

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA

Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneros de razas lecheras nacidos y alimentados con calostro de vacas con altos y bajos recuentos de células somáticas al momento del secado.

Por:

Carlos Federico BLANCO CHACÓN
Alcides Bernardo RIBERO CARDOZO
Franco Gastón SEMPER MANERA

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

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa: 

Dr. Germán Antúnez

Segundo miembro (tutor): 


Dr. Maximiliano Pastorini

Tercer miembro: 

Dr. Kevin Yaneselli

Autores: 

Br. Federico Blanco Chacón



Br. Alcides Ribero Cardozo



Br. Franco Semper Manera

Fecha: 23 de setiembre de 2021

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de la República y Facultad de Veterinaria por brindarnos la posibilidad de formarnos personal y profesionalmente.

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

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

A todos los profesores y funcionarios de facultad, que de una manera u otra contribuyeron positivamente en nuestra formación.

A nuestros amigos y compañeros que fueron partícipes de todo este proceso de formación profesional.

A todos los que de una manera u otra aportaron con el desarrollo de esta actividad.

TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACION.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	6
SUMMARY	7
INTRODUCCION	8
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	10
Principales características de la producción lechera en Uruguay	10
Importancia de la mastitis en los sistemas de producción lechera	12
Importancia de la transferencia de inmunidad pasiva y de la eficiencia aparente de absorción en bovinos	12
Determinación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos	14
Factores que afectan el proceso de transferencia de inmunidad pasiva y la eficiencia aparente de absorción en terneros neonatos	16
Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva a nivel internacional	18
HIPOTESIS	20
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
MATERIALES Y METODOS	22
Estrategia de investigación y animales a utilizar	22
Manejo de los animales.....	23
Mediciones y determinaciones	24
Análisis estadístico	25
RESULTADOS	26
DISCUSION	30
CONCLUSIONES.....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	33

LISTA DE TABLAS	
TABLA 1	26
TABLA 2	27
TABLA 3	27

LISTA DE FIGURAS	
FIGURA 1	28

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el proceso de transferencia de inmunidad pasiva (TIP) en terneros nacidos y alimentados con calostro de vacas lecheras con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado. Para ello, fueron seleccionadas del rodeo lechero existente en el Campo Experimental N° 2 – Libertad de la Facultad de Veterinaria, 40 vacas lecheras, multíparas las cuales fueron asignadas a 2 grupos en función del recuento de células somáticas (RCS) en los últimos tres meses previos al secado. De estos 2 grupo de vacas se obtuvieron terneros y calostros y con un diseño factorial quedaron conformados 4 grupos de 10 terneros que fueron asignados a uno de los siguientes tratamientos: TACA = terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado alimentados con calostro producido por vacas con altos RCS; TACB = terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado y alimentados con calostro producido por vacas con bajos RCS al secado; TBCA = terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado y alimentados con calostro producido por vacas con altos RCS al secado; y TBCB = terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado y alimentados con calostro de vacas con bajos RCS al secado. Dentro de las 4 horas posteriores al parto fue administrado mediante sonda buco-esofágica 4 litros de calostro en función al tratamiento correspondiente. Se determinó la TIP lograda, a las 48 h de vida de manera directa e indirecta por diferentes técnicas (concentración de IgG por Inmunodifusión Radial y concentración de proteínas séricas totales por refractometría digital en % Brix; por analizador automático Dimension RXL Max y por refractometría óptica. Asimismo se determinó el consumo de IgG y la eficiencia aparente de absorción de IgG a nivel intestinal. No se observaron diferencias significativas en la TIP lograda entre los diferentes tratamientos ($P = 0,615$) sin embargo se observó un efecto del tipo de terneros, donde los terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado lograron una mayor TIP que los terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado (28,8 vs. 22,8 g/L respectivamente; $P = 0,007$) determinada por Inmunodifusión Radial. En relación al consumo de IgG, no se observó diferencias entre tratamientos ($P = 0,795$), sin embargo se observó un menor consumo en terneros que fueron alimentados con calostro producidos por vacas con altos RCS al secado, en comparación con terneros alimentados con calostros producidos por vacas con bajos RCS al secado (271,8 g vs 317,0 g respectivamente; $P = 0,046$). En la eficiencia de absorción aparente (EAA) de la IgG a nivel intestinal tampoco se observaron diferencias entre tratamientos ($P = 0,534$), sin embargo fue mayor en los terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado que en los terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado (30,0 % vs 24,5% respectivamente; $P = 0,011$). En base a los resultados obtenidos en nuestro trabajo, podemos afirmar que los terneros nacidos de vacas con bajos recuentos de células somáticas lograron una mayor transferencia de inmunidad pasiva y mayor eficiencia aparente de absorción de IgG a nivel intestinal. Asimismo, el consumo de IgG, se afectó por el tipo de calostro utilizado, donde los terneros que fueron alimentados con calostro producido por vacas con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado lograron un mayor consumo total de IgG.

SUMMARY

The purpose of this experiment was to evaluate the passive immunity transfer process (TIP) in calves born and fed with colostrum from dairy cows with high or low somatic cell counts at the time of drying. For this, 40 dairy cows were selected from the dairy herd of the Experimental Field N ° 2 in Libertad, Veterinary Faculty and were assigned to 2 groups based on the somatic cell count (SCC) in the last three months prior to drying. From these 2 groups of cows, calves and colostrum were obtained and with a factorial design, 4 groups of 10 calves each, were formed and assigned to one of the following treatments: TACA = calves born from cows with high SCR on drying, fed with colostrum produced by cows with high SCR; TACB = calves born from cows with high SCR on drying and fed with colostrum produced by cows with low SCR on drying; TBCA = calves born from cows with low SCR on drying and fed with colostrum produced by cows with high SCR on drying; and TBCB = calves born from cows with low SCR on drying and fed with colostrum from cows with low SCR on drying. Within the first 4 hours, 4 liters of colostrum was administered by oral-esophageal tube depending on the corresponding treatment. The TIP achieved at 48 h of life was determined directly and indirectly by different techniques IgG concentration by Radial Immunodiffusion and concentration of total serum proteins by digital refractometry in% Brix; by Dimension RXL Max automatic analyzer and by optical refractometry. Also, the consumption of IgG and the apparent efficiency of absorption of IgG at the intestinal level were determined. No significant differences were observed in the TIP achieved with the different treatments ($P = 0.615$), however an effect of the type of calves was observed, where calves born from cows with low SCR when drying, achieved a higher TIP than calves born from cows with high SCR at the drying moment (28.8 vs. 22.8 g / L respectively; $P = 0.007$) determined by Radial Immunodiffusion. Regarding the consumption of IgG, no differences were observed between treatments ($P = 0.795$) Nevertheless, a lower consumption was observed in calves that were fed with colostrum produced by cows with high SCR when dried, compared to calves fed with colostrum produced by cows with low SCR upon drying (271.8 g vs 317.0 g respectively; $P = 0.046$). In the apparent absorption efficiency (EAA) of IgG at the intestinal level, differences were not observed between treatments ($P = 0.534$), although, it was higher in calves born from cows with low SCR when drying than in calves born from cows with high SCR upon drying (30.0% vs 24.5% respectively; $P = 0.011$). Based on the results obtained in our work, we can affirm that calves born from cows with low somatic cell counts, achieved a greater transfer of passive immunity and a greater apparent efficiency of absorption of IgG at the intestinal level. Likewise, the consumption of IgG was affected by the type of colostrum used, where the calves that were fed with colostrum produced by cows with low somatic cell counts at the time of drying achieved a higher total consumption of IgG.

INTRODUCCIÓN

La producción lechera en Uruguay es de gran importancia sociocultural y económica, ya que genera una gran cantidad de puestos de trabajo y una significativa cantidad de productos lácteos, que representan una importante fuente de alimentos para la población nacional. Uruguay presenta la capacidad de producir leche suficiente para alimentar a más de 20 millones de personas en solo un 5 % de su territorio, el cual se presenta principalmente en el litoral oeste.

La industria lechera a nivel mundial se ve afectada por diversos factores, destacándose patologías como la mastitis, siendo esta, la principal causa de pérdidas económicas importantes (Rabello et al., 2005); (Wellenberg, Van der Poel y Van Oirschot, 2002). A su vez, a nivel nacional, la mastitis es una enfermedad endémica que produce grandes pérdidas económicas para el sector (Giannechini et al., 2014). El promedio de recuento de células somáticas (RCS) de tanque en Uruguay es de 286.000 células/mL, pero solo un 53% de los productores presentan RCS de tanque < 300.000 células/mL, y un 37% de las muestras se encuentran entre 300.000-400.000 cel/mL (Ponce de León, 2017).

A su vez, debido a la naturaleza de la placenta de los rumiantes, las inmunoglobulinas (Ig) presentes en la sangre de la madre no traspasan la barrera materno fetal, y por lo tanto el ternero nace hipogammaglobulinémico y así depende casi enteramente de la absorción de Ig materna del calostro después del nacimiento (Godden, 2008). La ingesta de calostro materno por el ternero neonato constituye la principal fuente de anticuerpos, que son fundamentales para combatir infecciones por diversos microorganismos patógenos que ocurren frecuentemente durante las primeras horas de vida (McGuirk y Collins, 2004).

La absorción de inmunoglobulinas calostrales maternas a través del intestino delgado se da durante las primeras 24 horas de vida del ternero y se conoce como el fenómeno de transferencia de inmunidad pasiva (TIP), período en el cual el intestino delgado es permeable a la absorción de macromoléculas. Luego de pasadas las 24 horas de vida, el intestino deja de ser permeable a la absorción de macromoléculas intactas, por lo que serán digeridas y reducidas a sus péptidos y aminoácidos constituyentes indicando el final de la TIP (Godden, 2008).

