamente dicho, con mayor significancia estadística y más importantes son la estación de parto y la paridad, mientras que los factores asociados al manejo del predio son el ambiente de parición y la utilización de sales aniónicas en el parto, en su mayoría son factores vinculados mayormente a las condiciones del ambiente y del manejo en general de los partos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Artym, J., y Zimecki, M. (2005). The role of lactoferrin in the proper development of newborns. *Advances in Hygiene and Experimental Medicine*, 59, 421-432.
- Bagwe, S., Tharappel, L.J.P., Kaur, G., y Buttar, H.S. (2015). Bovine colostrum: an emerging nutraceutical. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 12, 175-185.
- Barrington, G.M., y Parish, S.M. (2001). Bovine neonatal immunology. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 17(3), 463-476.
- Beam, A., Lombard, J., Koprál, C., Garber, L., Winter, A., Hicks, J., y Schlater, J. (2009). Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3973-3980.
- Berge, A.C.B., Besser, T.E., Moore, D.A., y Sischo, W.M., (2009). Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of preweaned calves. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 286-295.
- Berry, E.A., Hogeveen, H., y Hillerton, J.E. (2004). Decision tree analysis to evaluate dry cow strategies under UK conditions. *Journal of Dairy Research*, 71(4), 409-418.
- Bielmann, V., Gilan, J., Perkins, N., Skidmore, A., Godden, S., y Leslie, K. (2010). An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3713-3721.
- Blum, J.W., Hadorn, U., Sallmann, H.P., y Schuep, W. (1997). Delaying colostrum intake by one day impairs plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and alpha-tocopherol status in neonatal calves. *Journal of Nutrition*, 127(10), 2024-2029.
- Caffarena, D., Casaux, M.L., Schild, C., Fraga, M., Castells, M., Rodney, C., y Corbellini, L.G. (2021). Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture based dairy herds in Uruguay: a farm matched case control study. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(2), 977-988.
- Casas, M., y Canto, F. (2015). *Cómo evaluar la calidad del calostro y la inmunidad de las terneras*. Recuperado de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/61-calidad_calostro.pdf. Fecha de consulta: 10/08/2023.
- Christiansen, S., Guoa, M., y Kjeldenb, D. (2010). Chemical composition and nutrient profile of the low molecular weight fraction of bovine colostrum. *International Dairy Journal*, 20(9), 630-636.

- Claeys, W., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., y Herman, L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42,188-201.
- Conneely, M., Berry, D.P., Murphy, J.P., Lorenz, I., Doherty, M.L., y Kennedy, E. (2014). Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6991-7000.
- Cummins, C., Lorenz, I., y Kennedy, E. (2016). Short communication: The effect of storage conditions over time on bovine colostrum immunoglobulin G concentration, bacteria, and pH. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4857-4863.
- Davis, C.L., y Drackley, J.K. (1998). *The development, nutrition, and management of the young calf*. Ames: Iowa State University.
- De Luca, L.J. (2006). *La vaca seca, importancia del período de transición en la salud post - parto de las vacas de alta producción*. Recuperado de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/93-vaca_seca.pdf. Fecha de consulta: 12/08/23.
- Denholm, K., Hunnam, J., Cuttance, E., y McDougall, S. (2017). Associations between management practices and colostrum quality on New Zealand dairy farms. *New Zealand Veterinary Journal*, 65(5), 257-263.
- Devery-Pocius, J.E. y Larson, B.L. (1983). Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *Journal of Dairy Science* 66(2), 221-226.
- Domínguez, E., Perez, M.D., y Calvo, M. (1997). Effect of heat treatment on the antigen-binding activity of anti-peroxidase immunoglobulins in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 80, 3182-3187.
- Drackley, J.K. (2011). The other side of the transition: Effects on colostrum and calf. En *Tri-State Dairy Nutrition Conference* (pp. 71-77). Fort-Wayne: Michigan University.
- Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., y Morrison, S.J. (2017). Evaluation of factors associated with immunoglobulin G, fat, protein, and lactose concentrations in bovine colostrum and colostrum management practices in grassland-based dairy systems in Northern Ireland. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2068-2079.

- Elizondo-Salazar, J.A., y Heinrichs, A.J. (2009). Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *Journal of Dairy Science*, 7(92), 3265-3273.
- Faber, S.N., Faber, N.E., McCauley, T.C., y Ax, R.L. (2005). Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Professional Animal Scientist*, 21(5), 420-425.
- Fischer, A.J., Song, Y., He, Z., Haines, D.M., Guan, L.L., y Steele, M.A. (2018). Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3099-3109.
- Fleenor, W.A., y Stott, G.H. (1980). Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 63(6), 973-977.
- Gapper, L.W., Copestake, D.E., Otter, D.E., y Indyk, H.E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389(1), 93-109.
- Geiger, A.J. (2020). Colostrum: back to basics with immunoglobulins. *Journal of Animal Science*, 98(1), S126-S132.
- Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 24(1), 19-39.
- Godden, S.M., Lombard, J.E., y Woolums, A.R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 35(3), 535-556.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Solverod, L., y Osteras, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(2), 704-712.
- Haiwen, Z., Rui, H., Bingxi, Z., Qingfeng, G., Jifeng, Z., Xuemei, W., y Beibei, W., (2019). Oral administration of bovine lactoferrin-derived lactoferricin (Lfcin) B could attenuate enterohemorrhagic Escherichia coli O157: H7 induced intestinal disease through improving intestinal barrier function and microbiota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(14), 3932-3945.
- Hernandez-Castellano, L.E., Almeida, A.M., Ventosa, M., Coelho, A.V., Castro, N., y Argüello, A. (2014). The effect of colostrum intake on blood plasma proteome profile in newborn lambs: low abundance proteins. *BMC Veterinary Research*, 10(85), 1-9.

