

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CALOSTRO PRODUCIDO POR VACAS
LECHERAS CON BAJOS Y ALTOS RECuentOS DE CÉLULAS SOMÁTICAS AL
MOMENTO DEL SECADO.**

por

**Camila BONAUDI GÓMEZ
María Clara CAFFERA LARRIERA**

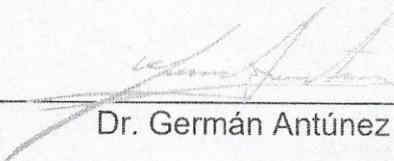
TESIS DE GRADO presentada como
uno de los requisitos para obtener el
título de Doctor en Ciencias
Veterinarias Orientación: Producción
animal.

MODALIDAD: Ensayo experimental.

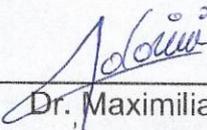
**MONTEVIDEO
URUGUAY
2021**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa:


Dr. Germán Antúnez

Segundo miembro (tutor):


Dr. Maximiliano Pastorini

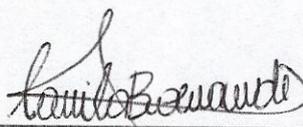
Tercer miembro:

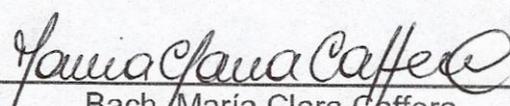

Dr. Uruguaysito Benavides

Fecha:

16 de julio de 2021

Autoras:


Bach. Camila Bonaudi


Bach. María Clara Caffera

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de la República y Facultad de Veterinaria por permitirnos llevar adelante nuestra formación académica.

A nuestro tutor Dr. Maximiliano Pastorini por darnos la posibilidad de realizar nuestro trabajo de Tesis de grado, por su apoyo, paciencia y dedicación.

A nuestra familia por el apoyo incondicional, esfuerzo y afecto recibido durante toda la carrera.

A nuestros amigos y compañeros que formaron parte y fueron partícipes de todo este proceso de formación profesional, gracias por las experiencias y conocimientos compartidos.

A todos los que de una manera u otra colaboraron con el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS:	3
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMEN:	7
SUMMARY:	8
INTRODUCCIÓN:	9
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:	11
<i>Producción lechera en ROU:</i>	11
Caracterización de la cría en los sistemas lecheros:	12
Importancia del calostrado en los terneros recién nacidos:	13
Composición del calostro bovino:	14
Determinación de la calidad del calostro:	16
Principales factores que afectan la calidad del calostro bovino:	18
Importancia de la mastitis y su relación con la calidad de calostro y la TIP:	21
HIPÓTESIS:	24
OBJETIVO GENERAL:	25
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	25
MATERIALES Y MÉTODOS:	26
Estrategia de investigación y animales a utilizar:	26
Manejo de los animales:	26
Mediciones y determinaciones:	27
Análisis estadístico:	28
RESULTADOS:	29

DISCUSIÓN:	33
CONCLUSIÓN:	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	37

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 14
TABLA 2 29
TABLA 3 30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 31
FIGURA 2 31
FIGURA 3 32

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue comparar la producción y la calidad del calostro producido por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento del secado, desde el punto de vista composicional y de la concentración de Inmunoglobulina G. Para ello, fueron seleccionadas del rodeo del Campo Experimental N° 2 – Libertad de la Facultad de Veterinaria, 40 vacas multíparas de razas lecheras. En función del recuento de células somáticas en los últimos tres meses previos al secado fueron asignadas a 2 grupos de 20 vacas. El primer grupo presentó recuentos de células somáticas en los tres meses previos al secado por debajo de 200.000 células somáticas/mL (Tratamiento **VBR** = vacas con bajos recuentos de células somáticas), y el segundo grupo presentó recuentos de células somáticas en los tres meses previos al secado por encima de 200.000 células somáticas/mL (Tratamiento **VAR** = vacas con altos recuentos de células somáticas). Posteriormente al parto el ternero neonato fue retirado de su madre con el fin de evitar que ingiriera calostro directamente de la ubre y la vaca fue ordeñada antes de las 6 horas post parto. De esta manera, se obtuvieron dos grupos de calostros, un grupo de 20 calostros producidos por vacas del tratamiento VBR y otro grupo de 20 calostros producidos por las vacas del tratamiento VAR. Se determinó la producción de calostro al primer ordeño posparto, composición (grasa, proteína y lactosa), concentración de inmunoglobulina G (por inmunodifusión Radial – RID) y sólidos totales por refractometría digital (% Brix). No hubo diferencias significativas en la producción de calostro entre ambos grupos de vacas (5,11 kg vs. 5,32 kg VAR y VBR respectivamente EEM = 0,53). En relación a la calidad composicional, se observó un mayor porcentaje de proteína (14,2% vs. 17,9%, VAR y VBR respectivamente; EEM = 0,54; $P < 0,01$) y de sólidos totales (23,1% vs. 27,5% VAR y VBR respectivamente; EEM = 0,59; $P < 0,01$) en los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR en comparación con los producidos por las vacas del tratamiento VAR, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la producción de grasa y lactosa. Se observó que la concentración de inmunoglobulina G en los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR fue mayor respecto a los producidos por las vacas del tratamiento VAR (74,7 g/L vs. 92,8 g/L respectivamente; EEM = 4,42; $P < 0,01$). De la misma forma, la concentración de sólidos totales expresada en % Brix de los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR fueron mayores a los producidos por las vacas del tratamiento VAR (22,7 vs. 25,9 % Brix respectivamente; EEM = 0,79; $P < 0,01$). A partir de los resultados obtenidos se concluye que los altos recuentos de células somáticas al momento del secado influyen negativamente en la calidad del calostro producido al parto tanto en la composición como en la concentración de Inmunoglobulina G.

SUMMARY

The aim of this work was to compare the production and quality of colostrum produced by dairy cows with low and high somatic cell counts at drying off, from the compositional point of view and the concentration of Immunoglobulin G. Forty multiparous dairy cows from the dairy herd of the experimental farm (Campo Experimental N° 2- Libertad) of Facultad de Veterinaria were selected according to somatic cell count in the last three months before drying-off and assigned into 2 groups of 20 cows each. The first group had somatic cell counts in the three months before drying-off below 200,000 somatic cells / mL (VBR Treatment = cows with low somatic cell counts), and the second group had somatic cell counts in the previous three months upon drying above 200,000 somatic cells / mL (Treatment VAR = cows with high somatic cell counts). Immediately after parturition, the calf was separated from her mother to prevent colostrum ingestion directly, and cows were milked before 6 hours after partum. In this way, two groups of colostrum were obtained, one group of 20 colostrum produced by cows from the VBR treatment and another group of 20 colostrum produced by the cows from the VAR treatment. Colostrum production was determined at the first postpartum milking, composition (fat, protein and lactose), immunoglobulin G concentration (by Radial Immunodiffusion - RID), and total solids by digital refractometry (% Brix). There were no significant differences in colostrum production between both groups of cows (5.11 kg vs. 5.32 kg VAR and VBR respectively SEM = 0.53). Regarding compositional quality, it was noticed a higher percentage of protein (14.2% vs. 17.9%, VAR and VBR respectively; SEM = 0.54; P <0.01) and total solids (23, 1% vs. 27.5% VAR and VBR respectively; SEM = 0.59; P <0.01) in the colostrum produced by the cows of the VBR treatment compared to those produced by the cows of the VAR treatment, however, no significant differences were observed between treatments in the production of fat and lactose. It was observed that the concentration of immunoglobulin G in the colostrum produced by the cows of the VBR treatment was higher compared to those produced by the cows of the VAR treatment (74.7 g / L vs. 92.8 g / L respectively; SEM = 4, 42; P <0.01), and for the concentration of total solids expressed in % Brix it was observed that the colostrum produced by the cows of the VBR treatment presented higher % Brix than those produced by the cows of the VAR treatment (22.7 vs. 25.9 respectively; SEM = 0.79; P <0.01). From the results obtained, it is concluded that the high somatic cell counts at the drying off period could negatively influence the quality of the colostrum produced at delivery, both in the composition and in the concentration of Immunoglobulin G.

INTRODUCCIÓN

Los terneros nacen desprovistos de inmunidad (agammaglobulinemicos) como consecuencia del tipo de placenta de los rumiantes, por lo tanto, su supervivencia depende casi por completo de la absorción de inmunoglobulinas (Ig) maternas provenientes del calostro a través del intestino delgado. La absorción de Ig durante las primeras 24 horas después del nacimiento es denominada transferencia de inmunidad pasiva (TIP) y ayuda a proteger al neonato contra organismos patógenos comunes hasta que su propio sistema inmunológico inmaduro se vuelve funcional (Weaver, Tyler, Vanmetre, Hostetler y Barrington, 2000). Lograr una TIP exitosa dependerá de factores como la cantidad, la calidad del calostro y del momento en que este es consumido por el ternero. Los terneros lecheros recién nacidos reciben habitualmente calostro fresco a través del amamantamiento directamente de sus madres u otros medios, como el calostrado artificial durante los primeros días de vida (Godden, 2008).

Se denomina calostro a la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto. Está constituido por una mezcla de secreciones lácteas y constituyentes del suero sanguíneo en particular inmunoglobulinas y otras proteínas séricas, que se acumulan en la glándula mamaria durante las 3 semanas previas al parto (Larson et al., 1977). Además del rol inmunitario, dentro de los componentes del calostro se destacan factores de crecimiento, hormonas, citocinas, factores antimicrobianos no específicos y nutrientes como carbohidratos, grasas y proteínas, los cuales son esenciales como combustibles metabólicos al recién nacido (NRC, 2001). La energía aportada por la grasa y la lactosa en el calostro es fundamental para la termogénesis y la regulación de la temperatura corporal, facilitando así la supervivencia del neonato (Foley y Otterby, 1978; Przybylska, Albera y Kankofer, 2007).

Lograr una ingesta temprana y adecuada de calostro de alta calidad es ampliamente reconocido como el factor de manejo más importante para determinar la salud y supervivencia del neonato (Weaver et al., 2000; McGuirk y Collins, 2004). Se considera que el calostro es de buena calidad y es capaz de proveer inmunidad a los terneros neonatos cuando presenta una concentración de IgG superior a 50 g/L (McGuirk y Collins, 2004).

A pesar de los beneficios para la salud y nutrición, el calostro es una fuente temprana de exposición a patógenos microbianos. Estos microorganismos presentes en el calostro provienen de múltiples fuentes, incluida la secreción de la glándula mamaria, contaminación durante el ordeño, alimentación, o proliferación bacteriana en el calostro almacenado (Fecteau, Baillargeon, Higgins, Paré y Fortin, 2002; McGuirk y Collins, 2004; Stewart et al., 2005). Algunos estudios han informado que altas concentraciones de bacterias en el calostro pueden estar asociadas con una disminución de la absorción de inmunoglobulinas a nivel intestinal, contribuyendo así al fracaso de la TIP (James, Polan, y Cummins 1981; Poulson, Hartmann, y McGuirk, 2002).

Además de la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad antes del destete, existen beneficios adicionales a largo plazo asociados con una TIP exitosa. Se ha reportado que por cada miligramo de Ig detectado / mL de sangre a las 24 h de edad, la producción de leche aumentó en 8.5 kg cuando esos terneros se convirtieron en hembras lecheras, a su vez la producción de leche en la primera lactancia es proporcional al volumen de calostro que reciben los terneros recién nacidos (Robison, DeNise y Stott, 1988).