La importancia de utilizar un calostro de buena calidad radica en lograr una adecuada TIP en terneros que es determinante para lograr la supervivencia de los terneros neonatos ya que los que no la reciben son más susceptibles a la mayoría de las enfermedades neonatales y tienen mayor probabilidad de morir (Robison, Stott y DeNise, 1988; Donovan, Dohoo, Montgomery y Bennett, 1998; Wittum y Perino, 1995). A nivel internacional, el porcentaje de terneros con falla en la TIP va desde 10 a 40% (Barry et al., 2019; Beam et al., 2009; Lawrence, Broerse, Hine, Yapura y Tulley, 2017; Trotz Williams, Leslie y Peregrine, 2008), y la producción de calostros de baja calidad oscila entre 15 y 77% (Barry et al., 2019; Dunn et al., 2017; Morrill et al., 2012; Phipps et al.,

2016). En Uruguay no hay información comparable respecto de TIP, ni sobre calidad de calostro. Sin embargo, Schild (2017) reporta que en el 60% de los tambos relevados se realiza calostrado natural, lo que posiblemente perjudicaría la TIP y contribuiría a explicar la alta mortalidad en la crianza registrada (18%).

En función a la información expuesta anteriormente, y considerando que vacas con RCS >200.000 células/mL se consideran con inflamación de la glándula mamaria (Ruegg y Reinemann, 2002), podemos inferir que la infección de la glándula mamaria es un problema importante en el rodeo lechero, que podría incidir negativamente en la calidad del calostro producido, y esto podría afectar el proceso de transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Principales características de la producción lechera en Uruguay

La producción lechera en Uruguay es un rubro con gran importancia sociocultural y económica, generando esta actividad una gran cantidad de puestos de trabajo, principalmente el trabajo familiar, y de productos lácteos, que representan una importante fuente de alimentos para la población nacional. Uruguay presenta la capacidad de producir leche suficiente para alimentar a más de 20 millones de personas en solo un 5 % de su territorio, el cual se presenta principalmente en el litoral oeste. Actualmente el 73% de los productores remiten su producción a plantas industrializadoras y el restante 27% producen queso artesanal (INALE, 2021).

En los últimos años ha aumentado la demanda de leche de calidad por parte de las plantas industrializadoras, debido principalmente al aumento de las exportaciones y del consumo interno de los productos lácteos. Debido a esto, el sector lechero uruguayo, experimentó un proceso de intensificación productiva, aumentando considerablemente la producción de leche por hectárea. Este incremento se explica por una mayor producción de leche individual por vaca, una reducción del número de predios lecheros, un aumento del número de vacas en ordeño por unidad de superficie y por cambios en la alimentación de los rodeos lecheros que anteriormente producían exclusivamente a base de pasturas y en la actualidad incorporan en la dieta un mayor porcentaje de reservas y concentrados (DIEA, 2014 y 2019).

Asimismo, es de destacar el incremento del contenido de sólidos (grasa y proteína), llevando esto a un aumento de sólidos totales, como también de la calidad de la materia prima siendo esto atribuible a la mejora que se obtuvo en genética y también al manejo de la alimentación. (INALE, 2014).

El criterio de pago en Uruguay se realiza en base a una ecuación que incluye al contenido de grasa butirométrica y proteína, con una penalización por volumen. Este pago de leche por calidad es una medida eficaz para la mejora de la cadena láctea, logrando productos de mayor calidad, más seguros para los consumidores, lo cual toma cada vez mayor relevancia (Ibarra García, 2011). Además existen bonificaciones por calidad relacionada al recuento bacteriano (ufc/ml) y RCS (cel./ml), haciendo referencia a la calidad higiénica y sanitaria de la leche respectivamente, teniendo esta última alta relación con la presencia de mastitis (De Torres, 2010). Estos aspectos, día a día adquieren mayor relevancia al comprobarse sus efectos en la capacidad productiva de los animales y rendimiento industrial (Ibarra García, 2011).

En cuanto a la crianza de las hembras de reemplazos productivos, en Uruguay se destaca el uso de sistemas de crianza individual, en estaca al aire libre, y, en los casos de cría colectiva el sistema que más se utiliza es corrales comunitarios al aire libre (Schild, 2017). Respecto al tipo de alimento suministrado en la etapa de crianza, la leche constituye el alimento por excelencia en el periodo de crianza, siendo suministrado en forma permanente en el 96 % de las explotaciones, administrando un mínimo de 2 L y un máximo

de 8 L diarios (Schild, 2017). Con respecto al método de calostrado de los terneros neonatos, el 62% de los productores realizan calostrado natural, el 29% realiza calostrado natural y artificial solamente a los terneros más débiles, y solamente el 9% restante calostrado artificialmente a todos los terneros (Schild, 2017).

Asimismo, Schild (2017), reporta que en Uruguay, la edad promedio al desleche es de 73 días (10,4 semanas), con un mínimo de 30 días y un máximo de 120 días y en relación al desleche el autor menciona que el método mayormente utilizado es el desleche gradual durante varios días (74% de los productores), mientras que el restante 26% de los productores realiza un desleche abrupto (de un día para el otro).

En cuanto a la recría podemos mencionar que es el periodo que transcurre desde que el animal finaliza la crianza (2 a 3 meses de edad) hasta que obtiene su primer parto. En los sistemas de producción de leche, el costo de criar las terneras y vaquillonas de reemplazo representa el segundo mayor costo variable luego de la alimentación (Tozer y Heinrichs, 2001).

En nuestro país, dicho período se puede realizar en el propio predio, en caso que el productor opte por criar sus propios reemplazos, o fuera del mismo, si el productor opta por realizar la recría en predios especializados o incluso podría adquirir los reemplazos a otro productor (Mendoza, 2007). El campo de recría o campos especializados es una forma de organización de la producción lechera, que brinda la posibilidad de aumentar el rodeo en ordeño y derivar las categorías no lactantes a otras superficies. En este esquema, el productor lechero envía sus animales al campo de recría con 150-200 kg de pesos vivo y las vuelve a retirar cuando la misma presenta una gestación de 7 meses con 476 kg de pesos vivo aproximadamente, determinando un tiempo de permanencia en el campo de 22 meses (Repetto, Mendoza, Antunez y Cajarville, 2016) alcanzando ganancias de peso medias de 420 g por día (Costa et al., 2010).

En el caso de Uruguay, la edad promedio al primer parto es de 30,4 meses, y el 26% de los animales tiene su primer parto luego de 36 meses (INML, 2020), por lo tanto, el mantenimiento de estos animales improductivos determina que el objetivo primario en esta etapa sea disminuir la edad al primer servicio (15 meses) y al parto (24 meses) (Abeni, Calamari, Stefanini y Pirlo, 2000; Day y Anderson, 1998). Si bien los puntos mencionados anteriormente vienen mejorando lentamente esto indica en gran medida la baja prioridad que tiene la recría a nivel nacional al momento de asignarse los recursos del tambo tanto por técnicos como productores, teniendo así una baja eficiencia en el proceso de recría y por lo tanto de producción de leche (Mendoza, 2007; Repetto et al., 2016).

Importancia de la mastitis en los sistemas de producción lechera.

Respecto a la mastitis, podemos mencionar que es el término el cual se utiliza para referirse a la inflamación de la glándula mamaria, independientemente de la causa, y se caracteriza por cambios físicos, químicos y usualmente cambios bacteriológicos en la leche, así como cambios patológicos en los tejidos glandulares (Biesenkamp-Uhe, Li, Hehnen y Sachse, 2007). Las condiciones climatológicas, la variación estacional, la densidad, el alojamiento del ganado y las condiciones de manejo pueden afectar la incidencia y etiología (Blowey y Weaber, 2004).

En cuanto a la incidencia de mastitis a nivel mundial, se considera la patología más importante en la industria lechera, causando pérdidas económicas significativas (Wellenberg et al., 2002; Rabello et al., 2005). Dentro de esas pérdidas, se destacan, los costos de tratamiento y prevención, el tiempo de trabajo destinado a tratamientos, la disminución en el precio recibido por kg de leche debido al alto RCS. Además, la disminución de producción en el rodeo y el desvío de leche no remitida (Seegers, Fourichon y Beaudeau, 2003). Las pérdidas mundiales, anuales debido a la mastitis, se han estimado en 35 billones de dólares (O'Flaherty et al., 2005; Wellenberg et al., 2002). Romero (2004), menciona que los costos de mastitis en Estados Unidos son de alrededor de 107 a 180 dólares por vaca.

A nivel nacional, la mastitis es una enfermedad endémica que también produce grandes pérdidas económicas (Giannechini et al., 2014), que en promedio podrían alcanzar a 26 millones de dólares anuales (Giannechini et al., 2002). El promedio de RCS del tanque es de 286.000 células/mL, pero solo un 53% de los productores presentan RCS de tanque <300.000 células/mL, y un 37% de las muestras se encuentran entre 300.000-400.000 cel/mL (Ponce de León, 2017). A su vez, la incidencia de mastitis clínica en la región Litoral Oeste es de 14,4% y para la cuenca tradicional del sur el porcentaje es de 10.9%, siendo la incidencia de mastitis subclínica un 49.8% (Giannechini et al., 2002).

Importancia de la transferencia de inmunidad pasiva y de la eficiencia aparente de absorción en bovinos.

Debido a la naturaleza de la placenta de los ruminantes, las inmunoglobulinas (Ig) presentes en la sangre de la madre no traspasan la barrera materno fetal, y por lo tanto el ternero nace hipogammaglobulinémico, dependiendo de esta manera de la transferencia de inmunidad de la madre a través de la ingesta del calostro después del nacimiento (Godden, 2008). De este modo, la ingesta de calostro materno por el ternero neonato constituye la principal fuente de anticuerpos, que son fundamentales para combatir infecciones por diversos microorganismos patógenos que ocurren frecuentemente durante las primeras horas de vida (McGuirk y Collins, 2004).