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2022). *Sistema de Información de Antecedentes, Uruguay*. Recuperado de: <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-einnovaci%C3%B3n/programasnacionales-de-investigaci%C3%B3n/Programa-Nacional-de-Investigaci%C3%B3n-en-Producci%C3%B3n-de-Leche/Antecedentes>
- Instituto Nacional de la Leche. (2021). Recuperado de <https://www.inale.org/uruguay-lechero/f>
- James, R.E., Polan, C.E., y Cummins, K.A. (1981). Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of [iodine-125] γ -globulin in vivo by intestinal segments of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 64(1), 52-61.
- Jochims, K., Kaup, F.J., Drommer, W., y Pickel, M. (1994). An immunoelectron microscopic investigation of colostral IgG absorption across the intestine of newborn calves. *Research in Veterinary Science*, 57(1), 75-80.
- Kehoe, S.I., Heinrichs, A.J., Moody, M.L., Jones, C.M., y Long, M.R. (2007). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrums. *Professional Animal Scientists*, 27(3), 176-180.
- Kehoe, S.I., Heinrichs, A.J., Moody, M.L., Jones, C.M., y Long, M.R. (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum¹. *Journal of Animal Science*, 27(3), 176-180.
- La Manna, A., Román, L., Bravo, R., y Aguilar, I. (2014). *Estrés térmico en vacas lecheras: con sombra y bienestar las vacas producen más*. Revista INIA, (39), 34-39.
- Larson, B.L., Heary Jr, H.L., y Devery, J.E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 63(4), 665-671.
- Lawrence, K., Broerse, N., Hine, N., Yapura, J., y Tulley, W.J. (2017). Prevalence of failure of passive transfer of maternal antibodies in dairy calves in the Manawatu region of New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 65(1), 1-5.
- Le Jan, C. (1996). Cellular components of mammary secretions and neonatal immunity: a review. *Veterinary Research*, 27(4-5), 403-417.
- Lombard, J., Urie, N., Garry, F., Godden, S., Quigley, J., y Earleywine, T. (2020). Consensus recommendations on calf – and herd – level passive immunity in dairy calves in de United States. *Journal of Dairy Science*, 103, 7611-24.

- Lucey, J.A., y Horne, D.S. (2009). Milk salts: technological significance. En P. McSweeney, y P.F. Fox (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry Lactose, Water, Salts and Minor Constituents* (Vol. 3, pp. 351–389). New York: Springer.
- MacFarlane, J.A., Grove-White, D.H., Royal, M.D., y Smith, R.F. (2015). Identification and quantification of factors affecting neonatal immunological transfer in dairy calves in the UK. *Veterinary Record*, 176(24), 625-631.
- Maunsell, F.P., Morin, D.E., Constable, P.D., Hurley, W.L., McCoy, G.C., Kakoma, I., y Isaacson, R.E. (1998). Effects of Mastitis on the Volume and Composition of Colostrum Produced by Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1291-1299.
- McGuirk, S.M., y Collins, M. (2004). Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 20(3), 593-603.
- Mendoza, A., Acosta, Y., Román, L., Pla, M., y La Manna, A. (2014). Manejo de la recría en los tambos: Aportes desde INIA. *Revista INIA*, (37), 32-35.
- Mendoza, A., Caffarena, D., Fariña, S., y Morales, T. (2017). *Manejo del calostrado en el ternero neonato: Herramientas para una crianza más saludable y eficiente*. Montevideo: INIA.
- Mills, S., Ross, R., Hill, C., Fitzgerald, G., y Stanton, C. (2011). Milk intelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *International Dairy Journal*, 21(6), 377-401.
- Moore, M., Tyler, J.W., Chigerwe, M., Dawes, M.E., y Middleton, J.R. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(8), 1375-1377.
- Morales, R., y Ramírez, J. (2014). *Optimización de la crianza de hembras de reemplazo de lechería*. Osorno: INIA.
- Morin, D.E., Constable, P.D., Maunsell, F.P., y McCoy, G.C. (2001). Factors Associated with Colostral Specific Gravity in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84(4), 937-943.
- Morin, D.E., McCoy, G.C., y Hurley, W.L. (1997). Effects of quality, quantity, timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *Journal of Dairy Science*, 80(4), 747-753.
- Morrill, K.M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., y Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3997-4005.