Diversos factores como la raza (Godden, 2008; Phipps, Beggs, Murray, Mansell y Pyman, 2017), la edad y paridad (Tyler, Steevens, Hostetler, Holle, y Denbigh Jr, 1999; Morrill et al., 2012a), duración del período seco (Rastani, Grummer, y Bertics, 2005; Van Kneysel, van der Drift, Cermáková, y Kemp, 2013), manejo nutricional y sanitario en el parto (Godden, Lombard, y Woolums 2019), estrés calórico (Nardone, Lacetera, Bernabucci, y Ronchi, 1997; Monteiro, Tao, Thompson y Dahl, 2014), horas hasta la colecta (Quigley, Lago, Chapman, Erickson y Polo, 2013; MacFarlane, Grove-White, Royal y Smith, 2015), contaminación microbiana (James et al., 1981; Godden et al., 2019), mastitis (Maunsell et al., 1998; Ferdowsi et al., 2010), entre otros, afectan tanto la cantidad como la concentración de IgG presente en el mismo.

A pesar que la literatura es clara en cómo lograr una óptima TIP, diversos relevamientos realizados a nivel mundial para evaluar el grado de TIP logrado en tambos, reportaron una prevalencia de terneros con falla en la TIP de entre 10% y 40% (MacFarlane et al., 2015; Barry et al., 2019). Algo similar sucede con la calidad del calostro producido, donde Dunn et al. (2017) reportaron que entre el 15 y 44% de las muestras analizadas en su trabajo no llegaban al mínimo de concentración de IgG para considerarlas de buena calidad. En la misma línea, Morrill et al. (2012) en un relevamiento donde estudiaron la concentración de IgG calostrual en 21 granjas observaron que el 44% contenía <50 mg / mL de IgG y, por lo tanto, se consideró insatisfactorio en términos de calidad.

A nivel nacional, si bien la información al respecto es escasa, Silva y Armand Ugon (2001) reportan en un estudio de caso que el 20,4% de los terneros analizados presentaron falla en la TIP (FTIP). Asimismo, Caffarena et al. (2021) reportan que el 47,4% de los terneros analizados presentaban FTIP. Si bien estos datos involucran un número reducido tanto de tambos como de terneros, y si agregamos que el porcentaje de mortalidad en el predestete ronda en el 15,2% (Schild, Caffarena, Gil, Sánchez, Riet-Correa y Giannitti et al., 2020) podemos inferir que el proceso de TIP es un problema a resolver en nuestros sistemas de producción lechera.

Tampoco hay información a nivel nacional sobre la calidad del calostro utilizado, los factores que la determinan, ni cómo éstos podrían afectar la TIP. Sí se conoce que la mastitis es uno de los factores que afecta la calidad del calostro y que es un problema endémico del rodeo nacional (Giannechini, Concha, Rivero, Delucci y Moreno-López, 2002a). Aunque varios autores sugieren que existiría una asociación entre la mastitis y calostros de baja calidad la información al respecto es limitada y no hay reportes de que exista una asociación directa entre estos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Producción lechera en ROU

La producción lechera en Uruguay durante el 2019 fue de 2.191 millones de litros, siendo la remisión a industrias lecheras el principal destino, representando el 84% de la producción (DIEA, 2019). A su vez, se estima que el 70% de la leche industrializada tiene como finalidad la exportación, dejando de esta manera a Uruguay como el 7° país exportador de leche a nivel mundial y a la lechería como el sector agropecuario de mayor ingreso de exportaciones por hectárea, con una facturación total de US\$ 654.903.735 (INALE, 2019). A su vez, de acuerdo a la información del DIEA (2019), en el ejercicio 2018/19 los establecimientos lecheros con actividad comercial alcanzaron los 3.423 y la base productiva ocupó 762 mil hectáreas, generándose un aumento del 1% respecto al 2018.

Si bien puede afirmarse que hay sistemas de producción lechera en todos los departamentos, San José, Colonia y Florida son los que acumulan el 63,3% del total (2.176) que representa el 59% de la superficie total destinada a la lechería (Estadísticas del Sector Lácteo 2019 o DIEA, 2019). Asimismo, en cuanto al tamaño de los establecimientos, en el 2019 y al igual que los años anteriores, la mayor parte de los tambos (72,6%) están ubicados en predios menores a 200 hectáreas (DIEA, 2019).

En resumen, el período 2018/2019 culminó con descensos de un 2% tanto en la producción total anual como en la remisión a planta con respecto al período 2017/2018. A su vez, el número de productores y los litros/año/ha disminuyeron en un 7,2% y 1,2% respectivamente entre el año 2018 y 2019. Sin embargo, la disminución más importante es la del stock del ganado lechero que tiene el valor más bajo desde 2014/2015 con un total de 759 miles de cabezas en 2019 representando una disminución del 4,4% en relación al 2018. Sin embargo, en cuanto a la estructura del rodeo, un 56% se compone por vaca masa (**VM**) y dentro de éstas un 74% en condición de vacas en ordeño (**VO**), siendo estos dos valores superiores a los del 2018 (DIEA, 2020).

Los indicadores de productividad, producción de litros/VM/año y la relación VO/VM, tuvieron un incremento 3,2% y 2% respectivamente en relación al año 2018. También se destaca un importante aumento del 6,8% en el número de VO por establecimiento y del 1,2% litros/VO/día, siendo de los más altos que la DIEA lleva registros (DIEA, 2019).

Estos aumentos en los indicadores de productividad en cada establecimiento, junto con la disminución de productores y la disminución del stock lechero, reflejan que en los sistemas de producción lechera se están tomando decisiones en dirección a la intensificación de los procesos productivos, que se traducen en un aumento de producción de leche individual y por hectárea VM. Los procesos de intensificación traen aparejados desafíos productivos, reproductivos y sanitarios, donde las pérdidas reproductivas y mortalidades durante el ciclo productivo incluyendo el período de cría, pueden tener un gran impacto (Schild, 2017). En esta misma dirección Gulliksen, Lie y Østerås (2009) afirma que realizar una cría y recría

eficiente y saludable es esencial para mantener o aumentar los vientres de reposición y por ende, la productividad.

Caracterización de la cría en los sistemas lecheros

A pesar de la importancia socioeconómica que tiene el rubro lechero en el país, y de la importancia que tiene la cría y la recría en la productividad del sector lechero, existen pocos estudios en Uruguay sobre la tasa de mortalidad durante la cría y recría, sobre cuáles son los momentos donde ocurren las mayores pérdidas, problemas sanitarios más frecuentes o sobre la caracterización de los sistemas de crianza más prevalentes en el país.

Desde algunas horas antes del parto hasta los 30 días de vida del ternero es el período más crítico para la sobrevivencia de los terneros, ya que durante los mismos pueden producirse importantes pérdidas de terneros si la crianza se realiza en condiciones sub-óptimas (McGuirk, 2008, Gulliksen et al., 2009). La supervivencia de los terneros en el periodo de crianza es multifactorial, ya que depende del ambiente, manejo, nutrición, estado inmunitario y sanitario de los mismos (McGuirk, 2008; Mee 2008).

A nivel nacional Meikle (2016) en un trabajo donde se estimó la tasa de mortalidad de terneros, reporta una tasa de mortalidad perinatal de 4,2% a 4,6% y una mortalidad general en guacheras que varió de 8,9% a 11%. Más recientemente, en un estudio más completo sobre mortalidad en la etapa de crianza, identificación de sintomatología previa a la mortandad y caracterización de los sistemas de cría realizado por Schild en 2017, en el cual se aplicó una encuesta en 255 tambos, el autor estimó que la tasa de mortalidad perinatal (0-2 días) alcanzó el 8,4%, la mortalidad en la crianza (3-70 días) fue de 13,7% y una mortalidad total (0-70 días) de 17%.

En relación a los tipos de alojamientos utilizados de los sistemas de crianza, sólo un 36% realiza la cría de manera individual, un 12% de manera grupal y un 52% combina ambos sistemas (mixtos). Dentro de los alojamientos individuales, son más frecuentes los del tipo a estaca al aire libre (86%) y los sistemas techados solo representan un 11%. Esta situación es más evidente en los sistemas de cría grupales donde casi el 100% de los productores utilizan corrales comunitarios al aire libre (Schild et al., 2020).

En lo que refiere al manejo del calostro, solamente en el 4.8% de los predios lecheros se le administraba calostro de manera artificial y sistemática a todos los terneros, mientras que en el 95.2% restante los terneros toman calostro directamente de la ubre de sus madres (Schild et al., 2020). A los terneros calostrados artificialmente, se les asigna en promedio una dosis de 3,4 L de calostro y el 81,7% de ellos administraba el calostro al ternero neonato antes de las 6 h de vida y el 18,3% entre las 6 y 12 h de vida. Asimismo, el 58,3% de los 20 productores que realizaban calostro artificial monitoreaban la calidad de calostro (38,8% por observación directa y 19,5 por refractómetro o lactodensímetro) (Schild et al., 2020).

Con respecto al almacenaje y preservación del calostro, solamente 19 productores realizan banco de calostro, guardando las muestras predominantemente de manera individual, siendo la refrigeración el método utilizado en el 72% de los casos (Schild et al., 2020).

De los 20 predios que calostraban artificialmente a todos los terneros, solo el 31,6% controlaba si el proceso de TIP, había sido exitoso o no, a través del análisis de suero sanguíneo por refractometría. Estos reportan, que presentan una falla en la TIP de entre 10 y 30% de los terneros calostrados (Schild et al., 2020).

A modo de resumen, en base a la información planteada anteriormente, se sugiere que existe una importante falla en el manejo del calostrado en los tambos de Uruguay y sería de esperar que exista una amplia proporción de terneros con niveles inadecuados de TIP, posiblemente explicando los altos niveles de mortalidad en la crianza. Estos resultados son importantes ya que la supervivencia y salud de los terneros durante la cría tienen impacto directo sobre su posterior etapa de recría y en las futuras lactancias, ya que estas terneras serán las futuras hembras lecheras de los predios. Por este motivo, queremos resaltar la importancia de esta categoría en las explotaciones lecheras.

Importancia del calostrado en los terneros recién nacidos

La placenta de los rumiantes es del tipo sindesmocorial cotiledoniana, debido a esto es que no hay pasaje de inmunoglobulinas maternas al feto durante la gestación (Arthur, 1996), por lo tanto, los terneros nacen desprovistos de anticuerpos siendo altamente susceptibles a la adquisición de enfermedades infecto-contagiosas. McGuirk y Collins (2004) afirman que la ingesta de calostro materno por parte del neonato constituye la principal fuente de anticuerpos, teniendo un rol fundamental para las primeras exposiciones del ternero con los agentes patógenos. A este pasaje de inmunidad de la madre al ternero se le denomina TIP.

Se define calostro a la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto y está constituido por una mezcla de secreciones lácteas y constituyentes del suero sanguíneo como proteínas, principalmente inmunoglobulinas. El mismo se produce 3 a 4 semanas antes del parto, durante el período seco, mediante un proceso denominado calostrogénesis bajo la acción de hormonas lactogénicas, como la prolactina, y cesa abruptamente en el parto (Godden, 2008).

El calostro de mejor calidad es el obtenido en el primer ordeño destacándose por tener una mayor concentración de inmunoglobulinas respecto a la leche (6% vs. 0,09% respectivamente; Hammon, Zanker y Blum, 2000). Dentro de las inmunoglobulinas totales, el 85 a 90% está representado específicamente por IgG, siendo la IgG₁ el 80 a 90% del total de las IgG (Godden, 2008).