El calostro es la primera secreción posparto de la glándula mamaria y su ingestión por parte del ternero neonato es de vital importancia por su gran

contenido de inmunoglobulinas. El mismo también se caracteriza por ser una fuente rica de energía debido a su alto contenido de sólidos. Además presenta otros componentes tales como, minerales, vitaminas, citoquinas, factores de crecimiento, hormonas, y leucocitos maternos (Godden, 2008). Las principales inmunoglobulinas que contiene son, Inmunoglobulina G (IgG), IgA, IgM y representan aproximadamente el 85% a 90%, 5% y 7%, respectivamente, de la Ig total en el calostro (Larson, Heary y Devery, 1980).

La absorción de inmunoglobulinas calostrales maternas a través del intestino delgado se da durante las primeras 24 horas de vida del ternero y se conoce como el fenómeno de transferencia de inmunidad pasiva (TIP), período en el cual el intestino delgado es permeable a la absorción de macromoléculas. Luego de pasadas las 24 horas de vida, el intestino deja de ser permeable a la absorción de macromoléculas intactas, por lo que serán digeridas y reducidas a sus péptidos y aminoácidos constituyentes indicando el final de la TIP (Godden, 2008).

Lograr una adecuada TIP, le permitirá al neonato protegerse contra enfermedades infecciosas mientras que su sistema inmune llega a ser funcional (Nocek, Braund y Warner, 1984; Robison et al., 1988; Sasaki, Davis y Larson, 1983).

Se puede afirmar que el proceso de TIP fue exitoso cuando se logra una concentración sérica de IgG en el ternero mayor a 10 g/L entre las 24 y 48 hs de vida (Godden, 2008). Esto es posible cuando un ternero de 40 kg consume el equivalente al 8,5 – 10,0% de su peso de un calostro de buena calidad antes de las 12 horas de vida, logrando una ingesta mínima de 150 a 200 g de IgG (Conneely et al., 2014).

La calidad y cantidad de calostro y tiempo entre el nacimiento y la primera ingesta, no sólo influyen en la TIP, sino que también juegan un rol importante en la eficiencia aparente de absorción (EAA). En terneros recién nacidos, las células epiteliales intestinales comienzan a perder la capacidad de absorción de macromoléculas intactas a medida que transcurren las horas de nacido (Abel Francisco y Quigley, 1993; Rajala y Castrén, 1995). Esto se define como la EAA. Según Stott, Marx, Menefee y Nightengale (1979), dentro de los tres factores mencionados, el tiempo transcurrido entre el nacimiento y la primera ingesta sería el factor de mayor impacto en la EAA, seguido por la masa de calostro ingerida.

Weaver, Tyler, VanMetre, Hostetler y Barrington (2000) reportan que la EAA disminuye desde el nacimiento, hasta prácticamente cero aproximadamente a las 24 horas de nacido. En un estudio realizado por Osaka, Matsui y Terada (2014), los autores reportaron que la concentración de IgG sérica en las primeras 24 horas de vida estuvo más influenciada por la cantidad de calostro ingerido que por la EAA de los terneros, ya que desde el nacimiento hasta las primeras 12 horas de vida del ternero, la absorción de IgG disminuyó en un 0.3%. Luego la disminución fue más acelerada, a las 18 hs del nacimiento había alcanzado un 2.5%. Estos datos sugieren que la EAA en las primeras horas de vida del ternero están más influenciadas por la cantidad de

inmunoglobulinas ingeridas que por las horas transcurridas en la primera alimentación con calostro, al menos dentro de las primeras 6 horas después del nacimiento.

Una inadecuada TIP, puede ocurrir cuando el recién nacido no absorbe la cantidad suficiente de IgG, comprometiendo la viabilidad del ternero neonato. Esta condición, conocida como falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), ha sido relacionada con una serie de consecuencias negativas en los parámetros productivos del animal. En terneras con una transferencia inadecuada de inmunidad pasiva, hubo ganancias de peso reducidas en los primeros meses de vida (Robison et al., 1988). Asimismo, la FTIP es un factor de riesgo para el desarrollo de neumonías y se ha asociado con altos índices de mortalidad (Virtala, Gröhn y Mechor, 1999; Wells, Dargatz y Ott, 1996). Además, la FTIP en terneras afecta la productividad a largo plazo, ya que una baja absorción de IgG está asociada con una disminución en la producción de leche durante la primera y segunda lactancia, y con un incremento en el descarte de vacas durante la primera lactancia (DeNise, Robison, Stott y Armstrong, 1989; Faber, Faber, McCauley y Ax, 2005). Nocek et al. (1984) reportaron que terneras con una FTIP presentaron bajas ganancias de peso, severos episodios de diarreas y mayores tasas de mortalidad.

Terneras que presentan FTIP, tendrán una respuesta inmune disminuida y su sistema inmunológico no será capaz de hacer frente a una invasión de organismos patogénicos (Jaster, 2005; Morin, McCoy y Hurley, 1997). Por lo tanto, es importante asegurarse que las terneras reciban una adecuada cantidad de un calostro de buena calidad dentro de las primeras horas de vida para facilitar una transferencia adecuada de inmunoglobulinas maternas.

El momento en que se suministra el calostro tiene un efecto marcado sobre la eficiencia aparente de absorción (EAA) de IgG y por lo tanto sobre la TIP. La EAA se estima aplicando la siguiente fórmula:

$$EAA = [\text{IgG en plasma (g/L)} \times \text{volumen de plasma (L)}] / \text{consumo de IgG (g)}.$$

Para lograr una buena EAA de IgG, el calostro debe ser ingerido en las primeras 3 a 6 horas de vida, y no más allá de las 12 horas, ya que la EAA declina a razón de un 0,66% por cada hora de retraso al momento de suministrar el calostro (Roche et al., 2015). En el mejor de los casos, la EAA no supera el 25 a 27 %, es decir, la absorción de IgG es naturalmente un proceso poco eficiente. En términos prácticos, cuanto antes se suministre el calostro al ternero, mayor será la eficiencia de absorción de IgG hacia la circulación sanguínea, y por ende mayores las chances de lograr una TIP exitosa (Osaka et al., 2014).

Determinación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos.

La evaluación del proceso de TIP en terneros se realiza a través de la determinación de la concentración sérica de IgG utilizando técnicas directas e

indirectas. En ambos casos esta determinación debería ser realizada entre las 24 y 72 h de vida, ya que la relación entre IgG y proteínas totales es más débil en animales mayores de edad (Quigley y Drewry, 1998). Sin embargo en un estudio realizado por Wilm, Costa, Neave, Weary y Von Keyserlink (2018), reportan que tanto con técnicas directas como indirectas se puede medir más allá de las 72 hs, manteniéndose una alta correlación con la concentración a las 24 h de vida, incluso hasta los 9 días de vida.

Las técnicas de determinación directas mayormente utilizadas son Inmunodifusión radial (IDR) y Elisa. La IDR es el método de referencia para determinar IgG en suero sanguíneo de terneros, considerada la técnica de referencia (Godden, 2008), sin embargo es una técnica que insume alto tiempo y costo para la determinación. Las muestras son aplicadas a los pocillos cortados en un gel de agarosa con anticuerpo con IgG bovino. Durante la incubación, la muestra se difunde a través del gel, y la IgG se une con el anticuerpo específico para IgG, formando un anillo de precipitación. El diámetro del anillo es proporcional a la cantidad de IgG presente en la muestra. La técnica es ampliamente adaptable, habiéndose usado para análisis cuantitativo de IgG en ovinos, caprinos y porcinos, además de calostro bovino y leche (Gapper, Copestake, Otter y Indyk, 2007). La prueba de ELISA es también una prueba aceptable para la determinación de la concentración de IgG. En este caso mide la interacción entre el antígeno y los anticuerpos contra el antígeno. Específicamente para la cuantificación de IgG bovina, se unen al antígeno en la superficie de la placa lo que resulta en la unión antígeno e IgG específica. La detección y cuantificación se basan en medición colorimétrica e interpolar con una curva estándar (Gapper et al., 2007). Al igual que la IDR, los gastos y la complejidad para analizar las muestras rutinariamente dificulta la adopción de la técnica. Sumado a esto, diferentes marcas de los kits de ELISA presentan diferencias en su precisión, optándose de esta manera por la utilización de la técnica IDR (Cuttance, Regnerus y Laven, 2019).

La técnica de determinación indirecta que más se utiliza, principalmente a nivel de campo, es la refractometría. Un refractómetro es un aparato portátil que mide la refracción de la luz al pasar a través de un líquido que es debida a diferencias en la densidad del mismo. Las diferencias en la refracción de la luz son debidas a variaciones en la concentración de sólidos totales, que en muestras de suero están mayormente representados por las proteínas totales, que a su vez están correlacionadas positivamente con la concentración de inmunoglobulinas, y específicamente de IgG (Godden, 2008).

Se utilizan refractómetros tanto ópticos como electrónicos. En el caso de los ópticos se pueden utilizar los refractómetros clínicos, que miden la densidad en una escala de g/dL o en °Brix. En el caso de los refractómetros electrónicos la escala de referencia es en °Brix (Cuttance et al., 2019). Una estimación mínima de 5,1 g/dL de proteínas totales en suero de terneros sanos o de 8,1% Brix, se corresponde con concentraciones de IgG en suero mayores a 10 g/L (Lombard, et al., 2020).

Factores que afectan el proceso de transferencia de inmunidad pasiva y la eficiencia aparente de absorción en terneros neonatos.

Los factores de mayor importancia para que haya una buena TIP son la calidad del calostro (concentración de IgG > 50 mg/mL y baja contaminación bacteriana), la cantidad de calostro ingerido y el tiempo transcurrido entre el nacimiento del ternero y la ingesta del calostro (Godden, 2008; Johnson, Godden, Molitor, Ames y Hagman, 2007; Weaver et al., 2000). Cuando alguno de estos factores no se cumple, la absorción de IgG no va a ser suficiente, y por lo tanto vamos a estar frente a una FTIP (Stott et al., 1979).