- Morrill, K., Robertson, K., Spring, M., Robinson, A.L., y Tyler, H. (2015). Validating a refractometer to evaluate immunoglobulin G concentration in Jersey colostrum and the effect of multiple freeze–thaw cycles on evaluating colostrum quality. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 595-601.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., y Ronchi, B. (1997). Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 838-844.
- National Animal Health Monitoring System. (1993). *Transfer of maternal immunity to calves. National Dairy Heifer Evaluation Project*. USDA, APHIS, Veterinary Services. Recuperado de https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/ndhep/NDHEP_Immunity
- Niyazbekova, Z., Yao, X.T., Liu, M.J., Bold, N., Tong, J.Z., Chang, J.J., Wen, Y., Li, L., Wang, Y., Chen, D.K., y Ma, W.T. (2020). Compositional and functional comparisons of the microbiota in the colostrum and mature milk of dairy goats. *Animals* 10(11), 1955.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2019). *Estadísticas del sector lácteo*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2021). *Estadísticas del sector lácteo*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Estadísticas del sector lácteo*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Pastorini, M., Pomiés, N., Amaro, N., Cresci, G., Larregui, V., Imelio, M.J., y Mendoza, A. (2023). Determinación de la falla de transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay y su asociación con el método de calostrado. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XX, pp. 287-289). Paysandú: CMVP.
- Penchev, I. (2008). Differences in chemical composition between cow colostrum and milk. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 11(1), 3–12.
- Phipps, A.J., Beggs, D.S., Murray, A.J., Mansell, P.D., y Pyman, M.F. (2017). Factors associated with colostrum immunoglobulin G concentration in northern- Victorian dairy cows. *Australian Veterinary Journal*, 95(7), 237-243.
- Playford, R.J. y Weiser, M.J. (2021). Bovine colostrum: its constituents and uses. *Nutrients*, 13(1), 265.

- Pritchett, L.C., Gay, C.C., Besser, T.E., y Hancock, D.D. (1991). Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 74(7), 2336-2341.
- Puppel, K., Gołebiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, M., Solarczyk, P., y Przysucha, T. (2019). Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals*, 9(12), 1070.
- Quigley, J.D., Martin, K.R., y Dowlen, H.H. (1995). Concentrations of trypsin inhibitor and immunoglobulins in colostrum of jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 78(7), 1573-1577.
- Robison, J.D., Stott, G.H., y DeNise, S.K. (1988). Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *Journal of Dairy Science*, 71(5), 1283-1287.
- Roth, J. A., y Smith, R. A. (2004). Inmunología. *The Veterinary Clinics of North America*, 17.
- Schild, C. (2017). *Estimación de la tasa de mortalidad anual de terneros y caracterización de los sistemas de crianza en establecimientos lecheros de Uruguay* (Tesis de Maestría). Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo.
- Schild, C.O., Caffarena, R.D., Gil, A., Sánchez, J., Riet-Correa, F., y Giannitti, F. (2020). A survey of management practices that influence calf welfare and an estimation of the annual calf mortality risk in pastured dairy herds in Uruguay. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9418–9429.
- Shearer, J., Mohammed, H.O., Brenneman, J.S, y Tran, T.Q. (1992). Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking postcalving. *Preventive Veterinary Medicine*, 14(1-2), 143-154.
- Silva, R., y Armand Ugón, P. (2001). Calostrado y mortalidad en terneros de tambo durante el periodo de cría. *Veterinaria (Montevideo)*, 36, 142-143.
- Stabel, J.R., Bradner, L., Robbe-Austerman, S., y Beitz, D.C. (2014). Clinical disease and stage of lactation influence shedding of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis into milk and colostrum of naturally infected dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6296-6304.
- Stewart, S., Godden, S., Bey, R., Rapnicki, P., Fetrow, J., Farnsworth, R., y Ferrouillet, C. (2005). Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage and feeding of fresh bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2571-2578.
- Szyndler-Nędza, M., Mucha, A., y Tyra, M. (2020). The effect of colostrum lactose content on growth performance of piglets from Polish Large White and Polish Landrace sows. *Livestock Science*, 234, 103997.

- Trotz-Williams, L.A., Leslie, K.E., y Peregrine, A.S. (2008). Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 3840-3849.
- Tyler, J.W., Steevens, B.J., Hostetler, D.E., Holle, J.M., y Denbigh Jr, J.L. (1999). Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *American Journal of Veterinary Research*, 60(9), 1136-1139.
- Weaver, D., Tyler, D., Vanmetre, D., Hostetler, D., y Barrington, G. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6), 569-577.
- Zwierzchowski, G., Micinski, J., Wojcik, R., y Nowakowski, J. (2020). Colostrum-supplemented transition milk positively affects serum biochemical parameters, humoral immunity indicators and the growth performance of calves. *Livestock Science*, 234, 103976.