Además de proporcionar inmunidad, la ingesta de calostro tiene otras ventajas tanto en la salud como en la vida productiva del ternero, constituyendo una rica fuente de energía debido a su alto contenido de grasa y proteína (NRC, 2001) lo cual es fundamental para la supervivencia del ternero en las primeras horas de vida. Blum y Hammon (2000) afirman que al contener componentes con actividad antimicrobiana

(lactoferrina y lactoperoxidasa) y hormonas (IGF₁ e insulina) el calostro estimula el desarrollo de la mucosa gastrointestinal. Asimismo, Furman-Fratczak, Rzasa y Stefaniak (2011) reportaron mayores ganancias de peso en la recría y Faber et al. (2005) reportan una mayor producción en la primera lactancia en terneras que lograron una adecuada TIP.

Aunque el calostro contiene un amplio espectro de otros componentes importantes, la relación entre las concentraciones de IgG y la salud del ternero es lo determinante; por lo tanto, la concentración de IgG en el calostro se considera el sello distintivo para evaluar la calidad del calostro (Godden, 2008), entendiendo entonces como calostro bovino de buena calidad aquel calostro que presenta una concentración de al menos 50 g/L de IgG (McGuirk y Collins, 2004). Es así que obtener un calostro de calidad adecuada y lograr una correcta TIP del ternero neonato es determinante para lograr el correcto desarrollo y desempeño productivo posterior de estos animales.

Composición del calostro bovino

La composición del calostro es similar a la de la sangre (Georgiev et al., 2008) y difiere significativamente a la leche en cuanto a sus propiedades físico químicas (acidez y color) (Christiansen, Guoa y Kjeldenb, 2010). Según Lach (2009), el calostro bovino contiene más materia seca, minerales, proteínas y vitaminas liposolubles en comparación con la leche. Las sustancias activas del calostro provienen directamente de la sangre, por ejemplo, IgG, somatotropina, prolactina, insulina y glucagón. Otros no nutrientes se producen localmente en la ubre a partir de los lactocitos y el estroma (Georgiev et al., 2008).

Los principales cambios de composición entre el calostro y la leche normal ocurren en los primeros ordeñes luego del parto; y continúan en menor medida por aproximadamente 5 semanas (Mendoza, Caffarena, Fariña y Morales, 2017).

Tabla 1. Composición química del calostro y de la leche bovino con el transcurso de los sucesivos 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
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: elaborado en base a Christiansen et al., 2010.

Christiansen et al. (2010) afirma que estas diferencias en la composición entre el calostro y la leche permiten comprender y explicar las diferentes funciones biológicas de cada uno (Tabla 1), y a medida que pasan las horas post nacimiento disminuye su valor biológico y nutritivo.

El calostro obtenido en el primer ordeño luego del parto tiene mayor concentración de proteínas totales que la leche, destacándose una concentración muy alta de inmunoglobulinas, particularmente de IgG. La concentración de IgG en el calostro puede llegar a ser hasta 66 veces mayor que la existente en la leche (Swan et al., 2007).

Según Ontsouka, Bruckmaier y Blum (2003) el cambio más significativo ocurre en el contenido de proteína que se reduce más de la mitad en el tercer ordeño posparto en comparación con los valores iniciales. Esto se debe principalmente a la fuerte disminución de las inmunoglobulinas, cuya concentración fue máxima en el primer ordeño.

Las proteínas del calostro, presentan importantes propiedades biológicas, cumpliendo el rol de facilitar la asimilación de nutrientes, mientras que los péptidos influyen potencialmente en el crecimiento y diferenciación de varios tejidos neonatales (Talukder, Takeuchi y Harada, 2002). También se necesitan grandes cantidades de aminoácidos para la rápida acumulación de proteínas que se produce independientemente de la acumulación de IgG en el tracto digestivo (Davis y Drackley, 2002). Además, el calostro contiene un grupo de proteínas (lisozima, lactoferrina y lactoperoxidasa) que son muy significantes en su función bacteriostática y germicida (Godden et al., 2019).

El ternero recién nacido nace con relativamente pocas reservas de energía, y los lípidos comprenden solo el 3% del peso corporal. Gran parte de este contenido de lípidos es estructural y no contribuye a las necesidades energéticas del ternero. Los terneros recién nacidos dependen de los lípidos y la lactosa del calostro materno tanto para actuar como fuentes de energía para la termogénesis y el mantenimiento de la temperatura corporal (Morrill, 2012a), como para promover su desarrollo muscular (Quigley y Drewry, 1998; El-Fattah, Rabo, El-Dieb y El-Kashef, 2012; Wasowska y Puppel, 2018). La proteína es el tercer componente del calostro que puede ser utilizado como fuente de energía, aunque es más importante como fuente de aminoácidos (Geay, 1984).

Durante los primeros cuatro ordeños posparto, la proteína total disminuye mientras que la lactosa y caseína aumenta (Ontsouka et al., 2003). La lactosa es el carbohidrato más importante del calostro ya que es utilizado como primera fuente de energía por el neonato (Claeys et al., 2014). La lactosa, compuesta por glucosa y galactosa, juega un rol fundamental en el correcto desarrollo de los mamíferos recién nacidos, ya que es una fuente importante de energía indispensable para órganos vitales como el corazón, hígado y riñones. A su vez, también estimula las funciones de la médula espinal y las células nerviosas del cerebro (Ficocchi et al., 2003).

El calostro bovino también contiene componentes con una concentración inferior a 1 mg/mL (componentes traza). Se trata de diversas proteínas, enzimas, inhibidores de enzimas, hormonas, factores de crecimiento, vitaminas, macro y oligoelementos. A pesar de sus bajas concentraciones, los oligoelementos son fisiológicamente importantes tanto para la protección local de la ubre como para el crecimiento y desarrollo de los recién nacidos (Georgiev et al., 2008).

De los factores de crecimiento, el calostro bovino es el más rico en IGF-1 e IGF-2, especialmente en las primeras porciones. Estos factores, junto con la insulina, juegan un papel crucial en el control del crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal. (Georgiev et al., 2008). **En cuanto** a las vitaminas, son tanto liposolubles (A, D, E y K) como hidrosolubles (complejo B: tiamina, riboflavina, piridoxina, cobalamina, niacina, biotina, ácido pantoténico, ácido fólico, ácido nicotínico y colina (McGrath, Fox, McSweeney y Kelly, 2016). Se ha reportado que los contenidos de vitamina A y E disminuyen logarítmicamente durante los primeros 4 días posparto (Parrish, Wise y Hughes 1947; Parrish, Wise, Atkeson y Hughes, 1949). Junto con compuestos de magnesio y zinc, las vitaminas juegan un rol fundamental en el apoyo de los mecanismos de defensa de los terneros para crear su propia inmunidad contra posteriores infecciones.

Por último Harmon (1994), menciona que cambios composicionales en el calostro pueden ser causados por la inflamación de la glándula mamaria que resulta de la introducción y multiplicación de microorganismos patógenos.

Determinación de la calidad del calostro

Se han desarrollado diferentes técnicas para medir la calidad del calostro, existiendo métodos directos que permiten determinar la concentración de IgG, dentro de los cuales se encuentra la inmunodifusión radial (RID), considerado la técnica de referencia para la determinación de IgG en el calostro y suero bovino (Bielmann et al., 2010) y el ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), el cual es similar a RID en términos de precisión (Weaver et. al., 2000).

La inmunodifusión radial, es considerada el método estándar de oro ya que es la más exacta para evaluar el contenido de inmunoglobulinas en el calostro (Bielmann et al., 2010). Su fundamento es utilizar anticuerpos anti-inmunoglobulinas específicas bovinas que reaccionan con el suero problema formando un anillo de precipitación, cuyo diámetro es proporcional a la cantidad de inmunoglobulinas presentes (Leyton, 2007). Dentro de sus principales ventajas la prueba presenta alta sensibilidad y especificidad, sin embargo, presenta ciertas desventajas como el tiempo que requiere para obtener resultados (18 a 24 horas) y su elevado costo (Bielmann et al., 2010). Además, cabe destacar que es una técnica propensa a errores en el análisis presentando una mala precisión cuantitativa (Leyton, 2007).

La técnica de ELISA es utilizada para la detección cualitativa y cuantitativa de antígenos. Su fundamento también se basa en una interacción antígeno (IgG bovina) – anticuerpo, y su detección y cuantificación se hacen a través de una medición colorimétrica del complejo anticuerpo – enzima conjugado y en la interpolación con una curva estándar (Leyton, 2007). Es una técnica muy similar a la inmunodifusión

radial en términos de exactitud, pero su mayor ventaja frente a ésta es que presenta un menor costo (Weaver et. al., 2000).

Los métodos de laboratorio, si bien son directos y precisos resultan demasiado complejos y caros para un uso rutinario a nivel de campo, por lo tanto, se vuelve indispensable la existencia de métodos indirectos que sean rápidos, precisos y económicos para identificar calostros de calidad (Bielmann et al., 2010). Dentro de los métodos indirectos más comunes para medir la calidad del calostro a campo se encuentran la apreciación visual, el calostrómetro, y la refractometría.

En primera instancia, al momento de la obtención del calostro podemos realizar un análisis subjetivo de la calidad a partir de la apreciación visual. Un calostro de buena calidad debería ser cremoso, homogéneo, de color amarillo intenso y sin presencia de sangre o grumos (Mendoza et al., 2017). Teniendo en cuenta que la información en la literatura científica es acotada acerca de la apreciación visual, es necesario realizar mediciones objetivas como la densidad relativa y la refractometría del calostro para determinar la calidad del mismo.

La densidad relativa se determina con el uso de un calostrómetro. Este es un aparato sencillo que estima la densidad del calostro por su peso específico, cuantificando así indirectamente el nivel de inmunoglobulinas presentes (Campos et. al., 2007). El calostrómetro se encuentra calibrado en intervalos de 5 mg/mL y presenta una escala colorimétrica, donde se clasifica al calostro en: pobre (rojo) para concentraciones menores a 22 mg/mL; moderado (amarillo) para concentraciones entre 22 y 50 mg/mL; y excelente (verde) para concentraciones mayores a 50 mg/mL (Fleener y Stott, 1980; Shearer et al., 1992).

A pesar de que el calostrómetro es uno de los métodos más comunes para evaluar la calidad del calostro, su lectura depende altamente de la temperatura del calostro, por lo tanto, debe realizarse cuando este se encuentra a una temperatura ambiente entre 20 y 25°C para evitar sobre y sub estimaciones (Mechor, Grohn y Van Saun, 1991). Asimismo, las lecturas son afectadas por el contenido de sólidos totales presentes en el calostro y la gravedad específica puede variar dependiendo de la raza, mes de parto y parición (Morrill et. al., 2012a). Se considera que un calostro de alta calidad (concentración de IgG > 50g/L) tiene una densidad relativa mayor a 1,050 medida a 20°C (Fleener y Stott, 1980; Morin, Constable, Maunsell y McCoy, 2001).

La refractometría es un método de análisis óptico de sustancias que mide el índice de refracción de la misma para determinar sus principales características. Se fundamenta en el hecho de que la luz, al pasar de un medio a otro, experimenta un cambio de dirección que depende de la naturaleza de estos medios (Mc Beath Penhale y Logan, 1971). Existen refractómetros digitales y ópticos que miden el contenido de sólidos totales de una solución, y expresan el resultado como un índice refractivo de la muestra en % Brix. En el calostro materno la medición de sólidos totales presentes brinda un valor que está altamente correlacionado con la concentración de IgG, ya que la misma predomina dentro de las proteínas totales del calostro (Morrill et. al., 2012b).