Está aceptado que un ternero neonato presenta FTIP, cuando la concentración sérica de IgG es menor a 10 g/L, medido entre las 24 y 48 horas post nacimiento del mismo (Weaver et al., 2000). Los terneros con FTIP son más propensos a adquirir enfermedades, aumentando así su morbilidad y además aumentando significativamente la mortalidad. En cuanto a la mortalidad Wells et al. (1996), reportaron que en terneros con concentración séricas de IgG <10 g/L, la tasa de mortalidad aumenta hasta más del doble.

Son varios los factores que afectan la calidad del calostro y por ende es importante conocerlos a la hora de evaluar, a continuación se mencionan esos factores.

La raza de las vacas es un factor de variabilidad en cuanto a la calidad de calostro, en este sentido (Guy, McFadden, Cockrell y Besser, 1994) reportaron que vacas de razas carniceras presentan una mayor concentración de IgG. Dentro de las razas lecheras la raza Holstein produce un calostro con un contenido total de IgG de 5.6%, el cual es menor a las otras razas como Guernsey, Brown Swiss y Ayrshire. La raza Jersey, es la raza lechera con mayor contenido de IgG, alcanzando el 9%. Estas variabilidades pueden estar relacionadas directamente a factores genéticos y/o de dilución (Godden, 2019).

La edad de la vaca es otro de los factores que tiene importancia a la hora de evaluar un calostro. Estudios reportan que a mayor edad de las vacas, mayor será la concentración de IgG y esto podría estar asociado a una mayor exposición a patógenos (Muller y Ellinger, 1981; Tyler et al., 1999, Morril et al., 2012).

Si la dieta recibida por las vacas en el parto está correctamente formulada para cubrir con los requerimientos de las vacas, la calidad del calostro no debería verse afectada por la nutrición en el parto (Drackley et al., 2011). Asimismo, (Mann et al., 2015) observaron que vacas alimentadas con una dieta con una densidad energética controlada para cubrir pero no exceder los requerimientos de energía durante el periodo seco, aumentaban la concentración de IgG en el calostro sin aumentar la producción de calostro en comparación con las dietas que ofrecían mayor energía.

En relación a la estación de partos y en cómo afecta eso sobre la calidad y cantidad de calostro, estudios han reportado que la exposición a altas temperaturas ambientales durante la etapa final de la gestación, están

asociados a calostros más pobres, concentraciones medias de IgG más bajas (Botero, 2013; Godden, 2008). Esto puede estar dado por el estrés que causan las altas temperaturas en los animales, provocando una disminución en la ingesta de MS y/o una reducción del flujo sanguíneo mamario que da como resultado una transferencia deficiente de IgG y nutrientes a la ubre (Godden, 2019). Ese calostro además de tener menor concentración de IgG, también posee menos IgA, y una disminución en el porcentaje de proteína total, caseína, lactoalbúmina, grasa y lactosa (Morin, Constable, Maunsell y McCoy, 2001; Nardone, Lacetera, Bernabucci y Ronchi, 1997).

Las inmunizaciones durante el período preparto en las hembras, no aumenta la concentración de IgG en el calostro, pero si tiene como resultado un aumento de las concentraciones de anticuerpos calostrales protectores específicos de antígeno y aumento de los títulos de anticuerpos pasivos en terneros de hembras vacunadas, y esta inmunización debe hacerse en vacas y vaquillonas preñadas, 3 a 6 semanas antes del parto (Godden, 2019).

En lo que respecta al periodo seco, se ha observado que vacas con periodos secos menores a recomendados (50 - 60 días), producen una menor producción de calostro (Godden 2019). En un estudio realizado por Rastani et al. (2005), se comprobó que vacas que tuvieron un periodo seco mayor, entre 28 y 56 d, presentaron mayor concentración de IgG producido en el calostro, en comparación con aquellas vacas que no tuvieron periodo seco o que el mismo fue menor a 21 días.

En cuanto al volumen de calostro producido en el primer ordeño (Pritchett, Gay, Besser y Hancock, 1991), reportaron que las vacas que producían más de 8.5 kg de calostro, tenían menor concentración de IgG, principalmente provocado por un efecto dilución. Estudios más recientes, mencionan que no existe una fuerte relación predecible entre concentración de calostro IgG y peso del calostro producido en el primer ordeño. (Godden 2019).

Otra de las causas de FTIP es un ordeño tardío del calostro. La concentración de inmunoglobulinas en el calostro es más alta inmediatamente después del parto, y comienza a disminuir a medida que transcurren las horas desde el parto hasta el momento de colecta. Es importante que el calostro sea recolectado lo antes posible luego del parto ya que luego de transcurridas 6 a 8 horas desde el parto, el calostro disminuye su calidad, debido a que disminuyen tanto los sólidos totales como la concentración de IgG (MacFarlane et al. 2015; Quigley, Lago, Chapman, Erickson y Polo, 2013).

Un aspecto importante que también afecta la calidad es la contaminación bacteriana. Un calostro con alta contaminación bacteriana, ya sea proveniente de la glándula mamaria o del ambiente, llevaría a que se logre una menor absorción de IgG en el intestino (James, Polan y Cummins, 1981). Un calostro de buena calidad higiénica sería aquel que presente un recuento bacteriano menor a 100.000 UFC/mL y recuento de coliformes totales menor a 10.000 UFC/mL (McGuirk y Collins, 2004).

Finalmente, con respecto a la mastitis, si bien hay datos que sugieren una asociación entre la mastitis y calostros de baja calidad, la información al respecto es limitada. Un estudio realizado por Maunsell et al. (1998) hace referencia a que las vacas con mastitis clínicas producirán un menor volumen de calostro y menor cantidad de IgG. Asimismo, Ferdowsi et al. (2010), reportaron que existe una asociación entre el aumento de recuento de células somáticas y la disminución en la concentración de IgG. En este sentido, Gulliksen, Lie, Solverod y Osteras (2008) informaron que un recuento de células somáticas de más de 500.000 células/mL fue el único factor que resultó significativo para la producción de calostro con baja concentración de IgG (menos de 30 mg/mL).

Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva a nivel internacional

La importancia de utilizar un calostro de buena calidad radica en que lograr una adecuada TIP en terneros es determinante para lograr la supervivencia de los terneros neonatos ya que los que no la reciben son más susceptibles a la mayoría de las enfermedades neonatales y tienen mayor probabilidad de morir (Donovan et al., 1998; Robison et al., 1988; Wittum y Perino, 1995). A nivel internacional, el porcentaje de terneros con falla en la TIP va desde 10 a 40% (Barry et al., 2019; Beam et al., 2009; Lawrence et al., 2017; Trotz et al., 2008), y la producción de calostros de baja calidad oscila entre 15 y 77% (Barry et al., 2019; Dunn et al., 2017; Morrill et al., 2012; Phipps et al., 2016).

En un estudio realizado en Costa Rica por Vargas-Villalobos, Elizondo Salazar y Noguera Solera en el año 2014, midiendo los niveles de proteína sérica total en terneros y terneras de razas lecheras (Holstein, Jersey y Holstein x Jersey), con edades de 1 a 7 días de vida, los niveles de proteína sérica total oscilaron entre 3,0 y 10,0 g/dL, con un promedio de 5,7 g/dL. Observando el promedio, no pareciera que la TIP fue un problema, pero también se reporta que el 40,5% de los animales evaluados presentaron FTIP (por debajo de 5,5 g/dL). Asimismo, observaron que cuando los terneros ingirieron calostro directamente de las madres, presentaron una falla en la TIP de 48,8%, mientras que los que se les administró mediante una mamadera presentaron un 34.1% de FTIP.

En Estados Unidos se estima que alrededor de un 35% de los terneros sufren falla en la transferencia de inmunidad pasiva (Morein, Bloomquist y Hu, 2007).

En Uruguay no hay información comparable respecto a la TIP, ni sobre calidad de calostro. Sin embargo, Schild (2017) reporta que en el 60% de los tambos relevados se realiza calostrado natural, lo que posiblemente perjudicaría la TIP y contribuiría a explicar la alta mortalidad en la crianza registrada (18%).

De todas formas, observando los datos de mortandad de terneros en distintos tambos de la cuenca lechera, Uruguay no estaría ajeno a la FTIP en terneros. Datos obtenidos en un estudio en el año 2014, reportan que la tasa de mortalidad perinatal es de 7,4% y la mortalidad en la crianza es de 10,8%, siendo la mortalidad total obtenida en el período de 0 a 70 días de 15,4%. De

todas esas muertes el 89% ocurrió en las primeras 3 semanas de vida, donde los principales signos observados fueron diarrea neonatal y síntomas respiratorios (Schild, 2017).

En el mismo estudio, Schild (2017) observó que varias prácticas relacionadas al calostrado, alimentación e higiene general se estaban realizando de forma incorrecta en una gran proporción de los tambos. Un ejemplo de esto es el calostrado, donde el 62% lo hace de forma natural, 29% artificial a los terneros más débiles y solo el 9% restante lo hace artificial a todos los terneros. De los establecimientos que realizan calostrado artificial solo el 9.4% administra 4 o más litros en las primeras 12 horas de vida de un calostro de calidad buena. En promedio lo que ofrecían es 2.5 litros, con un mínimo de 1 litro y un máximo de 6 litros. Además solo el 24,7% evalúa la calidad de calostro por medio del refractómetro y un 40% no evalúa la calidad del calostro.

Otro dato importante a tener en cuenta a nivel nacional, es el recuento de células somáticas (RCS) a nivel de tanque. En 2002, Giannechini et al., analizaron datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad de Leche de CONAPROLE en 1997, 1998 y 1999 que mostraron valores de recuento de células somáticas de 517.408, 480.716 y 458.142 cél/ml respectivamente. Estos datos son representativos para Uruguay ya que CONAPROLE recibe aproximadamente el 80% de las muestras de leche de tanque del país.