Existen ciertas ventajas de la utilización del refractómetro frente a otros métodos indirectos, como por ejemplo su bajo costo, rapidez de análisis, fácil utilización y sobretodo se destaca por presentar una menor sensibilidad frente a la variación de temperatura del calostro (Quigley et. al., 2013). El punto de corte que se corresponde con concentraciones de IgG mayores de 50 g/L sería de 22% Brix para la raza Holando, y de 18% Brix para la raza Jersey (Bielmann et al., 2010; Quigley, 2013; Morrill, Robertson, Spring, Robinson y Tyler, 2015; Løkke, Engelbrecht y Wiking, 2016).

Principales factores que afectan la calidad del calostro bovino

La calidad del calostro es variable, y esa variabilidad está explicada por factores individuales y ambientales: paridad, temporada del año, raza, duración del período seco, inmunización de la vaca pre parto y colecta tardía del calostro, entre otros (McGrath et al., 2016; Kuczaj, Jakińcza, Korczyński, Janik-Dubowiecka y Tatys, 2004; Silva-del-Río et al., 2017; Wasowska y Puppel, 2018).

En primer lugar, la mayoría de los estudios reportan una tendencia a que a mayor edad y mayor paridad la concentración de Ig en el calostro es mayor (Muller y Ellinger, 1981; Tyler, Steevens, Hostetler, Holle y Denbigh, 1999; Morrill et al., 2012a). Donovan, Badinga, Collier, Wilcox y Braun, (1986) reportaron que el aumento de la concentración de inmunoglobulinas es debido al aumento en la exposición a diferentes antígenos y mayor incidencia de diferentes enfermedades.

La edad de la vaca también constituye un factor condicionante en las propiedades del calostro (Donovan et al., 1986; Weaver et al., 2000; Morrill et al., 2012a). Cambios significativos ocurren en la producción de calostro de las vacas a lo largo de sus lactancias. Vacas multíparas producen calostro con mayores concentraciones de materia seca, proteínas séricas y totales, incluyendo inmunoglobulinas. Las vacas primíparas tienen los menores niveles de inmunoglobulinas mientras que los más altos son alcanzados entre la 3 y la 5 lactancia. (Gulinski, Młynek y Giersz, 2006; Morrill et al., 2012a; McGrath et al., 2016).

El impacto que tienen las enfermedades tanto sistémicas como propias de la glándula mamaria sobre la calidad del calostro, no ha sido definido con certeza. Sin embargo, la información frecuentemente reportada es que enfermedades de la glándula mamaria, acidosis crónica y cetosis reducen los niveles de inmunoglobulinas del calostro bajando su calidad. Vacas con inflamación de la glándula mamaria producen calostro con una menor proporción de inhibidor de la tripsina, lo que limita la asimilación de inmunoglobulinas para los terneros (Puppel et al., 2019). Vacas con mastitis clínica producen una menor cantidad de calostro y una menor masa total de IgG (Maunsell et al., 1998), teniendo como consecuencia una menor inmunidad pasiva lograda en el ternero (Ferdowski et al., 2010).

En cuanto al volumen, existe una tendencia a que a mayor volumen de calostro producido al primer ordeño, menor será la concentración de IgG debido principalmente a un efecto dilución (Kehoe, Heinrichs, Moody, Jones y Long, 2007). Silva-del-Río et al. (2017) también reportaron que la concentración de inmunoglobulinas desciende cuando la producción de calostro pasa de baja a alta (<

3 kg y > 6 kg respectivamente). Sin embargo, la masa de inmunoglobulinas transferidas al calostro no aparenta estar relacionada con el tamaño de la glándula mamaria (Baumrucker, Burkett, Magliaro-Macrina y Dechow, 2010).

El efecto dilución también sería responsable junto a las diferencias genéticas de que vacas Holstein producirían calostro con menor cantidad o concentración de inmunoglobulinas que las vacas Jersey (Muller y Ellinger, 1981; Phipps et al., 2017).

En relación a la concentración de la mayoría de los componentes del calostro, es mayor en el primer ordeño post parto y su concentración va disminuyendo en los siguientes ordeños hasta alcanzar los valores normales de la leche aproximadamente en el sexto ordeño (Foley y Otterby, 1978). MacFarlane et al. (2015) observaron una relación negativa entre la concentración de sólidos totales en muestras de calostro con el tiempo de colecta posparto de las muestras. Por cada hora que se demore entre el parto y la colecta del calostro la concentración de sólidos totales disminuye 0,28 unidades Brix. Conneely et al., (2013) afirma que la concentración de IgG disminuye 1.1% por cada hora posparto.

La calidad higiénica del calostro también es un factor muy importante, ya que distintas bacterias presentes en el mismo pueden afectar la absorción de IgG a nivel intestinal y causar enfermedades a los terneros (James et al., 1981). Las bacterias pueden unirse a los receptores no específicos en los enterocitos de los terneros recién nacidos, por lo tanto, la absorción de Ig disminuye (Staley y Bush, 1985). Ferdowsi et al. (2010) presumen que el aumento del RCS calostrado, interferirá con la salud intestinal, la funcionalidad, y la capacidad de absorción de IgG y, por lo tanto, deprimirá la transferencia inmune pasiva temprana a pesar de la ingesta adecuada de calostro. Es recomendable que el calostro tenga un recuento bacteriano y de coliformes totales menor a 100.000 y 10.000 UFC/mL respectivamente (McGuirk y Collins, 2004). Adicionalmente, el calostro puede ser una fuente de microorganismos patógenos causantes de diversas enfermedades para el ternero, entre ellos bacterias como *Escherichia coli* o *Mycobacterium avium paratuberculosis* (Godden, 2008).

Algunos autores afirman que el efecto rodeo es el de mayor impacto en la composición del calostro. El efecto rodeo es entendido como la intensidad de alimentación y las condiciones en que las vacas son mantenidas previo al momento del parto, siendo muy importante en lo que respecta la calidad del calostro producido (Kehoe et al., 2007; Wasowska y Puppel, 2018). Sin embargo, Drackley et al. (2011) reportaron que dentro del rango de dietas típicas usadas en el preparto, y mientras estas cubran los requerimientos de las vacas alimentadas con la misma, es poco probable que la nutrición tenga un efecto marcado sobre la concentración de IgG en el calostro.

El período seco es un momento clave en lo que refiere a calidad de calostro, ya que durante el mismo sucede el proceso de calostrogénesis y se da la recuperación del epitelio de la glándula mamaria. La duración del mismo tiene impacto tanto en la calidad como en la cantidad del calostro producido. Las vacas que tuvieron un período seco con una duración entre 28 y 56 días no presentaron diferencias en la concentración de IgG del calostro producido (Rastani et al., 2005). Sin embargo,

vacas con duración del período seco excesivamente cortos (menos de 21 días) o sin período seco producen calostro con concentraciones de IgG significativamente menores (Rastani et al., 2005; Van Knegsel et al., 2013). Es por esto, que es de suma importancia que el período seco no dure menos de 3 semanas, durante las cuales es aconsejable la vacunación de las vacas gestantes, pudiendo de esta manera aumentar la concentración calostrual de anticuerpos contra patógenos causantes de enfermedades en las primeras semanas de vida (Godden, 2008). Estudios han demostrado que niveles más altos de grasa y proteína del calostro fueron alcanzados en aquellas vacas que tuvieron un período seco que duró 4 semanas, mientras que los niveles más altos de lactosa se vieron en vacas que tuvieron un período seco de 2 semanas pre parto (Kuczaj et al., 2014).

Otro factor importante, hace referencia al estrés calórico, ya que la concentración de IgG en calostro de vacas que padecieron estrés calórico en el parto es menor que en las vacas que no sufrieron estrés (Nardone et al., 1997; Monteiro et al., 2014). En estrecha relación al estrés calórico se encuentra la estación de parición, donde se observa que las vacas que paren en las estaciones del año con mayor temperatura ambiente presentan calostros de menor calidad y menor concentración de IgG que el calostro de vacas paridas en estaciones del año más frías (Dunn et al., 2017).

Denholm, Hunnam, Cuttance y McDougall, (2017) reportaron que los abortos influyen negativamente en la calidad del calostro. En la misma línea, Szulc y Zachwieja (1998), afirman que partos dificultosos pueden tener un impacto negativo en la calidad y cantidad de calostro, y también disminuir el pasaje de inmunidad en los terneros. Asimismo, vacas a las que se le ha practicado cesárea, pueden tener afectada la cantidad y calidad del calostro producido, e incluso pueden llegar a detener completamente su producción (Kuczaj et al., 2004).

Finalmente, el manejo del calostro posterior a la colecta puede ser determinante, ya que si no se realiza correctamente puede afectar negativamente la calidad del mismo. Se debe tener particular cuidado en coleccionar y manipular calostro en recipientes limpios y desinfectados, para minimizar la contaminación bacteriana.

En los sistemas de calostrado artificial es de utilidad almacenar el calostro refrigerado o congelado para su posterior uso. En este caso es recomendable medir la calidad del calostro de forma de almacenar individualmente sólo calostro de buena calidad (Mendoza et al. 2017). El calostro se puede refrigerar a 4°C (Cummins, Lorenz y Kennedy, 2016) o congelar entre -18°C y -20°C (Puppel et al., 2019). Godden (2008), afirma que si bien la concentración de IgG en calostro refrigerado en heladera permanece estable hasta por 1 semana, el recuento bacteriano total puede alcanzar valores inaceptables a los 2 días de refrigeración. Sin embargo, el calostro puede conservarse congelado hasta por 1 año, siempre que no hayan ocurrido procesos de descongelado en el medio. Para su uso se debe descongelar a baño María a no más de 60 °C de temperatura, ya que de otro modo puede ocurrir la desnaturalización de la IgG (Godden, 2008).

La pasteurización es una herramienta que puede ser útil para reducir la contaminación bacteriana del calostro previo a su almacenamiento. Para evitar

riesgos de desnaturalización de la IgG y cambios en la fluidez del calostro, la pasteurización debería hacerse a 60 °C por 60 minutos (Godden et al., 2006). Si se almacena en un recipiente cubierto limpio, el calostro refrigerado pasteurizado puede alcanzar los 8 a 10 días de vida útil (Bey et al., 2007). Elizondo-Salazar y Heinrichs, (2009) demostraron que al utilizar calostro pasteurizado se produce una mayor absorción aparente de inmunoglobulinas, en comparación con animales alimentados con calostro sin pasteurizar. Siguiendo la misma línea, Cummins, Berry, Murphy, Lorenz y Kennedy, (2017) reportaron que almacenarlo en condiciones más cálidas afecta significativamente tanto al recuento bacteriano total como su pH y que calostros almacenados a mayor temperatura tienen mínimo 42 veces más de recuento bacteriano y resultan en sueros con 2 veces menos de inmunoglobulinas en comparación a calostros pasteurizados o almacenados a 4°C por 2 días.

Importancia de la mastitis y su relación con la calidad de calostro y la TIP:

Definimos a la mastitis como la inflamación de la glándula mamaria caracterizada por un aumento en el recuento de células somáticas (RCS) en la leche y por cambios patológicos en los tejidos mamaros (IDF, 1987). Ruegg y Reinemann (2002) afirman que RCS mayores a 200.000 CS/mL son indicativos de inflamación de la glándula mamaria.

En cuanto a los factores que se consideran responsables de la mastitis, Philpot (2001) adjudicó los siguientes porcentajes: 47% manejo, 25% alojamiento y ambiente, 20% genética y 6% maquinaria de ordeño, reafirmando con estos resultados que se trata de una enfermedad multifactorial que no implica solamente al animal y el tipo de microorganismo. La etiología de la mastitis pueden ser agentes infecciosos y sus toxinas, traumas y productos químicos irritantes (NMC, 1996), pero indudablemente la invasión y multiplicación bacteriana es considerada la causa más frecuente (Bramley et al., 1996).

A nivel nacional, la mastitis bovina es una enfermedad endémica del rodeo lechero, siendo el *Staphylococcus aureus* el microorganismo más prevalente causante de mastitis tanto subclínica como clínica, tendiente a la cronicidad y de baja tasa de curación (Giannechini et al., 2002a; De Torres et al., 2014; Giannechini et al., 2014, Larumbe y Vidart, 2016).

Existen dos momentos críticos en el ciclo productivo de la vaca lechera, donde son más susceptibles a contraer infección en la glándula mamaria los cuales son el secado y el período de transición (Smith, Todhunter y Schoenberger, 1985) debido al deterioro de los mecanismos de defensa de la glándula mamaria en esos momentos (Oliver y Sordillo, 1988). La mayoría de los casos en que las vacas lecheras se enferman de mastitis durante el período seco, esta infección persiste de manera subclínica hasta el parto e incluso hasta la lactancia temprana (Smith et al., 1985), por lo tanto, frecuentemente se estaría viendo afectado el proceso de calostrogénesis el cual ocurre durante las dos últimas semanas del período seco (Maunsell et al., 1998).

Son pocos los trabajos científicos disponibles que estudiaron la relación que existe entre la inflamación de la glándula mamaria y calidad del calostro producido. Entre

ellos se destaca en trabajo de Gulliksen, Lie, Sølverød y Østeras, (2008), en donde los autores informaron que un recuento de células somáticas (RCS) de más de 50.000 células/mL fue el único factor que resultó significativo para la producción de calostro con baja concentración de IgG (menos de 30 mg/mL). En el mismo sentido, Maunsell et al. (1998) mencionan que las vacas con infección intramamaria persistente durante el período seco producen menor volumen de calostro, menor masa total de IgG₁ y menor proteína, presentando mayores RCS y mayor pH.

Resultados similares observaron Ferdowsi et al. (2010), quienes reportan que existe una asociación entre los incrementos de RCS en el calostro con una menor concentración de IgG en suero sanguíneo de las madres al parto, y observaron una tendencia lineal de que a mayor RCS en calostro menor concentración de IgG en terneros a las 3 h de haber ingerido el calostro. Morrill et al. (2012a) reportan que en un relevamiento de 67 tambos, recolectaron y analizaron más de 800 muestras de calostro y observaron que todas las muestras con concentración de IgG menores a 25 mg/mL tenían RCS mayores a 400.000 cél/mL. Asimismo, Kehoe et al. (2007) reportaron que tambos con un promedio de RCS <200.000 el mes anterior al muestreo de calostro presentaron mayor concentración de IgG₂ en comparación con los tambos con RCS >200.000 (7,27 frente a 5,15 mg/mL).

Como fue mencionado anteriormente, son varios los factores que afectan la calidad del calostro y entre ellos encontramos la contaminación bacteriana (James et al., 1981; McGuirk y Collins, 2004; Godden, 2008), y la mastitis (Kehoe et al., 2007; Gulliksen et al., 2008; Ferdowsi et al., 2010; Morrill et al., 2012a). En Uruguay estos dos factores son importantes ya que la mastitis es una enfermedad endémica que produce grandes pérdidas económicas (Giannechini, Parietti y De María, 2002b) y según información reportada por Conaprole sobre muestras de tanque de la leche remitida a planta se observa que el promedio de RCS de tanque es de 286.000 células/mL y que solo un 53% de los productores remitentes presentan RCS de tanque menores a 300.000 células/mL, y además un 37% de las muestras se encuentran entre 300.000 y 400.000 cel/mL (Ponce de León, 2017). Asimismo, Pereira, Cruz, Rupprechter y Meikle, (2017) realizaron un trabajo que consistió en un monitoreo de registros sanitarios y reproductivos realizado entre Marzo de 2016 y Febrero de 2017 en 13 predios lecheros ubicados en el departamento de Florida-Uruguay, y observaron que el 41% de las vacas tuvieron un primer caso de mastitis en dicho período, por lo que los casos de mastitis clínica presumiblemente podrían ser superiores, y además reportaron que solamente 2 tambos presentaron RCS en tanque por debajo de 300 mil cel/mL durante todo el año.

Si bien estos datos sugieren que existiría una asociación entre la mastitis y calostros de baja calidad (menor concentración de IgG y/o mayor recuento bacteriano), la información al respecto es limitada y no se ha reportado asociación directa entre estos. En función a la información recién expuesta sobre Uruguay y considerando que está bien aceptado en la literatura que vacas lecheras con RCS por encima de 200 mil cel/mL se pueden considerar con inflamación de la glándula mamaria (Ruegg y Reinemann, 2002), podríamos suponer que la inflamación de la glándula mamaria es un problema importante en el rodeo lechero y esto podría tener algún tipo de incidencia en la producción de calostro de baja calidad, pudiendo afectar en

alguna medida el proceso de transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos.

HIPÓTESIS:

Vacas lecheras con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado producirán un calostro con mayor concentración de inmunoglobulina G y de mejor calidad que el calostro producido por vacas con altos recuentos de células somáticas.

OBJETIVO GENERAL:

Conocer la producción de calostro, la concentración de Inmunoglobulina G, y la composición del calostro producido por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento del secado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Evaluar la producción (kg) y la composición del calostro producido por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento del secado.

Evaluar la concentración de Inmunoglobulina G por diferentes métodos en el calostro producido por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento del secado.

Evaluar la correlación entre los diferentes métodos utilizados para determinar la concentración de Inmunoglobulina G en los calostros producidos por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento del secado.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El experimento se realizó en el Campo Experimental N° 2 – Libertad, de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República, ubicado en el km 42,200 de la ruta Nacional N° 1, en la zona de Libertad en el Departamento de San José, Uruguay (34° S y 55° O). Los análisis de composición química del calostro se realizaron en el laboratorio de calidad de leche del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – La Estanzuela. Los análisis de Radioinmunodifusión se realizaron en el laboratorio del campo experimental N° 2 – Libertad de la Facultad de Veterinaria. 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.

Estrategia de investigación y animales a utilizar:

Se seleccionaron del rodeo lechero existente en el campo experimental de la Facultad de Veterinaria 40 vacas de razas lecheras, multíparas, preñadas y que estuvieran próximas a la fecha de secado (60 días antes de la fecha de parto prevista; **FPP**). Las vacas seleccionadas fueron asignadas a dos grupos en función del recuento de células somáticas en los últimos tres meses previos al secado.

De esta manera, se conformaron 2 grupos de 20 vacas. El primer grupo de vacas presentaron los últimos 3 recuentos de células somáticas mensuales previos al secado por debajo de 200.000 células somáticas/mL (Tratamiento **VBR** = vacas con bajos recuentos de células somáticas), y el segundo grupo de 20 vacas presentaron los últimos 3 recuentos de células somáticas mensuales previos al secado por encima de 200.000 células somáticas/mL (Tratamiento **VAR** = vacas con altos recuentos de células somáticas). El RCS promedio para cada grupo fue de 117.000 cél/mL para el grupo VBR y de 509.000 cél/mL para el grupo VAR. Estos dos grupos de vacas fueron pareados por peso vivo, número de lactancias, producción en la lactancia previa, raza y FPP.

Inmediatamente luego de ocurrido el parto, se retiró el ternero para no permitirle que ingiriera calostro directamente de la madre. Posteriormente se llevó la vaca hasta la sala de ordeño a realizar la colecta total del calostro producido en el primer ordeño previo a las 6 horas posteriores al parto.

De esta manera, se obtuvieron dos grupos de calostros, un grupo de 20 calostros producidos por vacas del tratamiento VBR y otro grupo de 20 calostros producidos por las vacas del tratamiento VAR.

Manejo de los animales:

Todas las vacas se secaron entre 54 y 60 días previos a la fecha prevista del parto, momento en que se les realizó terapia antibiótica (Nafpenzal secado) y se colocó sellador interno (Mastblock) para controlar y prevenir la mastitis durante el período seco. Además, se realizó la inmunización contra Rota y Coronavirus (Rotavec

Corona – Laboratorio MSD). Durante todo el período seco las vacas se alojaron en el mismo corral con sombra y agua. Todos los animales recibieron el mismo manejo sanitario y nutricional.

Con respecto al manejo, todas las vacas hasta el día 30 antes de la FPP se mantuvieron en un corral para vacas secas donde fueron alimentadas con una dieta para cubrir los requerimientos de vacas secas de razas lecheras de 450 kg PV con 8 meses de gestación. Al día 30 pre parto las vacas eran ingresadas al corral de pre parto donde se le asigna una dieta para cubrir los requerimientos de vacas secas en el último mes de gestación. Ambas dietas fueron formuladas según lo recomendado por el NRC (2001). Al momento de apartar las vacas para el ingreso al parto, se realizó la inmunización contra las enfermedades más prevalentes de la guachera (Clostridiosis, y enfermedades neuromoentéricas), además de realizarle la aplicación de fosforo parenteral.

El corral parto era vigilado constantemente para monitorear el momento en que las vacas comenzaban con el trabajo de parto, para continuar vigilando y retirar al ternero neonato lo antes posible y conducir a la vaca a la sala de ordeño para la colecta del calostro antes de las 6 h siguientes al parto (Moore et al, 2005).

Mediciones y determinaciones:

Las muestras de calostro fueron obtenidas mediante ordeño mecánico en las instalaciones del tambo de la Facultad de Veterinaria – Campo Experimental N°2 – Libertad.

Se registró la producción de calostro en kilogramos del primer ordeño posparto con medidores manuales (Waikato, Milking Systems NZ Ltd.). Luego, se colectaron 2 muestras de calostro. Una se tomó en un frasco estéril con un volumen de 100 mL con la cual fue mantenida a -20°C hasta el momento de realizar el análisis de concentración de Inmunoglobulina G mediante la técnica de Radio-inmuno difusión y la segunda muestra se tomó en frascos de 100 mL con Bronopol como conservante y se remitió refrigerada a menos de 4°C al laboratorio para realizar análisis de composición (grasa, proteína, lactosa).

La determinación de IgG se realizó en el laboratorio del Campo Experimental N° 2 – Libertad, utilizando un kit de IgG Bovina (Triple J Farms, Bellingham, Washington-USA). El coeficiente de variación fue de 10,8%, 8,7% y 11,7% para controles bajos, medios y altos respectivamente. Para determinar los diámetros de los anillos de precipitación de la IgG-Antígeno se utilizó un calibre digital (INGCO, ING_HDCD01150), con una resolución de 0,01 mm y una exactitud de $\pm 0,04$ mm.

El porcentaje de sólidos totales se midió en el calostro fresco mediante un refractómetro Brix (Atago PAL-1, Japan) con una escala de 0 a 53%, resolución de 0,1% Brix y exactitud de medida de $\pm 0,2$ % Brix. Los sólidos totales presentados en la tabla 2 fueron calculados como la suma del porcentaje de la grasa, proteína y lactosa obtenidos en el análisis de composición química de los calostros.

Para la determinación de composición del calostro (grasa, proteína y lactosa), las muestras se remitieron al laboratorio de Calidad de Leche de INIA – La Estanzuela, para su análisis mediante los procedimientos ISO 9622:2013 (IDF141), para grasa, proteína y lactosa por espectrometría de infrarrojo medio.