Teniendo en cuenta la información antes presentada tanto a nivel internacional como en Uruguay, podríamos suponer que la alta mortalidad en la cría existente en Uruguay está relacionada a una FTIP, que podría estar relacionada directamente con la calidad de calostro producido ya que existe un alto RCS en tanque a nivel de predios, lo que estaría indicando que en los rodeos la mastitis es un problema.

HIPÓTESIS

En función a los antecedentes expuesto nos planteamos las siguientes hipótesis:

Terneros que recibieron calostro producido por vacas con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado, lograrán una mayor transferencia de inmunidad pasiva, en comparación con terneros que recibieron calostro producido por vacas con altos recuentos al momento del secado.

Terneros nacidos de vacas con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado, lograrían una mayor eficiencia de absorción de IgG a nivel intestinal, en comparación con terneros nacidos de vacas con altos recuentos de células somáticas al momento del secado.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar cómo influyen los recuentos de células somáticas al momento del secado sobre el proceso de transferencia de inmunidad pasiva en terneros nacidos de vacas lecheras con altos o bajos recuentos de células somáticas, alimentados con calostro proveniente de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la transferencia de inmunidad pasiva en terneros nacidos de vacas lecheras con altos o bajos recuentos de células somáticas, alimentados con calostro proveniente de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado.

Evaluar la correlación existente entre la determinación de IgG por RID, determinación de PST por refractometría digital, refractometría óptica y analizador automático Dimension, utilizados para determinar la transferencia de inmunidad pasiva en terneros nacidos y alimentados con calostro producido por vacas de razas 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). El análisis de las muestras de suero sanguíneo de los terneros para la determinación de la concentración de Inmunoglobulina G y proteínas totales por refractometría se realizaron en el laboratorio del campo experimental N° 2 – Libertad de la Facultad de Veterinaria y por el analizador automático, en el laboratorio de la Plataforma de Salud Animal de INIA – La Estanzuela. 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, 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:

Del rodeo lechero del Campo Experimental de la Facultad de Veterinaria, se seleccionaron 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 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 (Promedio 117.000 cél/mL) 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 (Promedio 509.000 cél/mL). 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. Previo a las 6 horas posteriores al parto se llevó la vaca hasta la sala de ordeño para realizar la colecta total del calostro producido en el primer ordeño.

De esta manera, se obtuvieron 40 terneros que se dividieron en 2 grupos. Un grupo de 20 terneros nacidos de vacas con altos recuentos de células somáticas al momento del secado (TA) y un segundo grupo de 20 terneros nacidos de vacas con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado (TB). Asimismo, de esos grupos de vacas se obtuvieron dos grupos de calostros, un grupo de 20 calostros producidos por vacas con altos recuentos de células somáticas al momento del secado (CA) y otro grupo de 20 calostros producidos por las vacas con bajos recuentos de células somáticas (CB).

Para la puesta en práctica del experimento se utilizó un diseño factorial 2 x 2, combinando el efecto de 2 factores (tipo de ternero y tipo de calostro), cada uno con dos niveles (alto o bajos RCS), quedando determinados los siguientes 4 tratamientos:

TACA = Terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado, alimentados con calostro producido por vacas con altos RCS al secado.

TACB = Terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado, alimentados con calostro producido por vacas con bajos RCS al secado.

TBCA = Terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado, alimentados con calostro producido por vacas con altos RCS al secado.

TBCB = Terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado, alimentados con calostro producido por vacas con bajos RCS al secado.

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 periodo 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 agrupadas en un corral 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 retirar el 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, Tyler, Chigerwe, Dawes, Middleton, 2005). Todos los terneros fueron calostrados mediante sonda buco-esofágica con 4 litros de calostro dentro de las 4 h siguientes al parto, utilizando el tipo de calostro según corresponda el tratamiento. Todos los terneros recibieron calostros producidos por vacas diferentes a su propia madre. Posteriormente los terneros fueron alojados en bretes individuales hasta las 48 h de vida.

Mediciones y determinaciones:

Los calostros utilizados fueron obtenidos mediante ordeño mecánico. 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.

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.

Luego de nacidos y antes de la ingesta de calostro, todos los terneros fueron pesados con balanza electrónica para ganado (Terko- 1305 C)

A todos los terneros se les extrajeron muestras de sangre por venopunción yugular antes del suministro de calostro y a 48 h posteriores a la misma. Las muestras de sangre se tomaron en tubos sin anticoagulante, con vacío y separador de suero, que luego fueron centrifugadas a 3000 g durante 15 min para separar el suero. El suero se colocó en tubos eppendorf e inmediatamente congelados a -20°C hasta su análisis.

El consumo de IgG fue determinado multiplicando el volumen de calostro suministrado al ternero (litros de calostro) y la concentración de IgG (g/L) de ese calostro. La eficiencia de absorción aparente fue estimada de la manera descrita por Quigley et al. (1998), a partir de la concentración de IgG en suero, el volumen estimado de plasma de los terneros ($0,089 \times [\text{PV al parto (kg)}]$), el volumen de calostro ingerido y su concentración de IgG, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{EAA} = \frac{\text{IgG en suero (g/L)} \times \text{Volumen de plasma (L)}}{\text{Consumo de IgG (g)}} \times 100$$

En las muestras de suero se determinó la concentración total de IgG y proteínas séricas totales a la hora 0 (inmediatamente luego del parto, previo a la ingesta de calostro) y a las 48 h post ingesta de calostro. La concentración de IgG se determinó por Inmunodifusión Radial (RID), técnica de referencia (McBeath et al., 1971), utilizando un kit comercial (Bovine IgG test kit, Triple J Farms, Bellingham, WA, USA). La concentración de proteínas séricas totales se determinó por refractometría digital y óptica usando dos refractómetros comerciales marca ATAGO-Tokyo-Japón, modelos PAL-Grape Must y Master-

SUR/NM, respectivamente. La misma fue realizada al momento de la toma de muestra utilizando suero fresco sin congelar. La determinación de proteínas totales también fue realizada en el laboratorio de la Plataforma de Salud Animal de INIA – La Estanzuela mediante un analizador automático (Dimension RXL Max) a partir de las muestras de suero previamente congeladas.

Análisis estadístico:

Para el análisis de resultados de la concentración de IgG y de sólidos totales (determinado por todos los métodos), consumo de calostro y eficiencia de absorción aparente 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):

$$Y_{ij} = \mu + V_i + TT_j + TC_k + TT_j \times TC_k + e_{ijk},$$

Donde Y_{ij} es la variable dependiente, μ es la media general, V_i es el efecto aleatorio de la vaca, TT_j es el efecto fijo del tipo de ternero, TC_k es el efecto fijo del tipo de calostro, $TT_j \times TC_k$ es el efecto de la interacción entre el tipo de ternero y el tipo de calostro y e_{ijk} 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 y sexo de los terneros como covariables.

El estudio de relaciones entre las variables concentración de inmunoglobulina G, y proteínas séricas totales determinadas en % Brix, g/dL (por refractometría y por analizador automático) se realizó mediante análisis de correlación lineal simple, utilizando el procedimiento PROC CORR de SAS.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta la transferencia de inmunidad pasiva alcanzada a las 48 h de vida, por terneros neonatos nacidos y alimentados con calostros de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado. En la misma se observa que la interacción entre el tipo de ternero y el tipo de calostro no fue significativa para ninguna de las técnicas utilizadas.

Tabla 1. Transferencia de inmunidad pasiva alcanzada a las 48 h de vida, por terneros neonatos nacidos y alimentado con calostros de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado, evaluada por diferentes técnicas.

	Tratamientos ¹				EEM ²	P-Valor		
	TACA	TACB	TBCA	TBCB		TT ³	TC ⁴	TTxTC ⁵
Técnica⁶								
IgG (RID), g/L	22,7	22,9	27,4	30,0	2,10	0,007	0,548	0,615
Brix, %	8,9	8,9	9,8	9,6	0,35	0,034	0,848	0,676
PSTD, g/dL	6,9	7,0	7,7	7,5	0,30	0,038	0,897	0,668
PSTR, g/dL	6,2	6,0	6,6	6,9	0,30	0,033	0,814	0,352

¹Tratamientos: TACA=Terneros nacido de vaca con alto RCS al secado y calostro de vacas con altos RCS; TACB=Terneros nacido de vaca con alto RCS al secado y calostro de vacas con bajo RCS al secado; TBCA=Terneros nacido de vaca con bajo RCS al secado y calostro de vacas con altos RCS al secado; TBCB= Terneros nacido de vaca con bajos RCS al secado y calostro de vacas con bajos RCS al secado.

²EEM= Error estándar de la media.

³TT=Efecto factor tipo de ternero.

⁴TC=Efecto factor tipo de calostro.

⁵TTxTC= efecto de la interacción de los tratamientos.

⁶IgG=Determinación de IgG por Inmunodifusión Radial; Brix=Determinación de proteínas séricas totales por refractometría digital en % Brix; PSTD= Determinación de proteínas séricas totales por analizador automático Dimension RXL Max; PSTR= Determinación de proteínas séricas totales por refractometría óptica.

Tampoco se observaron diferencias significativas al evaluar el efecto del tipo de calostro utilizado, sin embargo, sí se observó diferencias significativas para el efecto del tipo de ternero determinado por todas las técnicas ($P < 0,05$). Se observó que los terneros nacidos de vacas con bajos RCS al secado (**TVBR**) lograron un mayor TIP determinada por las cuatro técnicas diferentes con respecto a los terneros nacidos de vacas con altos RCS al secado (**TVAR**). La concentración sérica de IgG determinada por RID fue de 22,8 g/L para TVAR y 28,8 g/L para TVBR (EEM = 1,49).