Análisis estadístico:

Para el análisis de resultados de las variables de producción de calostro, composición de calostro, concentración de Inmunoglobulina G y % Brix se utilizó el modelo lineal mixto PROC MIXED de SAS (versión 9.1; SAS Institute Inc., Cary, NC) usando una estructura de covarianza de tipo AR(1):

$$Y_{ij} = \mu + V_i + T_j + e_{ij},$$

Donde Y_{ij} es la variable dependiente, μ es la media general, V_i es el efecto aleatorio de la vaca, T_j el efecto fijo del tratamiento y e_{ij} es el error residual.

Las medias de todos los parámetros evaluados fueron comparadas mediante el test de Tukey. Se aceptarán 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.

Con respecto al análisis de covarianza, se realizó el análisis de los resultados incluyendo en el modelo las variables raza, paridad, horas desde parto hasta la colecta del calostro como covariables. Al no presentar efectos significativos sobre las variables de interés analizadas fueron quitadas del modelo analítico.

El estudio de relaciones entre las variables concentración de inmunoglobulina G y % Brix se realizó mediante análisis de correlación lineal simple, utilizando el procedimiento Proc corr de SAS.

RESULTADOS:

En la tabla 2 se presenta la producción y composición de calostro producido por vaca con altos y bajos recuentos de células somáticas al momento de secado. No se observaron diferencias significativas tanto en los kg de calostro producidos como para los kg de grasa, lactosa, ni sólidos totales. Sin embargo, se observó una tendencia a que los kg de proteína producida fuera un 29% mayor en VBR que en VAR (reportar el P valor de la tendencia).

Tabla 2. Producción y composición de calostro producido por vacas con altos (VAR) y bajos (VBR) recuentos de células somáticas al momento de secado.

	Tratamientos		EEM ₃	P- Valor
	VAR ¹	VBR ²		Trat ⁴
Calostro (kg)	5,11	5,32	0,53	0,774
Grasa				
%	5,14	5,70	0,39	0,325
Kg	0,27	0,31	0,04	0,550
Proteína				
%	14,17	17,87	0,54	<0,001
kg	0,72	0,93	0,09	0,084
Lactosa				
%	3,82	3,91	0,10	0,562
kg	0,19	0,21	0,02	0,576
Sólidos Totales⁵				
%	23,13	27,48	0,59	<0,001
kg	1,19	1,45	0,14	0,186

¹ Vacas con altos recuentos de células somáticas (Promedio 509.000 cel/mL en los últimos tres meses). ² Vacas con bajos recuentos de células somáticas (Promedio 117.000 cel/mL en los últimos tres meses). ³ Error estándar de las medias. ⁴ Efecto del tratamiento. ⁵ Valor obtenido de la suma de proteína, grasa y lactosa.

Se observó mayor porcentaje de proteína y de sólidos totales en VBR en comparación con VAR (P<0,001). En contraposición, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la producción de grasa y lactosa cuando fueron expresadas como porcentajes.

En la tabla 3 se presenta la concentración de IgG expresadas en g/L medido por RID y el % de sólidos totales determinado por refractometría expresado en Brix (%) para

los distintos tratamientos. Se observó que los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR presentaron 18,1 g/L más de IgG que los de las vacas del tratamiento VAR (P=0,006), y para la concentración expresada en Brix (%) se observa que los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR tuvieron 3,2% más que los del tratamiento VAR (P=0,007).

Tabla 3. Concentración de Inmunoglobulinas G y %Brix en calostros producidos por vacas con altos y bajos recuentos de células somáticas al momento de secado.

			Tratamientos			P- Value
			VAR ¹	VBR ²	EEM ³	Trat ⁴
IgG	por	RID ⁵	74,7	92,8	4,42	0,006
(g/L)						
Brix ⁶	(%)		22,7	25,9	0,79	0,007

¹VAR = Vacas con altos recuentos de células somáticas. ²VBR = Vacas con bajos recuentos de células somáticas. ³Error estándar de las medias. ⁴Efecto del tratamiento. ⁵ Concentración de Inmunoglobulina analizada por Inmunodifusión radial. ⁶ Concentración de sólidos totales expresado en % Brix.

En la figura 1 se observa que existe una relación lineal estadísticamente significativa ($P < 0,01$) entre la concentración de IgG (g/L) y el % Brix, ajustándose al modelo:

$$y (\text{IgG, g/L}) = -17,472 + 4.164 (\% \text{ Brix}),$$

El cual explica un 54,4% (R^2) de la variación de la concentración de IgG en función del %Brix, siendo el coeficiente de correlación (r) 0,74, indicando una relación moderadamente fuerte entre ambas variables analizadas y que por cada unidad que aumente de la variable independiente (%Brix) sucederá un aumento en la variable dependiente (IgG) de 4.1631 g/L en forma lineal.

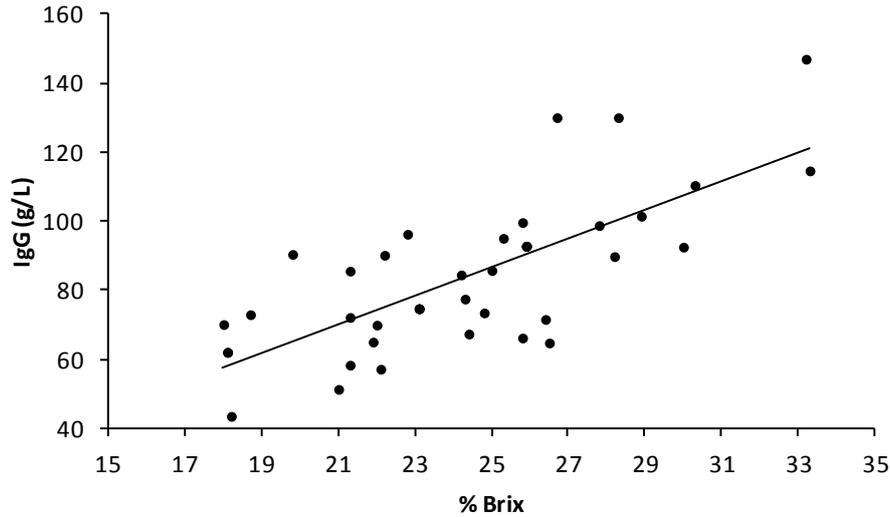


Figura 1. Relación entre la concentración de sólidos totales expresados en % Brix y la concentración de Inmunoglobulina G (IgG) determinada por Inmunodifusión Radial (RID) en calostros de primer ordeño de vacas lecheras con altos y bajos recuentos de células somáticas al secado.

En la figura 2 se presenta la distribución de las frecuencias de valores de la concentración de IgG (g/L), determinada por RID, en calostros producidos por vacas con altos y bajos recuentos al momento del sacado, donde se observa que, para los valores acumulados, el rango de 71 – 90 g/L de IgG fue el que agrupó la mayor frecuencia, representando el 35% de los calostros. Asimismo, dentro del mismo rango, el 46,2% corresponde al grupo de las VAR.

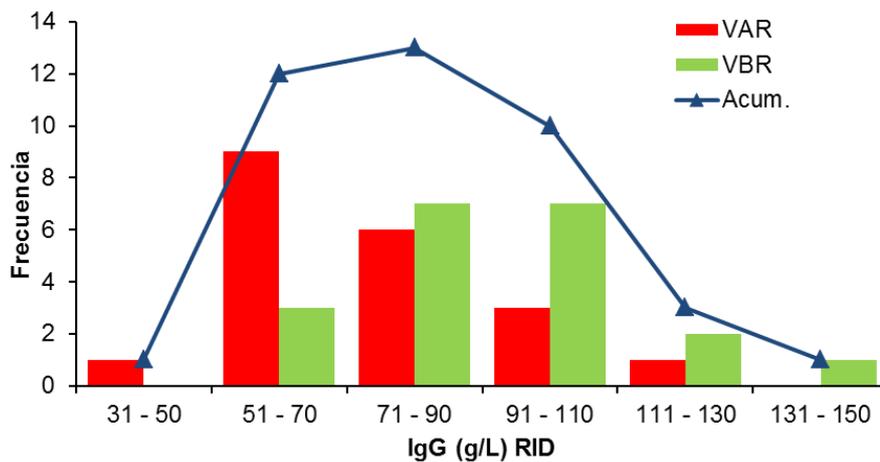


Figura 2. Distribución de las frecuencias de valores de IgG (g/L) obtenidos por RID para vacas con altos y bajos recuentos de células somáticas y sus valores acumulados. VAR = Vacas con altos recuentos de células somáticas. VBR = Vacas con bajos recuentos de células somáticas. Acum.= Valores acumulados para ambos tratamientos.

La mayor frecuencia de las VAR se encuentra dentro del rango de 51-70 g/L de IgG, mientras que para los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR, el 70% se encuentra en los rangos de 71-90 y 91-110 g/L de IgG.

En la figura 3 se presenta la distribución de las frecuencias de valores de IgG medidos por refractometría. Se observa claramente que la mayor cantidad de muestras de calostro de vacas del tratamiento VBR se encuentran en los rangos de % Brix medios a altos, mientras que los calostros del tratamiento VAR se encuentran mayormente en los rangos medios a bajos.

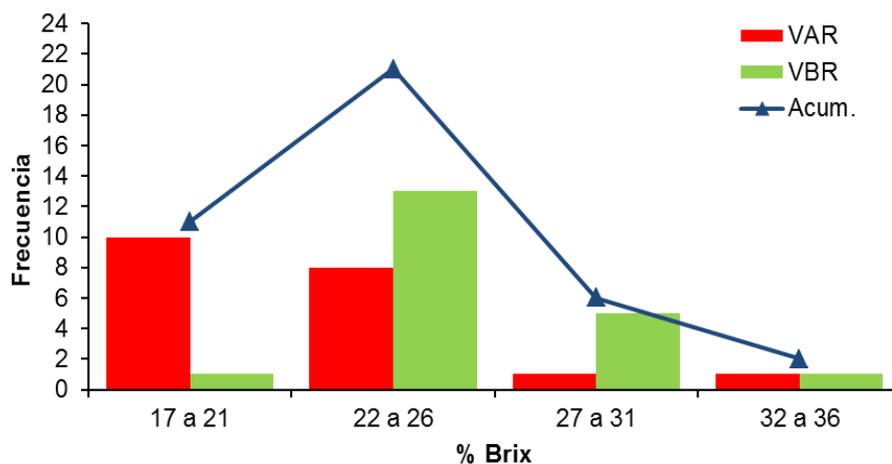


Figura 3. Distribución de las frecuencias de valores de %Brix obtenidos por refractometría para vacas con altos y bajos recuentos de células somáticas y sus valores acumulados. VAR= Vacas con altos recuentos de células somáticas. VBR= Vacas con bajos recuentos de células somáticas. Acum.= Valores acumulados para ambos tratamientos.

Tal como se observa en la figura 3, el rango de 22 – 26 %Brix fue el que agrupó la mayor frecuencia acumulada, representando el 52,5% del total de las muestras. En el mismo rango también se encontró la mayor frecuencia de los calostros producidos por las vaca del tratamiento VBR, sin embargo, la mayor frecuencia de los calostros del tratamiento VAR se encontró en el rango de 17-21 %Brix.

DISCUSIÓN:

La producción de calostro en el primer ordeño de vacas de los tratamientos VAR y VBR no presentó diferencias significativas, contrariamente a lo esperado, ya que Maunsell et al. (1998) reportan que vacas con alto recuento de células somáticas producen menor volumen de calostro.