La concentración de PST determinada por refractometría en % Brix fue de 8,9 % y 9,7 % (EEM = 0,25) para TVAR y TVBR respectivamente. La PST determinada por el Dimension también fue menor en TVAR que en TVBR, siendo de 6,9 y 7,6 respectivamente (g/dL; EEM = 0,21). Asimismo, la concentración de PST determinada por refractometría óptica en TVAR fue de 6,1 g/dL mientras que en TVBR fue 6,8 g/dL (EEM = 0,22).

En la tabla 2 se presentan el consumo y la eficiencia de absorción (EAA) de IgG en terneros neonatos nacidos y alimentados con calostros de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado.

En cuanto al consumo de IgG en la interacción entre el tipo de ternero y tipo de calostro no se observaron diferencias significativas al igual que con la EAA. Sin embargo cuando miramos el factor calostro por sí solo, si observamos diferencias significativas ($P < 0,05$), pero no por el tipo de ternero, contrariamente a lo que sucede con la EAA, que fue afectada por tipo de ternero ($P < 0,05$) y no por el tipo de calostro.

Tabla 2. Consumo y eficiencia aparente de absorción de IgG en terneros neonatos nacidos y alimentados con calostros de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado.

	Tratamientos ¹					P-Valor		
	TACA	TACB	TBCA	TBCB	EEM ²	TT ³	TC ⁴	TTxTC ⁵
Consumo de IgG								
Total, g	281,0	332,2	262,5	301,7	22,51	0,307	0,046	0,795
g/kgPV	8,6	9,9	7,9	9,4	0,63	0,391	0,029	0,901
EAA ⁶ de IgG, %	25,1	23,8	29,4	30,7	1,95	0,011	0,999	0,534

¹Tratamientos: TACA=Terneros nacido de vaca con alto RCS al secado y calostro de vacas con altos RCS; TACB=Terneros nacido de vaca con alto RCS al secado y calostro de vacas con bajo RCS al secado; TBCA=Terneros nacido de vaca con bajo RCS al secado y calostro de vacas con altos RCS al secado; TBCB= Terneros nacido de vaca con bajos RCS al secado y calostro de vacas con bajos RCS al secado. ²EEM= Error estándar de la media. ³TT=Efecto tratamiento tipo de ternero. ⁴TC=Efecto tratamiento tipo calostro. ⁵TTxTC= efecto de la interacción de los tratamientos. ⁶EAA= Eficiencia aparente de absorción.

Tabla 3. Ecuaciones de regresión simple y coeficientes de correlación lineal entre las diferentes técnicas utilizadas en la determinación de la transferencia de inmunidad pasiva de terneros neonatos nacidos y alimentado con calostros de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado.

Variables ¹	Ecuación del modelo	R ²	r	P- Valor
IgG vs. Brix	$y = 8,6313*(\text{Brix}) - 54,726$	0,789	0,89	<0,01
IgG vs. PSTD	$y = 9,6126*(\text{PSTD}) - 44,776$	0,805	0,90	<0,01
IgG vs. PSTR	$y = 8,9455*(\text{PSTR}) - 33,599$	0,734	0,86	<0,01
PSTD vs. PSTR	$y = 0,8875*(\text{PSTR}) + 1,419$	0,829	0,91	<0,01
PSTD vs. Brix	$y = 0,8479*(\text{Brix}) - 0,604$	0,874	0,94	<0,01
PSTR vs. Brix	$y = 0,8117*(\text{Brix}) + 1,041$	0,761	0,87	<0,01

¹IgG=concentración de IgG determinada por Inmunodifusión Radial; Brix= Proteínas séricas totales determinadas por refractometría digital en % Brix; PSTD= Proteínas séricas totales determinadas por analizador automático (Dimension RXL Max); PSTR= Proteínas séricas totales determinadas por refractometría por refractometría óptica (g/dL). r= Coeficiente de correlación

lineal

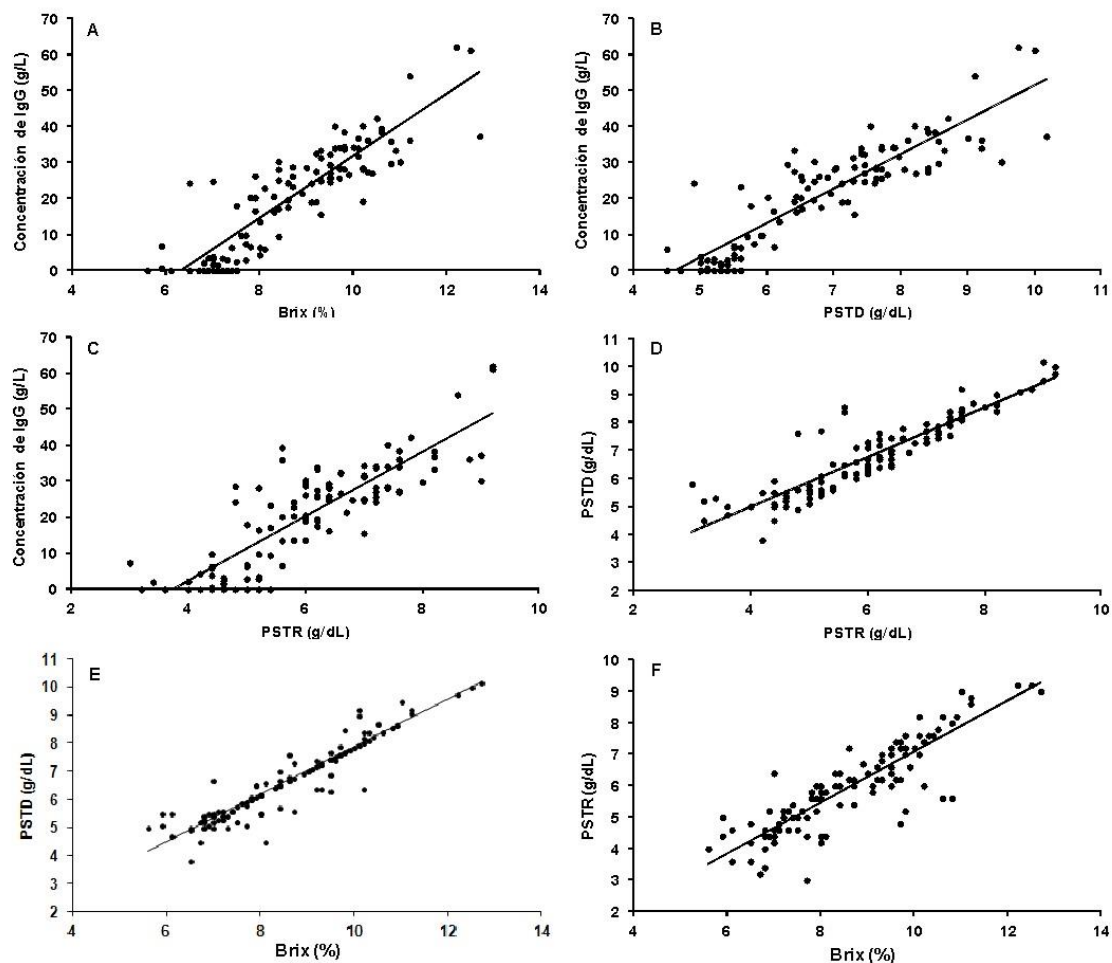


Figura 1. Relación entre la concentración de IgG y de proteínas séricas totales determinadas por diferentes técnicas en terneros neonatos nacidos y alimentado con calostros de vacas con altos o bajos recuentos de células somáticas al momento del secado. Concentración de IgG= Determinada por Inmunodifusión radial; Brix= concentración de proteínas séricas totales por refractometría digital; PSTD= Proteínas séricas totales determinadas por analizador automático (Dimension RXL Max); PSTR= Proteínas séricas totales determinadas por refractometría por refractometría óptica.

En relación al consumo de IgG, los terneros que consumieron calostros de vacas con bajo RCS al secado (CVBR) consumieron una Brix mayor cantidad de IgG que los terneros que consumieron calostros de vacas con altos RCS al secado (CVAR) siendo 317,0 y 271,8 g respectivamente ($P < 0,05$, EEM = 15,31). Esto mismo se evidencia en el consumo de IgG medido en g/Kg PV, el cual fue de 9,7 para los terneros que consumieron CVBR y 8,3 cuando los terneros consumieron CVAR ($P < 0,05$, EEM = 0,43).

En la EAA de IgG, se observó diferencias significativas para el tipo de ternero, donde los TVBR lograron una mayor EAA alcanzando un 30,0% de EAA de la

IgG consumida mientras que los TVAR lograron una eficiencia del 24,5% (EEM=1,39).

En la tabla 3, se presentan las ecuaciones de los modelos de regresión simple y los coeficientes de correlación determinados entre las diferentes técnicas utilizadas en la determinación de la TIP en este trabajo. Se observa que todas las técnicas presentan una alta correlación cuando se comparan entre ellas. Es de destacar que, para estimar la concentración sérica de IgG en terneros neonatos, la determinación de PST por métodos automatizados son los que presentaron mayor correlación. Asimismo, la mayor correlación entre los diferentes métodos se observó entre los dos métodos de determinación de PST por medio de equipos automatizados (Tabla 3; PSTD vs. Brix).

En la figura 1, se presenta la relación entre la concentración de IgG y PST determinadas por las diferentes técnicas utilizadas para estimar la TIP en este trabajo. Se observa que en todos los casos existe una relación lineal entre las concentraciones de IgG y de PST obtenidas por las diferentes técnicas, presentando en todos los casos una fuerte correlación (ver tabla 3).