El % promedio de grasa encontrado en este trabajo (5.42 %) fueron similares a los reportados por Morrill et al. (2012a), quienes reportaron valores promedio de $5,6\% \pm 3,2$. Ferdowsi et al. (2010) reportaron que a medida aumenta el RCS existe una disminución en el porcentaje de grasa del calostro, sin embargo y contrariamente a lo esperado, no se detectaron diferencias estadísticas tanto en el % como en kg de grasa. Sin embargo, estadísticamente no fueron diferentes, numéricamente existe una diferencia en la producción grasa de calostro donde se observó que las vacas del tratamiento VBR produjeron un calostro con mayor cantidad de grasa, lo que biológicamente podría tener alguna implicancia. Esto último es coincidente con lo reportado por Sordillo, Nickerson, Akers y Oliver (1987) quienes reportaron una reducción en el contenido de grasa en el calostro producido por glándulas mamarias mastíticas. Esta reducción de la grasa del calostro podría estar explicado por el hecho que dentro de las células somáticas, los neutrófilos utilizan grasa láctea y caseína que podría contribuir a variaciones en la composición de grasa y proteína del calostro (Kehrli y Shuster, 1994)

Se observó una tendencia de que las vacas del tratamiento VBR producen 29% más kilogramos de proteínas que las vacas de VAR y cuando esto es medido como porcentaje, las VBR producen un 3,7% más de proteínas que las VAR. Este resultado coincide parcialmente con lo reportado por Maunsell et al. (1998), quienes afirman que vacas con infección intramamaria persistente durante el período seco, producirían menor cantidad total de proteína, pero las concentraciones no se deberían ver alteradas. Son varios los autores que mencionan que altos recuento de células somáticas afectan tanto la producción como la composición del calostro y dentro de esta la cantidad de proteína (Enger, Hardy, Hist y Enger, 2021; Rajala-Schultz, Grohn, Mcculloch y Guard, 1999; Timonen, Katholm, Petersen, Motus y Kalmus, 2017). Esta disminución sería debido, en parte, porque en vacas con altos RCS se afecta la actividad de síntesis proteica en el epitelio mamario (Harmon, 1994).

En relación a los resultados obtenidos para kilogramos y porcentaje de lactosa, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Este resultado era esperable ya que la lactosa forma parte de los constituyentes osmóticamente más activos, por lo que determina el volumen y por eso su concentración es relativamente constante (Oldham y Sutton, 1983).

Los sólidos totales fueron 4,4% superiores en las VBR en relación a las VAR. Este resultado era esperable y a su vez es consistente con los resultados obtenidos para los otros componentes del calostro (grasa, proteína y lactosa), reflejando en alguna medida las diferencias obtenidas en la producción de proteínas.

La concentración de IgG (g/L) fue 24,2% superior a favor de las VBR, coincidiendo con Puppel et al. (2019) y Maunsell et al. (1998) que reportaron que enfermedades de la glándula mamaria, como mastitis clínica, reducen los niveles de inmunoglobulinas y la masa total de IgG. Los resultados también coinciden con las afirmaciones realizadas por Morrill et al. (2012a) y Kehoe et al. (2007) quienes reportaron que las concentraciones de IgG más bajas se correspondían con vacas cuyos calostros presentaban altos RCS. Según lo reportado por Larson, Heary y Devery, (1980), la baja concentración de inmunoglobulinas es debida a que la IgG₁ materna se transporta activamente a través de las células epiteliales mamarias y se concentra en el calostro. Por lo tanto, las células epiteliales dañadas o la función celular alterada causada por la infección intramamaria podrían reducir el transporte de IgG₁ y dar como resultado una baja en la concentración y en la masa total de IgG₁ en el calostro.

Se ha sugerido que el refractómetro Brix es una herramienta confiable para determinar el contenido de IgG de calostro bovino, ya que la medición de sólidos totales en el calostro es un valor altamente correlacionado con la concentración de proteínas totales (Bielmann et al, 2010; Morrill et al., 2012a). En nuestro trabajo, se determinaron los sólidos totales por refractometría (% Brix) y se observó que los calostros producidos por las vacas del tratamiento VBR presentaron mayores valores de % Brix respecto de las VAR, siendo consistente con los resultados obtenidos de sólidos totales mencionados en composición de calostro.

Considerando que está fuertemente aceptado en la literatura, que un calostro con una concentración mayor a 50 g/L de IgG es considerado como un calostro de buena calidad (Weaver et al., 2000; McQuirk y Collins, 2004), podemos decir que solamente el calostro producido por 1 vaca de los 40 analizados se encontró por debajo de este valor y corresponde al tratamiento VAR.

En nuestro trabajo, el 50% de los calostros producidos por las vacas del tratamiento VAR superan los 71 g/L de IgG, mientras que el producido por las vacas del tratamiento VBR, el 85% presentaron un calostro que supera los 71 g/L de IgG. En general se observó que a medida que aumenta la concentración de IgG (g/L) de los calostros, aumenta la frecuencia de calostros producidos por vacas del grupo VBR y disminuye la frecuencia de calostros producidos por vacas del grupo VAR.

Respecto a la determinación de la concentración de IgG de manera indirecta a través de refractometría (% Brix), está bien aceptado en la literatura científica que la medición de los sólidos totales presentes en el calostro brinda un valor que está altamente correlacionado con la concentración de IgG, ya que la misma predomina dentro de las proteínas totales del calostro (Morrill et. al., 2012a) y también que el rango entre 18 y 22% Brix sería adecuado para caracterizar a un calostro como de buena calidad (Chigerwe et al., 2008; Bielmann et al., 2010; Morrill et al., 2012a; Quigley et al., 2013). En nuestro estudio no se observaron calostros que estuvieran por debajo de 18% Brix, sin embargo, dentro del rango de 18 a 22 % Brix se observaron un total de 11 calostros, dentro de las cuales solamente 1 es un calostro producido por vacas del tratamiento VBR mientras que las 10 restantes fueron

producidos por vacas del tratamiento VAR, representando el 50% de los calostros de dicho tratamiento.

En el análisis de correlación realizado en nuestro trabajo entre la concentración de IgG (g/L) y de los sólidos totales (% Brix) se observó que existe una relación positiva entre estas dos variables, lo cual es coincidente con varios autores (Chigerwe et al., 2008; Biemann et al., 2010; Quigley et al., 2013). Asimismo, el coeficiente de correlación determinado (0,74) está dentro del rango reportado por varios autores para calostros de razas bovinas (Chigerwe et al., 2008: 0,64; Biemann et al., 2010: 0,71; Morrill et al., 2012a: 0.73; Quigley et al., 2013: 0,75).

En nuestro análisis el punto de corte en % Brix que corresponde a un calostro con una concentración de IgG de 50 g/L se encuentra dentro de un rango de 16 a 18 % Brix. Si bien, se encuentra un poco por debajo del rango reportado por los otros autores (Biemann et al., 2010; Quigley et al., 2013), es esperable ya que los calostros analizados son producidos por vacas de raza Holando de genotipo neozelandés (HNZ) y de raza cruce HNZ con Jersey, ambas con un largo proceso de selección genética a favor de la producción de sólidos. Además, esto es consistente con el porcentaje de sólidos totales observado, en nuestro trabajo, en los calostros producidos por las vacas de ambos tratamientos.

CONCLUSIÓN:

En base a los resultados obtenidos en nuestro trabajo, podemos afirmar que vacas con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado producen calostro con mayor contenido de proteína, sólidos totales y concentración de inmunoglobulina G, en comparación a vacas con altos recuentos de células somáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Arthur, G.H. (1996). The development of the conceptus. En G.H Arthur, D.E. Nokes, H. Pearson, T.J. Parkinson, *Pregnancy and Parturition in Veterinary Reproduction and Obstetrics* (pp.51-109). Philadelphia: Saunders.
- Barry, J., Bokkers, E.A.M., Berry, D.P., de Boer, I.J.M., McClure, J., y Kennedy, E. (2019). Associations between colostrum management, passive immunity, calf-related hygiene practices, and rates of mortality in preweaning dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 10266–10276.
- Baumrucker, C., Burkett, A., Magliaro-Macrina, A., y Dechow, C.D. (2010). Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *Journal of Dairy Science*, 93, 3031–3038.
- Bey, R., Godden, S., Lillegaard, H., Stewart, S., Rapnicki, P., Fetrow, J., y Farnsworth, R. (2007) Improving cleanliness and shelf-life of refrigerated colostrum using heat-treatment and chemical preservatives. En *Proceedings of the Annual Meeting of Minnesota Dairy Health Management Conference* (15–17). St. Paul: University of Minnesota.
- 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, 3713-3721.
- Blum, J.W., y Hammon, H. (2000). Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livestock Production Science*, 66, 151–159.
- Bramley, A., Cullor, J., Erskine, R., Fox, L., Harmon, R., Hogan, J., Sordillo, L. (1996). *Current Concepts of Bovine Mastitis* (4^a ed.). Madison: National Mastitis Council.
- Caffarena, D., Casaux, M.L., Schild, C., Fraga, M., Castells, M., Rodney C, 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* 52,977–988.
- Campos, R., Carillo, A., Loaiza, Giraldo, L. (2007). *El Calostro: Herramienta para la cría de terneros*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Chigerwe, M., Tyler, J., Middleton, J., Spain, J., Dill, J., y Steevens, B. (2008). Comparison of four methods to assess colostrum IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 5 (233), 761-766.
- Christiansen, S., Guoa, M., 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., 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., Sayers, R., Murphy, J., Lorenz, I., Doherty, M., y Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal*, 7, 1824–1832.
- 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, 4857–4863.
- Cummins, C., Berry, D., Murphy, J., Lorenz, I., y Kennedy, E. (2017). The effect of colostrum storage conditions on dairy heifer calf serum immunoglobulin G concentration and preweaning health and growth rate. *Journal of Dairy Science*, 100, 525–535.
- Davis, C.I., y Drackley, J.K. (2002). *Desarrollo, nutrición y manejo del ternero joven*. Buenos Aires: Inter-Médica.
- De Torres, E., Giannechini, E., Sierra, G., Zorrilla, F., Lanza, A., y Diana, V. (2014). Epidemiología de las infecciones intramamarias en Uruguay y líneas de investigación. En II Congreso Red Latinoamericana de Investigación en Mastitis. RELIM, Costa Rica.
- 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, 257–263.
- DIEA. (2019). *Estadísticas del sector lácteo*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- DIEA. (2020). *Anuario Estadístico Agropecuario*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Donovan, G., Badinga, L., Collier, R.J., Wilcox, C., y Braun, R. (1986). Factors influencing passive transfer in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 69, 754–759.
- 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, 2068–2079.

- El-Fattah, A.M.A., Rabo, F.H.A., El-Dieb, S.M., y El-Kashef, H.A. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Veterinary Research*, 8, 19.
- 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.
- Enger, K.M., Hardy, N.R., Hist, E.M., y Enger, B.D. (2021). Relationship between intramammary infection and antibody concentrations in Jersey and Holstein colostrum. *Journal Dairy Science*, 104, 6124-6133.
- Faber, S.N., Faber, N.E., McCauley, T.C., Ax, R.L. (2005). Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Professional Animal Scientists*, 21, 420–425.
- Fecteau, G., Baillargeon, P., Higgins, R., Paré, J., y Fortin, M. (2002). Bacterial contamination of colostrum fed to newborn calves in Québec dairy herds. *Canadian Vetererinary Journal*, 43, 523–527.
- Ferdowsi, N.E., Nikkhah, A., Rahmani, H.R., Alikhani, M., Mohammad Alipour, M., y Ghorbani, G.R. (2010). Increased colostrum somatic cell counts reduce preweaning calf immunity, health and growth. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94, 628–634.
- Fiocchi, A., Restani, P., Leo, G., Martelli, A., Bouygue, G.R., Terracciano, L., Valsasina, R. (2003). Clinical tolerance to lactose in children with cow's milk allergy. *Pediatrics*, 112, 359–362.
- Fleenor, W.A., y Stott, G.H. (1980). Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 63, 973–977.
- Foley, J.A, y Otterby, D.E. (1978). Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: a review. *Journal of Dairy Science*, 61, 1033–1360.
- Furman-Fratczak, K., Rzasas, A., y Stefaniak, T. (2011). The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *Journal of Dairy Science*, 94, 5536–5543.
- Geay, Y. (1984). Energy and Protein Utilization in Growing Cattle. *Journal of Animal Science*, 3(58), 766-778.
- Georgiev, I. (2008). Differences in chemical composition between cow colostrum and milk. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 11(1), 3–12.
- Giannechini, E., Concha, C., Rivero, R., Delucci, I., y Moreno-López, J. (2002a). Occurrence of clinical and subclinical mastitis in dairy herd in the west litoral region of Uruguay. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 43, 221 -230.