DISCUSIÓN

No se observó diferencias significativas en la interacción entre factores a pesar de que ambos tratamientos con terneros nacidos de madres con bajos recuentos presentaron una concentración sérica de IgG 6 g/dL mayor que los nacidos de vacas con altos recuentos. Asimismo, se determinó la concentración de PST a través de 3 técnicas, ya que Godden (2008) menciona que la concentración de sólidos totales del suero está mayormente representados por las proteínas séricas totales. Las cuales tienen una correlación positiva con la concentración de inmunoglobulinas, principalmente la IgG. Según Lombard et al. (2020) el valor mínimo para una adecuada TIP es de 5,1 g/dL de PST y de 8,1% Brix que equivale a 10 g/L de IgG. Tomando como referencia estos valores, observamos que en nuestro ensayo en todos los tratamientos y técnicas de determinación de PST se superó el límite inferior para una adecuada TIP. Siendo este límite superado también si evaluamos individualmente cada ternero.

Según Godden (2008) una TIP exitosa se logra cuando la concentración sérica de IgG en el ternero es mayor a 10 g/L entre las 24 y 48 horas de vida. En nuestro estudio la media de la concentración sérica de IgG en los terneros de todos los tratamientos superó ampliamente los 10 g/L. Esto puede estar explicado por qué todos los terneros fueron calostrados independientemente de que el calostro proviniera de vacas con bajos o altos RCS, consumieron 4 L de calostro (10% PV) inmediatamente luego del parto, estando dentro del rango recomendado por Conneely et al. (2014), quienes mencionan que para lograr una correcta TIP el ternero debe consumir el equivalente al 8,5 - 10% de su peso vivo de un calostro de buena calidad, antes de las 12 hs de vida.

Asimismo, esto determinó que los terneros de los cuatro tratamientos logaran un consumo total de IgG mayor a los 200 g/L, umbral recomendado por Conneely et al. (2014) para lograr una óptima TIP. A pesar de que se observó una diferencia de 45,2 g de IgG a favor del calostro de VBR comparado con el calostro de VAR. Esto podría estar explicado por qué a pesar de que se utilizaron calostros producidos por VBR y VAR, ambos tipos de calostro superaron una concentración mínima de IgG (50 g/L), umbral recomendado como lo mínimo necesario para lograr una correcta TIP (Weaver et al., 2000; Johnson et al., 2007; Godden, 2008).

Con respecto a la EAA no se observaron diferencias significativas en la interacción entre tratamientos siendo el promedio de la EAA para los cuatro tratamientos de 27% aproximadamente, lo cual está en concordancia por lo mencionado por Osaka et al 2014, quienes reportan que la EAA de la IgG a nivel intestinal en el mejor de los casos no superaría el 25 a 27%. Esto podría estar explicado porque en nuestro estudio todos los terneros fueron calostrados artificialmente, en las primeras horas de vida tal como menciona Stott et al. (1979), quienes reportan que el principal factor en la EAA es el tiempo transcurrido entre el nacimiento y la primera ingesta y que la EAA disminuye

desde el nacimiento hasta prácticamente cero a las 24 hs de nacido (Weaver et al., 2000).

Asimismo, se observó que el tipo de ternero fue significativo, donde los TVBR lograron una EAA un 5,5% superior que los TVAR y esto podría estar explicado por un factor congénito, sobre el cual no se encuentra información que pueda afirmar nuestra teoría.

En referencia a las diferentes técnicas utilizadas para la medición de la TIP a las 48 hs, se observó una alta correlación comparándolas entre sí, lo que brinda una gran confiabilidad en los resultados obtenidos. Esto también indica que a nivel de los establecimientos comerciales, no es de mera importancia la técnica utilizada sino que lo importante es medir para obtener la información así con ella poder analizar y tomar las decisiones adecuadas.

Respecto a la determinación de la concentración de IgG de manera indirecta a través de refractometría, tanto óptica como digital (g/dL y/o % Brix), está bien aceptado en la literatura científica, que la medición de proteínas totales presentes en el suero sanguíneo de terneros neonatos, está altamente correlacionado con la concentración de IgG, ya que la misma predomina dentro de las proteínas séricas totales (Godden 2008). Para decir que un ternero logró una correcta TIP, debe superar los 5,1 g/dL o 8,1% Brix, y estos valores se corresponderían con una concentración sérica de 10 g/L de IgG (Lombard et al., 2020).

En el análisis de correlación realizado en nuestro trabajo entre la concentración de IgG (g/L) y de proteínas séricas totales (expresadas tanto en g/L o en % Brix) se observó que existe una relación positiva entre estas dos variables, evaluadas por distintos métodos, lo cual es coincidente con lo que menciona Godden (2008). Asimismo, el coeficiente de correlación determinado entre la concentración de IgG y la concentración de PST en % Brix o g/dL (0,89 y 0,86 respectivamente) está dentro del valor reportado por Deelen, Ollivett, Haines, Leslie 2014 y Morrill et al 2013 para calostros de razas bovinas con una correlación 0,93 y 0,87 respectivamente.

En nuestro análisis el punto de corte en % Brix que corresponde a un suero de un ternero con una concentración de IgG de 10 g/L se corresponde con 7,5 % Brix y con 4,9 g/dL, medidos por refractometría digital y óptica respectivamente. Estos valores se asemejan a los reportados por Lombard et al., 2020, lo que de alguna manera valida los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Con respecto a los resultados obtenidos podemos concluir que en la interacción entre los factores evaluados, no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto la totalidad de los terneros evaluados lograron una adecuada TIP.

También podemos afirmar que los terneros nacidos de vacas con bajos recuentos de células somáticas lograron una mayor transferencia de inmunidad pasiva y mayor eficiencia aparente de absorción de IgG a nivel intestinal que los terneros nacidos de vacas con altos recuentos de células somáticas.

El consumo de IgG, se afectó por el tipo de calostro utilizado, donde los terneros que fueron alimentados con calostro producido por vacas con bajos recuentos de células somáticas al momento del secado lograron un mayor consumo total de IgG que los terneros nacidos de vacas con altos recuentos de células somáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel Francisco, S.F., Quigley, J.D. (1993) Serum immunoglobulin concentrations after feeding maternal colostrum or maternal colostrum plus colostral supplement to dairy calves.
- Abeni, F., Calamari, L., Stefanini, L., y Pirlo, G., (2000). Effects of daily gain in pre- and postpubertal replacement dairy heifers on body condition score, body size, metabolic profile, and future milk production. *J Dairy Sci* 83 (7):1468-1478.
- Barry, J., Bokkers, E.A.M., Berry, D.P., de Boer, I.J.M., McClure, J., Kennedy, E., 2019. Associations between colostrum management, passive immunity, calf-related hygiene practices, and rates of mortality in preweaning dairy calves. *J Dairy Sci* 102:10266–10276
- Beam, A.L., Lombard, J.E., Koprak, C.A., Garber, L.P., Winter, A.L., Hicks, J.A., Schlater, J.L. (2009). Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations.
- Biesenkamp-Uhe, C., Li, Y., Hehnen, H.R., Sachse. (2007). Therapeutic *Clamydophila abortus* and *C. pecorum*.
- Blowey, R., Weaver, A. (2004). Atlas a color de enfermedades y trastornos del Ganado vacuno. 2a edición. Ed. Elsevier. Madrid, España.
- Botero, J. (2013). Manejo Perfecto del Calostro.
- Conneely, M., Berry, D.P., Murphy, J.P., Lorenz, I., Doherty, M.L., Kennedy, E. (2014). Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:6991–7000.
- Costa, M., Bussoni, A., Mello, R., Santoro, M., Rodriguez, D., Landa, F., (2010). Campos de recría en el Uruguay: Gestión de los recursos y formas contractuales. *Agrociencia* 14: 66-76
- Cuttance, E.L., Regnerus, C., Laven, R.A., (2019). A review of diagnostic test for diagnosing failure of transfer of passive immunity in dairy calves in New Zealand. 278
- Day, M.L., Anderson, L.H., (1998). Current concepts on the control of puberty in cattle. *J Anim Sci* 76:1-15.
- De Torres, E., (2010). *Estudio de la evolución del recuento celular y el aislamiento bacteriano durante la lactancia en vacas lecheras* (Tesis de Maestría). Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 51 p.

- Deelen, S.M., Ollivett, T.L., D.M., Haines, D.M. y Leslie K.E. (2014). Evaluación de un refractómetro Brix para estimar suero de inmunoglobulina G concentración en terneros lecheros neonatales. P-3841
- Denise, S.K., Robison, J.D., Stott, G.H., Armstrong, D.V. (1989). Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J Dairy Sci* 72:552–554.
- DIEA (2014). Estadísticas del sector lácteo 2013. Informe especial No. 324. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo - Uruguay.
- DIEA (2019). Anuario Estadístico 2019. Producción animal: lechería comercial. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo - Uruguay.
- Dirección de estadísticas agropecuarias (2009). *La producción lechera en Uruguay*. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Serie de encuestas No278. Uruguay. 79 p.
- Donovan, G.A., Dohoo, I.R., Montgomery, D.M., Bennett, F.L. (1998). Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA.
- Drackley, J.K. (2011). The other side of the transition: Effects on colostrum and calf. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort-Wayne, Indiana, USA. pp: 71–77.
- Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., 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. *J Dairy Sci* 100:2068–2079.
- Faber, S.N., Faber, N.E., McCauley, T.C., Ax, R.L. (2005). Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Prof Anim Sci* 21:420–425.
- Ferdowsi Nia, E., Nikkhah, A., Rahmani, H.R., Alikhani, M., Mohammad Alipour, M., Ghorbani, G.R. (2010). Increased colostrum somatic cell counts reduce pre-weaning calf immunity, health and growth.
- Gapper, L.W., Copestake, D.E.J., Otter, D.E., y Indyk, H.E., (2007). Analysis of bovine Immunoglobulin G in milk, colostrums and dietary supplements: a review. *Anal Bioanal Chem* 389:93–109
- Giannechini, E., Concha, C., Rivero, R., Delucci, I., y Moreno - López J., (2002). Occurrence of clinical and subclinical mastitis in dairy herd in the west litoral region of Uruguay. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 43, 221 - 230.