- Giannechini, R., Parietti, I., y De María, P, (2002b). Evaluación de pérdidas económicas relacionadas a mastitis para establecimientos lecheros en Uruguay. INIA Jornada de Lechería, N°287, 30-35.
- Giannechini, E., Concha, C., Rivero, R., Delucci, I., Gil, J., Salvarrey, L., y Rivero, R. (2014). Mastitis bovina, reconocimiento de los patógenos y su resistencia antimicrobiana en la Cuenca Lechera del Sur de Uruguay. *Veterinaria* 50(196), 4-32.
- Godden, S., McMartin, S., Feirtag, J., Stabel, J., Bey, R., Goyal, S., Chester-Jones, H. (2006). Heat-treatment of bovine colostrum II: Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *Journal of Dairy Science*, 89, 3476-3483.
- Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 24, 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., Sølverød, L., y Østeras, O. (2008). Risk Factors Associated with Colostrum Quality in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 704–712.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., y Østerås, O. (2009). Calf health monitoring in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 92, 1660-1969.
- Gulinski, P., Młynek, K., y Giersz, B. (2006). Wpływ długości okresu po wycieleniu i wieku krów na poziom immunoglobulin w siarze. *Rocz. Naukowe Zootech*, 33,193–200.
- Hammon, H.M., Zanker, I.A, y Blum, J.W. (2000). Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 83, 85–92.
- Harmon, R.J. (1994). Physiology of Mastitis and Factors Affecting Somatic Cell Counts. *Journal of Dairy Science*, 77, 2103-2112.
- International Dairy Federation (1987). Machine Milking and Mastitis. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 215, 2-32.
- Instituto Nacional de la Leche (2019). Informe enero-diciembre (Informe N°18). Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- James, 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, 52–61.

- 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, 176–180.
- Kehrli, M.E.Jr., y Shuster, D.E. (1994). Factors affecting milk somatic cells and their role in health of the bovine mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 77, 619–627.
- Kuczaj, M., Jakińcza, A., Korczyński, M., Janik-Dubowiecka, A., y Tatys, M. (2004). Wpływ ojców na przyrosty dobowe i masę ciała cieląt w okresie żywienia siałą Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. *Zootechnika*, 501, 143–146
- Kuczaj, M., Preś, J., Bodarski, R., Kinal, S., Mordak, R., Orda, J., Zachwieja, A. (2014). *Wybrane elementy żywienia a problemy zdrowotne krów mlecznych*. Breslavia: MedPharm.
- Lach, Z. (2009). Pierwszy łyk życia. *Hodowla i Chów bydła*, 9, 18–19.
- Larson, B.L., Heary Jr., H.L., Devery, J.E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 63, 665–671.
- Larumbe, R., y Vidart, M. (2016). *Agentes patógenos causantes de mastitis clínica en vacas lecheras en Uruguay años 2014 y 2015* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UdelaR, Montevideo.
- Larson, L.L., Owen, F.G., Albright, J.L., Appleman, R.D., Lamb, R.C., y Muller, L.D. (1977). Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *Journal of Dairy Science*, 60(6), 989-991.
- Leyton, W. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389, 93-109.
- Løkke, M.M., Engelbrecht, R., y Wiking, L. (2016). Covariance structures of fat and protein influence the estimation of IgG in bovine colostrum. *Journal of Dairy Research*, 83, 58–66.
- 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, 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, 1291–1299.
- Mc Beath, D.G., Penhale, W.J., y Logan, E.F. (1971). An examination of the influence of husbandry on the plasma immunoglobulin level of the newborn

- calf, using a rapid refractometer test for assessing immunoglobulin content. *Veterinary Record*, 88, 266–270.
- McGrath, B.A., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., y Kelly, A.L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum. *Dairy Science & Technology*, 96, 133–158.
- McGuirk, S.M., y Collins, M. (2004). Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North American. Food Animal Practice*, 20(3), 593–603.
- McGuirk, S.M. (2008). Disease management of dairy calves and heifers. *Veterinary Clinics of North American. Food Animal Practice*, 24(1), 139-153.
- Mechor, G.D., Grohn, Y.T., y Van Saun, R.J. (1991). Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 74, 3940-3943.
- Mee, J.F. (2008). Newborn dairy calf management. *Veterinary Clinics of North American. Food Animal Practice*, 24, 1-17.
- Meikle, A. (2016). Dinámica de rodeo (Informe preliminar 2). Montevideo: INALE.
- 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.
- Monteiro, A.P..A, Tao, S., Thompson, I.M., y Dahl, G.E. (2014). Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostrum and calf factors. *Journal of Dairy Science*, 97, 6426–6439.
- Moore, M., Tyler, J.W., Chigerwe, M., Dawes, M.E., y Middleton, J.R. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226, 1375–1377.
- Morin, D.E., Constable, P.D., Maunsell, F.P., y McCoy, G.C. (2001). Factors associated with colostrum specific gravity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84, 937–943.
- Morrill, K.M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., y Tyler, H. (2012a). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrums on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95, 3997–4005.
- Morrill, K., Conrad, E., Polo, J., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., y Tyler, H. (2012b). Estimate of colostrum immunoglobulin G concentration using refractometry without or with caprylic acid fractionation. *Journal of Dairy Science*, 95, 3987-3996.

- Morrill, K., Robertson, K., Spring, M., Robinson, A., 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, 595–601.
- Muller, L.D., y Ellinger, D.K. (1981). Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64, 1727–30.
- 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, 838–844.
- National Mastitis Council. (1996). *Current Concepts of Bovine Mastitis* (4^a ed.). Madison: National Mastitis Council.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7^a ed.). Washington: National Academy.
- Oldham, J.D., y Sutton, J.D. (1983). Composición de la leche y la vaca de alta producción. En W.H. Broster, y H. Swan, *Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción* (pp. 84-108). México: AGT.
- Oliver, S.P., y Sordillo, L.M. (1988). Udder health in the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 71, 2584–2606.
- Ontsouka, C., Bruckmaier, R., y Blum, J. (2003). Fractionized milk composition during removal of colostrum and mature milk. *Journal of Dairy Science*, 86, 2005–2011.
- Parrish, D.B., Wise, G.H., y Hughes, J.S. (1947). The state of vitamin A in colostrum and in milk. *Journal of Biological Chemistry*, 167(3), 673-8.
- Parrish, D.B., Wise, G.H., Atkeson, F.W., y Hughes, J.S. (1949). Properties of the Colostrum of the Dairy Cow. III. Several Factors Affecting Vitamin A and Carotenoid Content 1, 2. *Journal of Dairy Science* 3(32), 209-221.
- Pereira, I., Cruz, I., Rupprechter, G., y Meikle, A. (2017). Salud y eficiencia reproductiva de vacas lecheras en sistemas de base pastoril de Florida: resultados preliminares del monitoreo. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XLV, pp. 127-139).
- Philpot, N. (2001). Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. *III Congreso Nacional de control de Mastitis y Calidad de la Leche*. León Guanajuato. México. 26 pp.
- 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.

- Ponce de León, F. (2017). Proyecto calidad de Leche. En Jornadas técnicas para técnicos de Conaprole. Guazuvirá: Conaprole.
- Poulson, K.P., Hartmann, F.A., y McGuirk, S.M. (2002). Bacteriain colostrum: Impact on calf health. *Proceedings Annual American College of Veterinary Internal Medicine*, 20, 773.
- Przybylska, J., Albera, E., y Kankofer, M. (2007). Antioxidants in bovine colostrum. *Reproduction in Domestic Animals*, 42, 402–9.
- Puppel, K., Gołebiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, M., Solarczyk, P., Przysucha, T. (2019). Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals*, 9(12), 1070.
- Quigley, J.D. III, y Drewry, J.J. (1998). Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre-and postcalving. *Journal of Dairy Science*, 81, 2779–2790.
- Quigley, J., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., y Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrums. *Journal of Dairy Science*, 96, 1148-1155.
- Rajala-Schultz, P.J., Grohn, Y.T., Mcculloch, C.E., y Guard, C.L. (1999). Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 1213–1220.
- Rastani, R.R., Grummer, R.R., y Bertics, S.J. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, 88, 1004–14.
- 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, 1283-1287.
- Ruegg, P.L., y Reinemann, D.J. (2002). Milk quality and mastitis tests. *Bovine Practitioner*, 36, 41–54.
- 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.
- 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, UdelaR, Montevideo.
- 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, 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.
- Silva-del-Río, N., Rolle, D., García-Muñoz, A., Rodríguez-Jiménez, S., Valdecabres, A., Lago, A., y Pandey, P. (2017). Colostrum immunoglobulin G concentration of multiparous Jersey cows at first and second milking is associated with parity, colostrum yield, and time of first milking, and can be estimated with Brix refractometry. *Journal of Dairy Science*, 100, 5774–5781.
- Smith, K., Todhunter, D., y Schoenberger, P. (1985). Environmental Mastitis: Cause, Prevalence, Prevention. *Journal of Dairy Science*, 68(6), 1531- 1553.
- Sordillo, L.M., Nickerson, S.C., Akers, R.M., y Oliver, S.P. (1987). Secretion composition during bovine mammary involution and the relationship with mastitis. *International Journal of Biochemistry*, 19, 1165–1172.
- Staley, T.E., y Bush, L.J. (1985). Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease. *Journal of Dairy Science*, 68, 184-205.
- Stewart, S., Godden, S., Bey, R., Rapnicki, P., Fetrow, J., Farnsworth, R., Ferrouillet, C. (2005). Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage and feeding of fresh bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 88, 2571–2578.
- Swan, H., Godden, S.M., Bey, R., Wells, S., Fetrow, J, y Chester-Jones, H. (2007) Passive transfer of immunoglobulin G and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *Journal of Dairy Science*, 90, 3857-3866.
- Szulc, T., y Zachwieja, A. (1998). Siara-eliksir życia oseków. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu* 13–25.
- Talukder, M.J.R., Takeuchi, T., y Harada, E. (2002). Transport of Colostral Macromolecules into the Cerebrospinal Fluid via Plasma in Newborn Calves. *Journal of Dairy Science*, 85, 514–524.
- Timonen, A.A.E., Katholm, J., Petersen, A., Motus, K., y Kalmus, P. (2017). Within-herd prevalence of intramammary infection caused by *Mycoplasma bovis* and associations between cow udder health, milk yield, and composition. *Journal of Dairy Science*, 100, 6554-6561.
- 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, 1136–9.
- Van Knegsel, A.T.M., van der Drift, S.G.A., Cermáková, J., y Kemp, B. (2013). Effects of shortening the dry period of dairy cows on milk production, energy

balance, health, and fertility: A systematic review. *Veterinary Journal*, 198, 707–713.

Wasowska, E., y Puppel, K. (2018). Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different levels of production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 5062–5068.

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, 569 - 577.