- Giannecchini, E., Concha, C., Rivero, R., Delucci, I., Gil, J., y Salvarrey, L., (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., (2008). Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin Food Anim* 24:19– 39.
- Godden, S., Lombard, J.E. y Woolums, A.R., (2019). Calostrum Management for Dairy Calves.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Solverod, L., Osteras, O. (2008). Risk Factors Associated with Colostrum Quality in Norwegian Dairy Cows
- Guy, M.A., McFadden, T.B., Cockrell, D.C., Besser, T.E. (1994) Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows
- Ibarra García, A.A., (2011). Medio siglo en la lechería. Montevideo, Rusconi. 226 p
- INALE (2014). Fuerte incremento en la remisión de leche a plantas. Instituto Nacional de la Leche. Montevideo - Uruguay Disponible en: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.inale.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F12%2FSituaci%25C3%25B3n-y-perspectivas-lecher%25C3%25ADa-uruguaya-2014.pdf&clen=4511041&chunk=true>
- INALE 2021. Portal Web. Instituto Nacional de la Leche. Montevideo - Uruguay <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>
- James, R.E., Polan, C.E., Cummins, K.A. (1981) Influence of Administered Indigenous Microorganisms on Uptake of [Iodine-125] γ -Globulin In Vivo by Intestinal Segments of Neonatal Calves
- Jaster, E.H., (2005). Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G1 absorption in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 88:296-302.
- Johnson, J.L., Godden, S.M., Molitor, T., Ames, T., Hagman, D. (2007). Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves
- Larson, B.L., Heary, H.L., Devery, J.E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665-671.
- Lawrence, K., Broerse, N., Hine, L., Yapura, J., Tulley, W.J. (2017). Prevalence of failure of passive transfer of maternal antibodies in dairy calves in the Manawatu region of New Zealand.
- Lombard, J., Urie, N., Garry, F., Godden, S., Quigley, J., Earleywine, T. (2020). Recomendaciones de consenso sobre la inmunidad pasiva a

nivel de terneros y rebaños en terneros lecheros en los Estados Unidos. *J Dairy Sci.* (2020) 103: 7611–24.

- MacFarlane JA, Grove-White DH, Royal MD, Smith RF. 2015. Identification and quantification of factors affecting neonatal immunological transfer in dairy calves in the UK. *Vet Rec* 176: 625-631.
- Mann, S., Leal Yepes, F.A., Overton, T.R., Lock, L.A., Lamb, S.V., Wakshlag, J.J., Nydam, D.V. (2015) Effect of dry period dietary energy level in dairy cattle on volume, concentrations of immunoglobulin G, insulin, and fatty acid composition of colostrum
- Maunsell, F.P., Morin, D.E., Constable, P.D., Hurley, W.L., McCoy, G.C., Kakoma, I., Isaacson, R.E. (1998). Effects of Mastitis on the Volume and Composition of Colostrum Produced by Holstein Cows
- McGuirk, S.M., y M, Collins., (2004). Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20:593–603.
- Mendoza, A., (2007) El corral como alternativa para la recría del tambo. En curso de educación continua. Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero. INML. (2002). Informe técnico de primavera. Disponible en: <http://fagro2.fagro.edu.uy/dptos/prodanim/Zootecnia/documentos/informe%20tecnico.pdf> Acceso: 16/10/07.
- Moore, M., Tyler, J.W., Chigerwe, M., Dawes, M.E., Middleton, J.R. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 226:1375–1377.
- Morein, B., Blomquist, G., & Hu, K. (2007). Immune responsiveness in the neonatal period. *J. Comp. Pathol.* 137, S27-S31.
- Morin, D.E., Constable, P.D., Maunsell, F.P., McCoy, G.C. (2001). Factors Associated with Colostral Specific Gravity in Dairy Cows
- Morin, D.E., McCoy, G.C., y Hurley, W.L., (1997). Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 80:747-753.
- Morrill, K.M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrums on dairy farms in the United States. *J Dairy Sci* 95:3997–4005.
- Morrill, K.M., Polo, J., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., Tyler, H. (2013). Estimación de la concentración sérica de IgG usando tometry refracción con o sin fraccionamiento ácido caprónico. *J. Dairy Sci.* 96: 4.535-4.541.
- Muller, L.D., Ellinger, D.K. (1981). Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J Dairy Sci* 64:1727–30.

- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B. (1997). Composition of Colostrum from Dairy Heifers Exposed to High Air Temperatures During Late Pregnancy and the Early Postpartum Period
- Nocek, J.E., Braund, D.G., y Warner, R.G., (1984). Influence of neonatal colostrums administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrums on calf gain health, serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.
- O'Flaherty, S., Ross, R.P., Flynn, J., Meaney, W. J., Fitzgerald, G. F. y Coffey, A. (2005). Isolation and characterization of two anti-staphylococcal bacteriophages specific for pathogenic *Staphylococcus aureus* associated with bovine infections. *Letters in Applied Microbiology.* 41: 482–486.
- Osaka, I., Matsui, Y., y Terada, F., (2014). Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *J Dairy Sci* 97:6608–6612.
- Phipps, A.J., Beggs, D.S., Murray, A.J., Mansell, P.D., Stevenson, M.A., Pyman, M.F. (2016). Survey of bovine colostrum quality and hygiene on northern Victorian dairy farms. *J Dairy Sci* 99:8981–8990
- Ponce de León, F. (2017). Presentación: “Proyecto calidad de Leche”. Jornadas técnicas para técnicos de Conaprole 2017. Guazuvirá – Uruguay. En: <http://www.eleche.com.uy/files/2-calidad-de-leche?es>
- Pritchett, L.C., Gay, C.C., Besser, T.E., Hancock, D.D. (1991) .Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows.
- Quigley, J.D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., Polo, P. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum.
- Quigley, J.D., y Drewry, J.J., (1998). Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and post calving. *J Dairy Sci* 81:2779–2790.
- Rabello, R.F., Souza, C.R.V.M., Duarte, R.S., Lopes, R.M.M., Teixeira, L.M. y Castro, A.C.D. (2005). Characterization of *Staphylococcus aureus* Isolates Recovered from Bovine Mastitis in Rio de Janeiro, Brazil. *J. Dairy Sci.* 88: 3211 – 221.
- Rajala, P., Castrén, H. (1995) Serum immunoglobulin concentrations and health of dairy calves in two management systems from birth to 12 weeks of age.
- Rastani, R.R., Grummer, R.R., Bertics, S.J., Gümen, A., Wiltbank, M.C., Mashek, D.G., Schwab, M.C. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles.

- Repetto, J.L., Mendoza, A., Antunez, G., Cajarville, C., XLIV Jornadas Uruguayas de Buiatria NUEVOS PARADIGMAS EN LA CRIA Y RECRIA DE HEMBRAS LECHERAS.
- Robison, J.D., Stott, G.H., DeNise, S.K. (1988). Effects of passive immunity on growth and survival in dairy heifers. *J Dairy Sci* 71:1283–1287.
- Roche, J.R., Dennis, N.A., Macdonald, K.A., Phyn, C.V.C, Amer, P.R., White, R.R., y Drackley, J.K., (2015). Growth targets and rearing strategies for replacement heifers in pasture-based systems: a review. *Anim Prod Sci* 55:902–915.
- Romero, A.T., (2004). Situación actual de la mastitis en México. Dpto. Producción Animal, FMVZ-UNAM. México D. F. pp.122-134.
- Ruegg, P.L., Reinemann, D.J. (2002). Milk quality and mastitis tests. *Bov. Pract.* 36:41–54.
- Sasaki, M., Davis, C.L., Larson, B.L. (1983). Immunoglobulin IgG1 metabolism in new born calves. *J. Dairy Sci.* 60:623-626.
- Schild, C. (2017). *Caracterización de los sistemas de crianza y parto y estimación de las tasas de mortalidad de terneros y abortos vistos en establecimientos lecheros de Uruguay.* (Tesis de Maestría). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Seegers, H., Fourichon, C., y Beaudeau, F. (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research, BioMed Central*, 2003, 34 (5), pp.484- 485.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., y Nightengale, G.T. (1979). Colostral immunoglobulin transfer in calves. III. Amount of absorption. *J. Dairy Sci.* 62: 1902-1907.
- Tozer, P.R., y Heinrichs, A.J. (2001). What affects the costs of raising replacement dairy heifers: A multiple-component analysis. *J Dairy Sci* 84:1836-1844.
- Trotz Williams, L.A., Leslie, K.E., Peregrine, A.S. (2008). Passive Immunity in Ontario Dairy Calves and Investigation of Its Association with Calf Management Practices.
- Tyler, J.W., Steevens, B.J., Hostetler, D.E. (1999). Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *Am J Vet Res* 60:1136–9.
- Vargas Villalobos, O.A., Elizondo Salazar, J.A., y Noguera Solera, L. (2014). Factores relacionados con la falla en transferencia de inmunidad pasiva en terneras y terneros de lechería en la región central norte de costa rica. Recuperado de: <https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/14905/14182> . Fecha de consulta 19/07/2021.

- Vitrala, M.K., Gröhn, Y.T., Mechor, G.D. (1999). The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life.
- Weaver, D.M., Tyler, J.W., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E., Barrington, G.M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves.
- Wellenberg, G.J., Van der Poel, W.H.M., y Van Oirschot, J.T. (2002). Viral infections and bovine mastitis: a review. *Veterinary Microbiology*, Article 2361, pp. 2-21.
- Wells, S.J., Dargatz, D.A., Ott, S.L. (1996). Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prev Vet Med* 29:9–19.
- Wilm, J., Costa, J.H.C., Neave, H.W., Weary, D.M. y Von Keyserlink, M.A.G. (2018). Nota técnica: Concentraciones séricas de proteína total e inmunoglobulina G en terneros lecheros neonatales durante los primeros días de vida. *J. Dairy Sci.* 101: 6430–6436.
- Wittum, T.E., Perino, L.J. (1995). Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves.