

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**DETERMINACIÓN DE LA FALLA DE TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA  
EN TERNEROS Y SU ASOCIACIÓN CON PRÁCTICAS DE MANEJO EN TAMBOS  
DE URUGUAY**

por

**Gianni CRESCI RIVA  
Santiago GONZALEZ MOREDA**

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

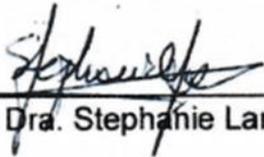
MODALIDAD: Estudio poblacional

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2023**

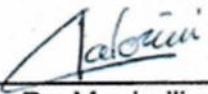
## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

  
Dra. Stephanie Lara

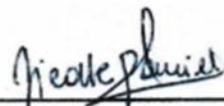
Segundo miembro (Tutor):

  
Dr. Maximiliano Pastorini

Tercer miembro:

  
Dra. Agustina Algorta

Cuarto miembro (Co-tutora):

  
Dra. Nicolle Pomiés

Fecha:

21/12/2023

Autores:

  
Gianni Cresci

  
Santiago González

## **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 compromiso, paciencia y dedicación. A nuestra co-tutora, Dra. Nicolle Pomies por su ayuda con la realización y redacción de dicha tesis y su compromiso.

A nuestras familias por el apoyo incondicional, esfuerzo, soporte y motivación constantes a lo largo de toda la carrera.

A todos los profesores de Facultad, que contribuyeron de una forma u otra en nuestra formación y nos brindaron las herramientas para nuestra futura profesión.

A los funcionarios de facultad, por su contribución en el día a día y hacer que todo siempre estuviera de la mejor manera.

A nuestros amigos y compañeros que formaron parte y fueron partícipes de todo este proceso de formación, sin dudas de las cosas más lindas que nos llevamos. Gracias por las experiencias y conocimientos compartidos.

Finalmente, a todos los que de una manera u otra colaboraron con el desarrollo de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS: .....	4
LISTA DE FIGURAS:.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY .....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	9
Producción lechera en Uruguay y sus características.....	9
Transferencia de inmunidad pasiva: implicancias e importancia del proceso en bovinos, y eficiencia aparente de absorción (EAA) .....	10
Determinación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos ....	12
Factores que afectan el proceso de la transferencia de inmunidad pasiva y de la eficiencia aparente de absorción de las IgG en intestino .....	14
Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva a nivel internacional y nacional .....	18
HIPÓTESIS: .....	20
OBJETIVO GENERAL: .....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	21
MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
Caracterización de los predios muestreados .....	22
Manejo de los animales y toma de muestra .....	24
Mediciones y determinaciones.....	24
Análisis estadístico.....	25
RESULTADOS .....	26
DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES .....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	35

### LISTA DE TABLAS:

TABLA 1 .....	23
TABLA 2 .....	23
TABLA 3 .....	23

TABLA 4 .....	26
TABLA 5 .....	26
TABLA 6 .....	29
TABLA 7 .....	30

**LISTA DE FIGURAS:**

FIGURA 1 .....	27
FIGURA 2 .....	27
FIGURA 3 .....	28

## RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la prevalencia de terneros con falla en la transferencia de inmunidad pasiva (**FTIP**) en tambos de la Cuenca Lechera Sur del Uruguay, y relevar las principales prácticas de manejo a nivel predial e individual realizadas en los predios que determinan el nivel de transferencia de inmunidad alcanzado. Para esto se llevó a cabo un relevamiento de 134 tambos con más de 30 vacas en ordeño ubicados en los departamentos de San José, Colonia, Florida y Canelones, los cuales fueron seleccionados por conveniencia de una muestra inicial de 360 previamente elegida al azar del total de tambos con declaración jurada al 2019. Se obtuvieron muestras de sangre de 1022 terneros neonatos entre los 1 y 5 días de vida y que no presentaran signos de deshidratación u otra enfermedad. Asimismo, junto a cada muestra de sangre se completó un formulario con información asociada directamente a cada ternero. Al llegar a cada establecimiento se aplicó un cuestionario recabando información sobre las diferentes prácticas de manejo, que pudieran constituir factores de riesgo asociados a FTIP. La transferencia de inmunidad pasiva (**TIP**) lograda se determinó directamente a partir de la concentración de IgG determinada por Inmunodifusión Radial (g/L), e indirectamente por refractometría en escala Brix (%) y clínica (g/dL). La proporción de terneros con FTIP fue de 14,3% (IC 95%; 12,1-16,4). Los terneros que recibieron calostrado artificial fueron los únicos que presentaron un nivel de FTIP por debajo de 10%, siendo los que recibieron un calostrado mixto los que presentaron una mayor proporción de terneros con FTIP, alcanzando el 21,6% y los que recibieron calostrado natural presentaron un 16% de FTIP. Los principales factores de riesgo vinculados al ternero que determinan la FTIP en los terneros fueron el tipo de calostrado ( $P = 0,016$ ) y la época de parto ( $P = 0,009$ ), teniendo 1,2 veces más chances de presentar FTIP un ternero que no fue calostrado de manera artificial frente a uno que sí recibió calostrado artificial y 0,63 veces más chance de FTIP un ternero que nació en invierno frente a las otras estaciones del año. En cuanto a factores de manejo asociados a la FTIP, uno de los factores más relevantes fue el asesoramiento técnico en el parto ( $P < 0,01$ ), y las condiciones del ambiente del parto y de la parición, como el encharcamiento del potrero del parto ( $P = 0,021$ ) y ambiente del corral de parición ( $P = 0,041$ ), donde un ternero que nace al aire libre tiene 1,7 veces más chances de FTIP que uno que nace en un ambiente bajo techo. En base a los resultados obtenidos en nuestro trabajo, podemos concluir que los terneros que fueron calostrados de manera artificial lograron una mayor transferencia de inmunidad pasiva, demostrando que el tipo de calostrado es un factor determinante en la TIP. La proporción de terneros con FTIP en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay es superior al 10% recomendado internacionalmente, pero sería posible lograr una mejora en base a la corrección de los factores de riesgo en los sistemas de producción.

## SUMMARY

The aim of this work were to determine the prevalence of calves with failure in the transfer of passive immunity (FTIP) in dairy farms in the Southern Dairy Basin of Uruguay, and to reveal the main management practices at the farm and individual level carried out on the farms that determine the level of immunity transfer achieved. For this, a survey of 134 dairy farms with more than 30 milking cows located in the departments of San José, Colonia, Florida and Canelones was carried out, which were selected for convenience from an initial sample of 360 previously chosen at random from the total of dairy farms with sworn declaration as of 2019. Blood samples were obtained from 1,022 neonatal calves between 1 and 5 days of age and that did not present signs of dehydration or other disease. Likewise, along with each blood sample, a form was completed with information directly associated with each calf. Upon arrival at each establishment, a questionnaire was applied to collect information on the different management practices that could constitute risk factors associated with FTIP. The passive immunity transfer (TIP) achieved was determined directly from the IgG concentration determined by Radial Immunodiffusion (g/L), and indirectly by refractometry on the Brix (%) and clinical scale (g/dL). The proportion of calves with FTIP was 14.3% (95% CI; 12.1-16.4). The calves that received artificial colostrum were the only ones that presented an FTIP level below 10%, with those that received mixed colostrum having a higher proportion of calves with FTIP, reaching 21.6%, and those that received colostrum natural presented 16% FTIP. The main risk factors linked to the calf that determine FTIP in calves were the type of colostrum ( $P = 0.016$ ) and the calving season ( $P = 0.009$ ), with a calf that was not 1.2 times more likely to present FTIP colostrum artificially compared to one that did receive artificial colostrum and 0.63 times more chance of FTIP in a calf that was born in winter compared to other seasons of the year. Regarding management factors associated with the FTIP, one of the most relevant factors was the technical advice in pre-calving ( $P < 0.01$ ), and the conditions of the pre-calving and calving environment, such as waterlogging of the pasture prepartum ( $P = 0.021$ ) and calving pen environment ( $P = 0.041$ ), where a calf born outdoors has 1.7 times more chances of FTIP than one born in an indoor environment. Based on the results obtained in our work, we can conclude that calves that were artificially colostrum achieved a greater transfer of passive immunity, demonstrating that the type of colostrum is a determining factor in TIP. The proportion of calves with FTIP in dairy farms in the Southern Dairy Basin of Uruguay is higher than the internationally recommended 10%, but it would be possible to achieve an improvement based on the correction of risk factors in production systems.

## INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la naturaleza de la placenta que presentan los bovinos, la cual no permite el pasaje de las inmunoglobulinas (**Ig**) presentes en la sangre de la madre por la barrera materno fetal, el ternero nace hipogammaglobulinémico. Por lo tanto, la ingesta del calostro de buena calidad inmediatamente luego del nacimiento del ternero es indispensable, ya que depende exclusivamente de la absorción de Ig materna proveniente del calostro (Godden, 2008). A la ingestión de calostro y posterior absorción de Ig a través del intestino delgado del ternero se denomina transferencia de inmunidad pasiva (**TIP**) (Lombard et al., 2020).

El momento en el que se suministra el calostro es de suma importancia debido a que afecta directamente a la eficiencia de absorción de IgG a nivel del intestino delgado y por consiguiente a la TIP lograda, siendo máxima en las primeras 4 horas de vida y a partir de las 6 horas comienza a disminuir progresivamente, hasta su cese aproximadamente a las 24 h (Godden, 2008). Lograr una correcta TIP está ampliamente reconocido como el factor de manejo más determinante en la salud y supervivencia del ternero neonato, reflejado en la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad antes del desleche (Godden, 2008). Además, trae asociado beneficios adicionales a largo plazo como la reducción de la mortalidad en el periodo posterior al desleche, mejor tasa de ganancia y eficiencia alimenticia, reducción de la edad al primer parto y mejor producción de leche en sus primera y segunda lactancia (Beam et al., 2009). Está ampliamente aceptado que terneros con una correcta TIP entre las 24 y 48 h de vida alcanzan una concentración sérica de  $IgG \geq 10$  g/L (Godden, 2008). Lombard et al. (2020) reportan que terneros con falla en la TIP (**FTIP**) tienen 30% de probabilidad de enfermar antes de los 14 días de vida, y un 10% de probabilidad de muerte en el mismo período.

A pesar que en la literatura está claramente especificado que medidas de manejo se deberían tomar para lograr una correcta TIP, se ha reportado a nivel internacional que el porcentaje de terneros con FTIP va desde 10 a 40% (Barry et al., 2019; Beam et al., 2009; Lawrence, Broerse, Hine, Yapura y Tulley, 2016; Trotz-Williams, Leslie y Peregrine, 2008), evidenciando que a nivel internacional la FTIP continúa siendo un problema a resolver, y Uruguay no es la excepción. Respecto a la situación en Uruguay, no hay antecedentes de estudios de relevamientos de predios lecheros ni de determinación directa de la concentración de IgG en terneros neonatos. Sin embargo, en un trabajo realizado por Silva y Armand Ugón (2001), en el cual se evaluó la TIP en 426 terneros provenientes de 7 tambos, determinaron que el 20% de los terneros tuvieron un calostrado deficiente a través del test de glutaraldehído. Más recientemente, en un trabajo de Caffarena et al. (2021) se determinó que el 28,4% de 95 terneros de un solo establecimiento presentaban un nivel inadecuado de TIP, evaluado a través de refractometría en %Brix. Asimismo, la mortalidad entre el nacimiento y los 75 días de vida en terneros de tambo en Uruguay se encuentra en un 15,2% anual (Schild et al., 2020). Dada esta alta mortalidad y que las prácticas de manejo respecto al calostrado parecieran no ser las ideales, se plantea la realización de este relevamiento y evaluación de la TIP en terneros neonatos en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### Producción lechera en Uruguay y sus características

La producción lechera es un rubro de gran importancia en nuestro país, generando una gran variedad de productos lácteos los cuales sirven de alimento para las personas de nuestro país, además brinda trabajo a unas 20.000 personas aproximadamente. Uruguay tiene la capacidad de producir leche para alimentar anualmente a 20 millones de personas, ocupando esta actividad solo el 5% del territorio del país, el cual se presenta principalmente en el litoral oeste del territorio nacional. Uruguay cuenta con 3300 productores lecheros, de los cuales, el 73% remiten su producción de leche a la industria y el restante 27% producen queso artesanal en su propio establecimiento. Se producen 2.200 millones de litros de leche anualmente, de los cuales el 70% se destina a la exportación a más de 60 mercados y el restante 30% se destina al consumo interno (Instituto Nacional de la Leche, INALE, 2023).

Según la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2021), la producción mundial de leche continúa una tendencia creciente, y la producción uruguaya también presentó un aumento de la producción total de leche, aumento del procesamiento predial y una leve caída en la cantidad de productores, cabezas de ganado y de la superficie total ocupada, pero con incrementos en la productividad y eficiencia. Este incremento se logra a través del aumento en la producción individual de leche por vaca y por aumento en el número de vacas por unidad de superficie, llevando a un aumento de litros de leche por hectárea. Asimismo, el cambio en la alimentación en los sistemas lecheros ha tenido influencia, ya que ha aumentado el uso de reservas y concentrados como complemento de las pasturas. Por otro lado, además del aumento de los litros producidos, también se ha incrementado el contenido de sólidos (grasa y proteína), llevando a un mayor porcentaje de sólidos totales en leche, lo cual mejora la calidad de la materia prima. Esto se lo puede atribuir tanto a la selección y mejora genética de los rodeos y a la mejora cualitativa de la alimentación de los mismos.

Con respecto a la cría en los predios lecheros de nuestro país, en un trabajo realizado por Schild et al., (2020) donde se realizó una encuesta a 225 tambos los autores reportan que en aquellos con más de 30 vacas en ordeño, la cría se realiza mayoritariamente al aire libre, alternando entre alojamiento individual y colectivo. En cuanto a la alimentación de los terneros se suministra a razón de 4,5 litros diarios de leche o sustituto lácteo en promedio, con un mínimo de 2 litros y un máximo de 8 litros diarios en dos tomas diarias (Schild, 2017). La edad promedio al desleche reportada por los productores fue de 73 días, con un mínimo de 30 días y un máximo de 120 días. Por otro lado, el 74% de los productores realizan el desleche gradual durante varios días, mientras que el 26% restante realiza un destete abrupto (Schild, 2017).

El 91% de los productores realiza el calostrado natural, dejando que los terneros mamen calostro directamente de la ubre de sus madres. Al realizar el calostrado natural, no es posible controlar el proceso de transferencia de inmunidad al ternero, ya que no se tiene control del volumen, la calidad ni el momento en el cual el calostro fue ingerido (Schild et al., 2020). En cuanto al calostrado artificial, solo el 9%

de los establecimientos realizaba esta práctica de forma rutinaria y de ellos solo el 10% administraba un volumen de calostro adecuado, el 24,7% evaluaba correctamente la calidad de calostro, el 69,4% calostraban antes de las 12 h, siendo este un tiempo adecuado, pero límite para la absorción intestinal de las inmunoglobulinas (Schild, 2017).

Esto se puede ver reflejado en el riesgo de mortalidad, ya que el mismo se considera uno de los mejores indicadores y más fidedigno de bienestar animal. Si bien este indicador en Uruguay es un fuerte reflejo del bajo nivel en el bienestar de los terneros, hay que tener en cuenta que en el 20% de los establecimientos encuestados reportaron porcentaje de mortalidad menor o igual al 8% (Schild et al., 2020).

Con respecto a las principales causas de muerte de los terneros, los síntomas clínicos más mencionados por los productores fueron, diarrea 85,1%, dificultad respiratoria 47,5%, debilidad 15,8%, onfalitis 15,7%, orina roja consistente con hemoglobinuria 10,9%, distensión abdominal 6,8% y signos neurológicos en un 3,4% (Schild et al., 2020).

Asimismo, Schild (2017) reporta una mortandad cercana al 15,4% de terneros hasta el día 75 de vida en el periodo julio 2013- junio 2014, con 7,4% de mortalidad perinatal (días 0 a 2 de vida) y 10,8% de mortalidad en la crianza (días 3 a 70 de vida). La principal estación asociada con la mortalidad de terneros fue invierno en un 65% de los establecimientos. Esto mantiene relación con los eventos climáticos que transcurren durante esta estación, como ser el frío y las lluvias, causantes de un 62,3 % y 68,1% de muertes respectivamente (Schild et al., 2020). La estación que le sigue asociada a mortalidad es el verano en un 3,2% de los establecimientos. Dichas muertes producidas en este periodo se asocian en un 6,4% al calor extremo (Schild et al., 2020).

### **Transferencia de inmunidad pasiva: implicancias e importancia del proceso en bovinos, y eficiencia aparente de absorción (EAA)**

Dado que el tipo de placenta de los bovinos no permite el pasaje de las IgG presentes en la sangre de la madre al feto, los terneros nacen hipogammaglobulinémicos y por lo tanto dependen exclusivamente de la absorción de Ig materna proveniente del calostro ingerido inmediatamente después del nacimiento (Godden, 2008). A la ingestión de calostro y posterior absorción de inmunoglobulinas a través del intestino delgado del ternero se denomina transferencia de inmunidad pasiva (**TIP**) (Lombard et al., 2020).

El calostro se define como la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto. Está constituido por una mezcla de secreciones lácteas y constituyentes del suero sanguíneo, siendo uno de sus principales las inmunoglobulinas y otras proteínas séricas, las cuales se acumulan en la glándula mamaria en el periodo seco preparto (Godden, Lombard y Woolums, 2019). El proceso por el cual se produce es denominado calostrogénesis, el cual comienza 3 a 4 semanas antes del parto durante el periodo seco. Dicho proceso se produce bajo la influencia de hormonas lactogénicas, entre ellas la prolactina, y el mismo cesa abruptamente en el momento del parto (Foley y Otterby, 1978). Dentro de los componentes que forman el calostro

las IgG, IgA e IgM representan aproximadamente el 90%, 5% y 7%, respectivamente, del total de Ig en el calostro (Larson, Heary y Devery, 1980).

La IgG es el principal anticuerpo (**Ac**) producido por el sistema inmune, el cual se encuentra presente en la circulación sanguínea y fluidos corporales. Es de gran importancia para combatir las infecciones, ya que, mediante unión directa, neutraliza los microorganismos patógenos. Por ende, es fundamental su correcta administración en las primeras horas de vida para asegurar un adecuado estado de salud del ternero (Mendoza, Caffarena, Morales y Giannitti, 2017). Otros constituyentes importantes del calostro incluyen, leucocitos, factores de crecimiento, hormonas, factores antimicrobianos no específicos y nutrientes. Dentro de los componentes bioactivos con actividad antimicrobiana se incluyen lactoferrina, lisozima y lactoperoxidasa (Elfstrand, Lindmark-Månsson, Paulsson, Nyberg y Åkesson, 2002). También se encuentran en concentraciones elevadas en el calostro bovino ciertas vitaminas y minerales, incluidos calcio, magnesio, zinc, vitamina A, vitamina E, caroteno, riboflavina, vitamina B12, ácido fólico, colina y selenio (Foley y Otterby, 1978).

El calostro también contiene altas cantidades de nutrientes y factores biológicamente activos no nutritivos que estimulan la maduración y la función del tracto gastrointestinal neonatal (Hammon, Steinhoff-Wagner, Flor, Schönhusen, y Metges, 2013). Además, tiene un alto contenido de sólidos totales lo cual hace de este una fuente rica de energía para el ternero recién nacido. Esto es de gran relevancia cuando nace expuesto a bajas temperaturas ambientales, ya que las reservas corporales son escasas y tiene poca cobertura pilosa, lo cual limita su capacidad para mantener la homeotermia (Foley y Otterby, 1978).

Los principales beneficios atribuibles al calostro, son debido a las inmunoglobulinas y a los altos niveles de nutrientes y compuestos bioactivos, los cuales estimulan el crecimiento y desarrollo del ternero luego de su nacimiento, y además genera una mejor tasa de ganancia, menor edad al primer parto, mejor leche de primera y segunda lactancia, y menor tendencia al descarte durante la primera lactancia (Faber, Faber, McCauley, y Ax, 2005).

El proceso de TIP se puede considerar exitoso cuando se logra una concentración sérica de IgG en el ternero mayor a 10 g/L entre las 24 y 48 h de vida (Godden, 2008). Principalmente, hay 4 factores claves que contribuyen a que el proceso de TIP sea exitoso: la alimentación del ternero con una cantidad de calostro suficiente (un ternero de 40 kg deberá consumir el equivalente al 8,5 – 10,0% de su peso vivo), de un calostro de buena calidad (concentración de IgG > 50 mg/ml), que el calostro sea ingerido dentro las primeras 6 horas de nacido y con la mínima contaminación bacteriana posible (Godden, 2008).

El momento en el que se suministra el calostro es de suma importancia debido a que afecta directamente a la eficiencia de absorción de IgG a nivel del intestino delgado y por consiguiente a la TIP lograda. La eficiencia en la absorción de Ig del calostro a través del epitelio intestinal del ternero disminuye linealmente a medida que transcurre el tiempo, a razón de 0,7% por hora (Roche et al., 2015), siendo máxima en las primeras 4 horas de vida y a partir de las 6 horas hay una disminución progresiva en la eficiencia de la absorción de Ig, hasta el cierre completo

aproximadamente a las 24 h (Godden, 2008). Luego de 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 (Weaver, Tyler, VanMetre, Hostetler, y Barrington, 2000).

Lograr una correcta TIP está ampliamente reconocido como el factor de manejo más importante que determina la salud y la supervivencia del ternero recién nacido, además de la reducción del riesgo de morbilidad y mortalidad antes del destete. Los beneficios adicionales a largo plazo asociados con una exitosa TIP incluyen la reducción de la mortalidad en el periodo posterior al destete, la mejora de la tasa de ganancia y eficiencia alimenticia y reducción de la edad al primer parto (Godden, 2008). A su vez, también afecta a las terneras en su futura producción de leche, ya que bajos niveles de IgG han sido asociados con una baja producción láctea en la primera y segunda lactancia (Beam et al., 2009).

En el trabajo de Lombard et al. (2020) se establecieron 4 categorías de TIP: Excelente TIP (igual o mayor a 25,0 g/L de concentración sérica de IgG), buena TIP (entre 18,0 – 24,9 g/L), aceptable TIP (10,0 – 17,9 g/L) y por último pobre TIP (menos de 10.0 g/L). A nivel de rodeo se propone que más del 40, 30, 20 y menos del 10% de los terneros tienen que estar en las categorías excelente, buena, aceptable y pobre TIP respectivamente (Lombard et al., 2020).

Existen reportes que una mayor concentración sérica de IgG está asociada con menor morbilidad y mortalidad en los primeros 60 días de vida (Lombard et al., 2020), observándose que a medida que mejoran las categorías disminuye la morbilidad. Respecto a la mortalidad se encontraron diferencias significativas entre las categorías buena y aceptable, en cambio no se observaron diferencias en la mortalidad entre las categorías excelente y buena TIP, mientras que si se observa que un mayor porcentaje de terneros tanto en las categorías aceptable y pobre TIP murieron en los primeros 60 días de vida.

### **Determinación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos**

La TIP es evaluada a través de la determinación de la concentración sérica de IgG (g/L), la concentración de proteínas séricas totales (**PST**; g/dL) o concentración de sólidos totales (%Brix) (Lombard et al., 2020).

La concentración sérica de IgG en terneros determinada al poco tiempo de su nacimiento es un criterio muy utilizado para determinar el grado de TIP adquirida (Quigley y Drewry, 1998). Una concentración de IgG mayor a 10 g/L, es indicativo de que el ternero neonato consumió calostro de buena calidad y en un volumen adecuado inmediatamente después de haber nacido (Lombard et al., 2020). En caso contrario, se considera que hubo una FTIP si la concentración sérica de IgG del ternero es inferior a 10 g/L (Godden, 2008).

La determinación de la concentración sérica de IgG en terneros se puede realizar por medio de diferentes técnicas que se pueden clasificar en directas e indirectas (Quigley y Drewry 1998). Tanto en los métodos directos como en los indirectos esta determinación tendría que ser realizada entre las 24 y 72 h post ingesta de calostro, ya que la relación entre la concentración de IgG y de proteínas totales es más débil

en animales mayores de edad (Quigley y Drewry, 1998). Igualmente se ha reportado que tanto con las técnicas directas como con las indirectas se puede determinar la concentración sérica de IgG más allá de las 72h, manteniéndose una alta correlación con la concentración a las 24 h de vida hasta los 9 días de vida (Wilm, Costa, Neave, Weary y von Keyserlingk, 2018).

Las técnicas de determinación directas se basan en la cuantificación de inmunoglobulinas séricas a través de la determinación de la concentración de IgG en suero, siendo las técnicas mayormente utilizadas la Inmunodifusión radial (**RID**) y ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (**ELISA**) (Sánchez-Salas, Elizondo-Salazar y Arroyo-Quesada, 2012).

La técnica RID es la técnica de referencia para la determinación de la concentración de IgG (*gold estándar*). Esta es una técnica cuantitativa, precisa y muy utilizada para determinar la concentración de IgG en muestras biológicas, además de otros antígenos solubles. Esta se basa en la difusión en forma radial de la muestra que contiene el antígeno que se quiere medir, en una placa de agar semisólida, en la cual está disuelto el Ac específico. El procedimiento consiste en colocar en los pocillos presentes en el agar semisólido la muestra biológica a estudiar, de manera que el antígeno difunda en forma radial, alcanzando la relación Ag-Ac que permita que se formen los precipitados visibles. Luego de que se produzca la difusión, se realiza la medición del radio de los precipitados, ya que este es proporcional a la concentración de antígeno (González, 2015).

Otro método directo, que es utilizado en la práctica, es la técnica de ELISA. Esta se basa en la interacción entre el antígeno (IgG bovina) y los anticuerpos producidos contra el mismo. Para la cuantificación de la IgG bovina, los anticuerpos producidos contra la IgG bovina se unen a la superficie de plástico de una placa de microtitulación de 96 pocillos ELISA y las muestras se aplican directamente a la superficie, dando como resultado que la IgG se una específicamente al anticuerpo. La detección y la cuantificación se basan en la medición colorimétrica del conjugado anticuerpo-enzima unido y la interpolación con una curva estándar (Gapper, Copestake, Otter y Indyk, 2007).

Como desventajas de las técnicas directas, observamos que la RID requiere de mucho tiempo, es costosa y es propensa a errores en el análisis. Al igual que la RID, la técnica de ELISA también comparte estas desventajas en relación a los costos y la complejidad para analizar las muestras rutinariamente, esto dificulta la adopción de la técnica. Sumado a estas dificultades, diferentes marcas de los kits de ELISA presentan diferencias en su precisión, optándose de esta manera por la utilización de la técnica RID (Cuttance, Regnerus y Laven, 2019).

Las técnicas indirectas estiman la concentración de inmunoglobulinas a través de la medición de las proteínas totales del suero. La técnica de determinación indirecta que más se utiliza, principalmente a nivel de campo, es la refractometría la cual se puede realizar tanto en grados % Brix como en g/dL. Esta técnica consiste en la proyección de un haz de luz a través de una muestra de suero. El refractómetro realiza la medición de esa luz que se refracta del total de proteínas que se encuentra en la muestra (Wallace, Jarvie, Perkins y Leslie, 2006). Las diferencias en la refracción de la luz se deben a la variación en la concentración de PST, las cuales

están correlacionadas con la concentración de inmunoglobulinas, más específicamente de IgG (Godden, 2008).

Debido a que, durante la primera semana de vida del ternero, la mayor parte de las PST está conformada por las inmunoglobulinas provenientes del calostro (Sánchez-Salas et al., 2012), la valoración de las PST a través del uso de refractómetro proporciona información muy útil acerca de la concentración sérica de inmunoglobulinas en el ternero recién nacido (Viteri Andrade, 2020). Se han utilizado valores de refractómetro clínico de 5,0 a 5,5 g/dL de proteínas totales y % Brix de 8,1 % a 8,5 % de sólidos totales como punto de corte para determinar si el ternero presenta o no FTIP (Godden et al., 2019). Recientemente, Lombard et al. (2020) proponen un valor mayor o igual de 5,1 g/dL de PST o de 8,1% Brix, medido en suero de terneros sanos, como equivalentes a concentraciones séricas de IgG mayores a 10 g/L. La refractometría es una técnica práctica que se puede adaptar para su utilización a campo, presentando como ventajas respecto a los anteriores que es económica, fácilmente disponible, menos frágil y menos sensible a la variación en la temperatura de la muestra y ambiental donde se realice (Quigley, Lago, Chapman, Erickson y Polo, 2013).

Además de la refractometría, también hay otras técnicas que estiman indirectamente la concentración sérica de inmunoglobulinas G, como ser la prueba de turbidez con sulfito de zinc, la prueba de turbidez con sulfato de sodio, la actividad sérica de gamma-glutamilttransferasa y la gelificación con glutaraldehído en sangre total (Sánchez-Salas et al., 2012).

### **Factores que afectan el proceso de la transferencia de inmunidad pasiva y de la eficiencia aparente de absorción de las IgG en intestino**

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 será insuficiente, y por lo tanto vamos a estar frente a una FTIP (Stott, Marx, Menefee y Nightengale, 1979).

Otros factores que pueden afectar la TIP son factores de manejo realizados en el predio. Uno de ellos está relacionado a las prácticas de calostrado realizadas. A nivel país, se llevan a cabo diferentes métodos de calostrado por parte de los productores, estos son principalmente el amamantamiento natural (con las madres o vacas nodrizas), calostrado artificial mediante sonda buco-esofágica, biberón o alimentación en balde.

El método natural (dejar al ternero al pie de la madre) es la técnica más comúnmente utilizada en nuestro país, los terneros se dejan con sus respectivas madres durante 12 a 24 h, brindándoles tiempo para que consuman calostro directamente de la ubre (Schild et al., 2020).

El componente individual de mayor importancia es la ingestión de una cantidad de calostro suficiente. En el caso del calostrado natural no podemos asegurarnos de

que el ternero ingiera el volumen necesario como cuando se administra el calostro de manera artificial, ya sea por medio de una sonda buco-esofágica o un biberón (Quigley, 1997). En un estudio realizado por Besser, Gay y Pritchett (1991) se reportó que la mayor proporción de terneros con FTIP ocurre cuando se deja al ternero al pie de la madre para que este se alimente por sí mismo (61,4%), comparado con la administración con biberón (19,3%) y sonda buco-esofágica (10,8%) (Dunn et al., 2017). En este sentido, Brignole y Stott (1980), observaron que dejar a los terneros con sus madres por 24 h conducía a que el 42% de los terneros presentaran FTIP. Asimismo, Quigley (1997) reporta que terneros calostrados naturalmente, no consumen suficiente calostro, y alcanzan una proporción de FTIP que van desde el 25 al 40%.

Como método artificial se cuenta con la administración de calostro mediante la sonda buco-esofágica. Este método posee ciertas ventajas sobre los demás, como permitir alimentar al ternero con volúmenes de calostro superiores y alimentar a terneros que hayan nacido débiles o inmaduros (Quigley y Drewry, 1998). La utilización de la sonda se ha asociado con una EAA reducida y una concentración sérica de IgG ligeramente más baja, comparado con la administración de calostro por mamadera. Esto se asocia a que el calostro tarda de 2 a 4 horas en salir del rumen hacia el intestino y en este intervalo de tiempo el intestino puede madurar reduciendo la cantidad de células en el mismo. Por otro lado, la administración de calostro por medio de mamadera depende exclusivamente de la voluntad del ternero para ingerir el calostro y no se puede superar la capacidad del abomaso (Quigley y Drewry, 1998).

Otro factor de manejo es el tiempo de permanencia del ternero con la madre. Actualmente se recomienda que el ternero sea retirado de la madre dentro de 1 a 2 horas luego del nacimiento y que sea calostrado artificialmente, dado que dejar al ternero al pie de la madre puede aumentar el riesgo de exposición del mismo a patógenos en el ambiente (McGuirk y Collins, 2004). Aunque la absorción de Ig mejoró cuando los terneros estaban con la madre, se observó que se pueden lograr niveles aceptables de IgG en suero separándolos de sus madres y calostrándolos artificialmente (Godden et al., 2019).

Por otro lado, son varios los factores que afectan la calidad del calostro y que también podrían determinar una FTIP, por lo tanto, sería importante conocerlos a la hora de evaluar. A continuación, se mencionan algunos de esos factores.

## **Raza**

Diversos estudios comparativos han informado que puede haber un efecto en la calidad del calostro dependiendo de la raza con la que estemos tratando. En este sentido, se reportó que las vacas Holstein produjeron calostro con un contenido de Ig de 5,6%, el cual fue menor respecto al contenido de Ig de vacas de distintas razas como por ejemplo Guernsey (Ig= 6,3%), Pardo Suizo (Ig= 6,6%) o Jersey (Ig= 9,0%) (Muller y Ellinger, 1981).

## **Edad**

Hay una tendencia de que las vacas multíparas produzcan un calostro de mayor calidad que las vacas primíparas, presumiblemente debido a que han tenido un periodo más largo de exposición a ciertos patógenos específicos del establecimiento (Tyler, Steevens, Hostetler, Holle y Denbigh, 1999). En un estudio realizado por Shivley et al. (2018), el calostro de vacas de primera y segunda lactancia tuvo una calidad de calostro similar (73,2 y 71,7 g/L de IgG), mientras que el calostro de vacas de tercera lactancia y mayores a tres lactancias fue de mayor calidad (83,3 g/L de IgG). En otro trabajo realizado por Conneely et al. (2013) también coincide en que hay una tendencia general a que la IgG del calostro aumenta con los partos. Las vacas de primera (97 g/L) y segunda (99 g/L) lactancia produjeron calostro con una concentración de IgG más baja que las vacas de tercera y quinta lactancia (120 g/L).

## **Dieta**

En general, los estudios han informado que el contenido de Ig del calostro no se ve muy afectado por la restricción de la nutrición de la madre antes del parto (Godden et al., 2019). 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 dicho período (Drackley, 2011). Asimismo, Mann et al. (2016) 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.

## **Estación de partos**

La relación entre la estación de partos y la calidad o volumen del calostro no está del todo clara. Algunos estudios han informado que la exposición a altas temperaturas ambientales durante el final de la gestación se asocia con una composición más pobre del calostro, incluidas concentraciones más bajas de IgG e IgA. Esto podría estar asociado a una ingesta reducida de materia seca o un flujo sanguíneo mamario reducido (Nardone, Lacetera, Bernabucci y Ronchi, 1997).

## **Inmunizaciones**

La inmunización de vacas y vaquillonas preñadas durante las últimas 3 a 6 semanas al parto da como resultado un aumento en las concentraciones de anticuerpos calostrales protectores específicos del antígeno y un aumento de los anticuerpos pasivos (Godden et al., 2019).

## **Duración del periodo seco**

Animales con periodos secos excesivamente cortos (<21 días) producen menor cantidad de calostro al primer ordeño y con menor concentración de IgG, ya que la secreción de inmunoglobulinas desde la circulación hacia la glándula mamaria comienza aproximadamente 5 semanas antes del parto. En un estudio controlado a campo se reportó que las vacas con un corto periodo de secado (40 días),

produjeron 2,2 kg menos de calostro que vacas con un periodo de secado convencional (60 días) (Grusenmeyer, Ryan, Galton y Overton, 2006).

### **Volumen de calostro**

Aunque estudios recientes indican que no hay una fuerte relación entre la concentración de IgG en el calostro y el peso del calostro producido en el primer ordeño, se observó que las vacas que producían menos de 8,5 kg de calostro en el primer ordeño, tenían más probabilidades de producir calostro de alta calidad (>50 g/L) (Pritchett, Gay, Besser y Hancock, 1991).

### **Tiempo parto ordeño**

Es de suma importancia que la vaca sea ordeñada inmediatamente después del parto para obtener el calostro de mayor calidad. En este sentido, Morin et al. (2010) reportaron que la concentración de IgG del calostro disminuye en un 3,7 % durante cada hora siguiente al parto, debido al efecto de dilución de la glándula mamaria. Retrasar la recolección de calostro durante 6, 10, 14 horas después del parto resultó en una disminución del 17%, 27% y 33% en la concentración de IgG en el calostro respectivamente (Moore, Tyler, Chigerwe, Dawes y Middleton, 2005).

### **Contaminación bacteriana**

Altos niveles de bacterias presentes en el calostro, y en particular coliformes, pueden unirse a la Ig libre en la luz intestinal y/o bloquear directamente la captación y el transporte de moléculas de Ig a través de las células epiteliales intestinales, interfiriendo en la TIP (Godden et al., 2019). Por ello se ha recomendado una meta de 100.000 UFC/ml en el calostro antes de ser administrado a los terneros (Donahue et al., 2012).

### **Mastitis**

Durante el periodo de secado, la presencia de mastitis no se ha asociado con una concentración alterada de IgG1. Sin embargo, esta patología está asociada con un menor volumen calostrado, por ende, los productores no deben alimentar a los terneros con calostro de vacas con mastitis (Godden et al., 2019). Por otro lado, Bonaudi y Caffera (2021) observaron que las vacas con bajo recuento de células somáticas produjeron 18,1 g/L más de IgG que las vacas con altos recuentos de células somáticas al momento del secado.

Con respecto a la eficiencia de absorción el término “*open gut*” se refiere a la capacidad única del enterocito neonatal para absorber de forma no selectiva moléculas grandes de forma intacta (como las Ig) por pinocitosis. En un proceso denominado cierre, la absorción de las Ig a través del epitelio intestinal decrece linealmente, desde el nacimiento hasta su cierre completo aproximadamente a las 24 h de vida (Broughton y Lecce, 1970).

Para lograr una alta EAA de IgG, el calostro deberá ser ingerido en las primeras 6 horas de vida, y no más allá de las 12 h, ya que la EAA desciende a razón de un 0,7%/h 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 %, lo que determina que la absorción de IgG a nivel intestinal es naturalmente un proceso poco eficiente. Cuanto antes se suministre el calostro al ternero, mayor será la eficiencia de absorción de IgG hacia la circulación sanguínea y, por lo tanto, mayores serán las chances de lograr una TIP exitosa (Osaka, Matsui y Terada, 2014). En este sentido, en un estudio en donde se administró aproximadamente 200 g de IgG a terneros recién nacidos en distintas horas desde su nacimiento, se observó que la mayor EAA y un máximo nivel de IgG en suero se obtuvo en los animales alimentados a los 45 minutos luego de haber nacidos (EAA = 51%; IgG = 25.5 g/L), en comparación con terneros alimentados a las 6 horas de vida (EAA = 35%; IgG = 18.2 g/L) (Fischeret al., 2018).

### **Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva a nivel internacional y nacional**

Diversos autores han estudiado la FTIP alrededor del mundo y observaron que la misma se encuentra entre el 10 y 44% en diferentes países, lo que deja al descubierto que el proceso de TIP en terneros neonatos es un problema (Abuelo, Havrlant, Wood y Hernández-Jover, 2019; Dunn et al., 2017; Trotz-Williams et al., 2008; Lawrence et al., 2016; Beam et al., 2009 y Schild, 2017).

En un relevamiento realizado en Australia se midió la concentración sérica de IgG en un total de 253 terneros en su primera semana de edad y se observó un 36,2% de FTIP. Los autores reportan que la calidad del calostro utilizado es uno de los factores asociados a esta FTIP, ya que únicamente el 47,5% de las muestras de calostro superaban los 50 g/L de IgG, y solamente el 19,5% tenía valores aceptables de UFC en las muestras de calostro (Abuelo et al., 2019).

En otro relevamiento, en donde se analizaron 1239 muestras de 21 establecimientos en Irlanda del Norte, se observó 39% de FTIP, y básicamente los autores atribuyen el alto porcentaje de FTIP al bajo volumen de calostro ingerido (2,9 L) y a que el 44% de las muestras de calostro eran de baja calidad (<50 g/L de IgG), y además, el 81% de las muestras presentaban un recuento de UFC/mL superior a 100.000 (Dunn et al., 2017).

En Canadá, Trotz-Williams et al. (2008) reportaron que la FTIP alcanzó el 37,1% de 1383 terneros analizados de 130 predios lecheros, resaltando como principales factores de riesgo el tiempo de permanencia del ternero con la madre, la toma de calostro directamente de la ubre de la madre y la cantidad de calostro ingerido. Asimismo, Beam et al. (2009) en un estudio realizado en EEUU observaron que de 2030 terneros analizados en más de 400 establecimientos de 17 estados, observaron una FTIP de un 19%. Otro trabajo relevante, fue el realizado por MacFarlane, Grove-White, Royal y Smith (2015) en Reino Unido donde analizaron 392 terneros de 7 establecimientos, observaron un 26% de FTIP y que la calidad del calostro fue el principal problema que determinaba la FTIP ya que el 37% de los calostros presentaron una calidad inferior a 50 g/L de IgG. En el mismo sentido, Reschke, Schelling, Michel, Remy-Wohlfender y Meylan (2017) reportaron que el 43,5% de 373 terneros de 141 predios lecheros en Suiza presentaron FTIP y los principales factores asociados a esta falla fueron la calidad de calostro (un 15% de los calostros presentó calidad inferior), la cantidad de calostro asignado a los

terneros y el tiempo entre el parto y la primera toma. En Nueva Zelanda, Lawrence et al. (2016) evaluaron un total de 230 muestras, y reportaron un 25% de FTIP, y Barry et al. (2019) en un relevamiento realizado en Irlanda, reportan una FTIP menor al 10% de 580 terneros muestreados en 47 predios.

En Uruguay no hay información respecto a la TIP, ni sobre calidad de calostro obtenida a partir de trabajos de relevamientos o de características similares a los anteriormente presentados. Sin embargo, en un trabajo realizado por Silva y Armand Ugón (2001) los autores reportan que, de 426 terneros de 7 establecimientos lecheros, 20,4% de los terneros analizados presentó FTIP. Asimismo, Caffarena et al. (2021) realizaron un trabajo para determinar las causas de diarrea neonatal y mortalidad en terneros en 1 predio lechero, observó que de 95 terneros muestreados el 28,4% presentaban FTIP.

Otro trabajo realizado a nivel nacional por Schild (2017), quien aplicó un cuestionario en 255 predios lecheros, observó que algunas prácticas de manejo relacionadas al proceso de calostrado, no se estarían realizando de manera correcta en una alta proporción de tambos. Con respecto al calostrado de los animales solo el 4,8% de los predios realizan calostrado artificial de forma sistemática a los terneros, mientras que el restante 95,2% permiten que los terneros mamen directamente de la madre y solo bajo ciertas circunstancias extraían calostro de la madre y se los daban de forma manual a los terneros, esto por ejemplo lo realizaban cuando el ternero nacía débil. A su vez el volumen de calostro administrado a esos terneros era insuficiente, con un promedio total de 3,4 litros, cuando se debería dar como mínimo 4 litros.

En los establecimientos que realizaban calostrado artificial, solamente el 24,7% utilizaba refractómetro de escala Brix o lactodensímetro para la evaluación de la calidad del calostro utilizado, mientras que los restantes evaluaba visualmente la calidad del calostro o directamente no la evaluaban (Schild, 2017). Con respecto a la evaluación de la FTIP solo era evaluada en 13 predios y solamente 10 de estos menciona conocer el porcentaje de FTIP en su establecimiento, el cual variaba del 10 al 30% (Schild, 2017).

A pesar que en la literatura está claramente especificado que medidas de manejo se deberían tomar para lograr una correcta TIP, a nivel internacional la FTIP continúa siendo un problema a resolver, y Uruguay no sería la excepción ya que la mortalidad de terneros del nacimiento hasta los 75 días de vida ronda en el 15,2% y que en el 85% de las muertes de terneros, se reporta que estos presentaban signos de diarrea y el 47,5% signos respiratorios (Schild et al., 2020).

## **HIPÓTESIS:**

La prevalencia de la falla en la transferencia de inmunidad pasiva en los terneros neonatos en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay es superior al 10% (umbral máximo recomendado internacionalmente) y esta falla está asociada directamente a prácticas de manejo del calostrado de los terneros.

## **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar la prevalencia de terneros con falla en la transferencia de inmunidad pasiva (**FTIP**) en tambos de la Cuenca Lechera Sur del Uruguay, y relevar las principales prácticas de manejo a nivel predial e individual realizadas en los predios que determinan el nivel de transferencia de inmunidad alcanzado.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar la prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneros neonatos en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay.

Identificar los factores de riesgo a nivel de ternero y a nivel de predios asociados a la prevalencia de la FTIP en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay.

Asociar las prácticas de manejo y aspectos vinculados al manejo durante el parto, tanto a nivel predial como individual, en el desarrollo de la FTIP en tambos de la Cuenca Lechera Sur del Uruguay.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El relevamiento se realizó dentro del período de marzo 2021 y marzo 2022. En este tiempo se realizó la extracción de sangre a 1022 terneros neonatos de 1 a 5 días de vida, provenientes de 134 tambos de los departamentos de San José, Colonia, Florida y Canelones (promedio 7,5 terneros por tambo). Los tambos fueron seleccionados por conveniencia de una muestra elegida al azar de aquellos tambos que declararon tener más de 30 vacas en ordeño en la declaración jurada del último ejercicio. Asimismo, se contactaron aproximadamente 400 establecimientos de los cuales se pudo concretar visita para la extracción de muestras y aplicación del formulario a 134 tambos.

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

Al llegar a cada establecimiento se aplicó por única vez un cuestionario de manera de recabar información primaria sobre las diferentes prácticas de manejo a nivel de establecimiento que estuvieran relacionadas y que pudieran constituir factores de riesgo asociados a FTIP, como por ejemplo: método de calostrado, monitoreo de calidad de calostro, monitoreo de eficiencia de calostrado, manejo y alimentación de las madres en el período seco, aplicación de vacunas a las madres en el parto, entre otros. El cuestionario consistía en 50 preguntas y las respuestas obtenidas fueron cargadas en una base de datos digital para su posterior análisis.

Complementariamente se registró información asociada a cada muestra de sangre, sobre datos relacionados con la madre (raza, edad, paridad, condición corporal al parto, tipo de parto, entre otros) y con el ternero (peso al nacer, hora de ingesta de calostro, cantidad de calostro, tipo de calostro, método de calostrado, tiempo de permanencia con la madre, entre otros).

### **Caracterización de los predios muestreados**

Dentro de los 134 tambos estudiados, 70 de ellos se encuentran en el departamento de San José, 36 en el departamento de Colonia, 23 en el departamento de Florida y 5 en el departamento de Canelones. Asimismo, el 26,1% de los tambos estudiados tenían hasta 100 vacas en ordeño, el 45,5% entre 101 y 300 vacas en ordeño, y el 28,4% ordeñaban más de 300 vacas (Tabla 1). El 94% de todos los predios evaluados remiten su producción de leche a plantas industrializadoras, Conaprole en su amplia mayoría, mientras que el 6% restante elaboran quesos en su propia quesería, ya sea de manera artesanal o industrial.

**Tabla 1.** Distribución de los tambos muestreados por departamento según la cantidad de vacas en ordeño.

Departamento	Vacas en ordeño			
	N	Hasta 100	101 a 300	Más de 300
San José	70	34,3%	41,4%	24,3%
Colonia	36	16,7%	58,3%	25,0%
Florida	23	17,4%	30,4%	52,2%
Canelones	5	20,0%	80,0%	0,0%

Respecto a la superficie del tambo, los predios con menos de 150 ha, representaron el 32,8% de los predios muestreados, mientras que el 50,8% dedican a la explotación lechera entre 151 a 500 ha y solamente el 16,4% de los tambos presentaba más de 500 ha destinadas al tambo (Tabla 2).

Respecto al sistema de alimentación que utilizaban en los tambos muestreados, el 91% utilizaba un sistema pastoril con suplementación con reservas y/o concentrados. El restante 9% utilizaban un sistema de alimentación en base a una ración totalmente mezclada más pastura.

**Tabla 2.** Distribución de los tambos muestreados según la superficie destinada al tambo según la cantidad de vacas en ordeño.

Superficie dedicada al tambo	Vacas en ordeño			
	N	Hasta 100	101 a 300	Más de 300
Menor a 150 ha	44	72,7%	25,0%	2,3%
151 a 500 ha	68	4,4%	69,1%	26,5%
Más de 500 ha	22	0,0%	13,6%	86,4%

Con respecto al asesoramiento técnico, el 67,2% de los predios cuenta con asesoramiento veterinario continuo en al menos una de las áreas productivas consultadas (nutrición, parto, guachera), mientras que aproximadamente el 21% recibe asesoramiento de manera esporádica y el 12% restante llama al veterinario solamente para urgencias.

**Tabla 3.** Tipo de calostrado utilizado en los predios muestreados según la cantidad de vacas en ordeño.

Estrato de vaca en ordeño	Tipo de calostrado		
	Natural	Artificial	Mixto
Hasta 100	82,9%	5,7%	11,4%
101 a 300	63,9%	23,0%	13,1%
Más de 300	28,9%	36,8%	32,2%

Con respecto al tipo de calostrado que realizan los predios muestreados, en el 59% de los predios se realiza el calostrado de manera natural, dejando que los terneros tomen calostro exclusivamente directo de la ubre de las madres. En un 22,4% de los

predios se realiza el calostro artificial por medio de sonda buco-esofágica o mamadera a todos los terneros y en el 18,7% restante se realiza el calostro mixto donde se realizan diferentes combinaciones entre calostro natural y artificial. Vale resaltar que los predios que más realizan el calostro estrictamente artificial son los que tienen más de 300 vacas en ordeño (Tabla 3).

### **Manejo de los animales y toma de muestra**

Una vez en el predio, se identificó a los terneros con la edad adecuada para ser muestreados y que al momento de realizar el sangrado no presentaran signos clínicos de ninguna enfermedad (diarreas o signos respiratorios) ni que presentaran signos de depresión o deshidratación. Posteriormente se registró el sexo, raza y peso del ternero, tipo de calostro y cantidad de calostro recibido. Luego se tomó una muestra de sangre por veno-punción yugular en tubos secos con separador de suero, y se mantuvieron refrigerados hasta la llegada al laboratorio donde se centrifugaron las muestras (3000 g x 15 minutos). El suero separado se colocó en tubos eppendorf y se conservó a -20°C hasta el momento de realizar la determinación de la concentración de IgG.

### **Mediciones y determinaciones**

Los análisis de las muestras de suero sanguíneo de los terneros se llevaron a cabo en el Laboratorio del 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).

En el análisis de las muestras obtenidas de suero sanguíneo de los terneros se determinó la concentración sérica de Inmunoglobulina G y sólidos totales. La concentración de proteínas totales se determinó mediante refractometría óptica, para la cual se utilizó un refractómetro clínico (ATAGO, modelo Master-SUR/NM, Tokyo, Japón). El % Brix de proteínas totales en la muestra de suero también fue determinado por refractometría digital (ATAGO, modelo PAL-Grape Must; escala 0 a 33% Brix). Para la utilización de ambos refractómetros, estos fueron calibrados previamente a la colocación de cada muestra con agua destilada.

La concentración de IgG se determinó por medio de Inmunodifusión Radial (RID), técnica de referencia, utilizando un kit comercial (Bovine IgG test kit, Triple J Farms, Bellingham, WA, USA). Al momento de realizar la técnica de RID, las muestras se descongelaron a temperatura ambiente, e inmediatamente fueron colocadas en las placas sin una dilución previa para su análisis. Posteriormente las placas fueron incubadas a temperatura ambiente (20-24°C) por 24 h. Para determinar los diámetros de los anillos de precipitación de la IgG-Antígeno se utilizó un calibre Ingco con una precisión de 0.01 mm. Las muestras que produjeron un valor fuera del rango de la curva de referencia fueron posteriormente diluidas y testeadas nuevamente.

Los resultados obtenidos respecto a la concentración de IgG se clasificaron en cuatro categorías según el nivel de TIP lograda (Lombard et al., 2020): Pobre (<10 g/L); Aceptable (10 a 17,9 g/L); Buena (18 a 24,9 g/L) y Excelente (≥25 g/L).

## **Análisis estadístico**

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

Para el análisis de las categorías de TIP según la concentración de IgG se realizó un análisis de Chi cuadrado.

Para el análisis de los factores de riesgo asociados al ternero y a los factores asociados a las prácticas de manejo del predio se realizó un análisis de regresión logística multivariable y binaria donde la variable dependiente fue el nivel de TIP lograda (bien calostrado o mal calostrado teniendo como punto de corte 10 g/L de IgG). Las variables independientes a incluir en los modelos se seleccionaron por medio de la prueba de Chi cuadrado y se incluyeron aquellas que hayan presentado un  $P < 0,20$ . Se incluyó al predio como factor aleatorio. Para los análisis estadísticos se utilizó el Software IBM – SPSS Statistics (versión 22.0, SPSS Inc., IBM, Ehningen, Alemania).

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

## RESULTADOS

La proporción de terneros con falla en la TIP en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay es de 14,3% (IC 95%; 12,1 - 16,4), siendo esta proporción superior a lo recomendado a nivel internacional (<10%; Lombard et al., 2020).

**Tabla 4.** Proporción de terneros de acuerdo a la categoría de TIP según el tipo de calostrado recibido en tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay.

	Tipo de calostrado <sup>1</sup>			Chi Cuadrado	N
	Artificial	Natural	Mixto	P- Valor	
<b>Categorías de TIP<sup>2</sup> (%)</b>					
Pobre	7,4 <sup>a</sup>	16 <sup>b</sup>	21,6 <sup>b</sup>	<0,001	147
Aceptable	10,2	7,3	7,4	NS	84
Buena	17,9 <sup>a</sup>	10,3 <sup>b</sup>	11,3 <sup>b</sup>	<0,001	132
Excelente	64,5	66,4	59,8	NS	659

<sup>1</sup>Tipo de calostrado: Artificial: Se le administraba calostro únicamente con sonda buco-esofágica o mamadera; Natural: Tomaba calostro únicamente directo de la ubre de la madre; Mixto: diversas combinaciones de las anteriores. <sup>2</sup>Categorías de TIP: Pobre (<10 g/L); Aceptable (10 a 17,9 g/L); Buena (18 a 24,9 g/L) y Excelente (≥25 g/L). <sup>ab</sup>Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $P<0,05$ ). N total de terneros = 1022, muestreados en 134 predios comerciales. NS= No Significativo. N= n total de muestras según cada categoría.

Los terneros que recibieron calostrado artificial pobre presentaron una proporción de FTIP menor que los que recibieron calostrado natural o mixto ( $P<0,001$ ), siendo la diferencia de 8,6 y 14,2% menor respectivamente. Asimismo, en la categoría de TIP buena, la proporción de terneros que recibieron calostrado artificial fue 7,6 y 6,6% superior respecto a los que recibieron calostrado natural o mixto respectivamente. Es de destacar que una alta proporción de terneros (mayor a 60%) lograron un nivel de TIP excelente independientemente del tipo de calostrado (Tabla 4).

**Tabla 5.** Concentración sérica de Inmunoglobulina G en terneros de tambo de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay determinada directamente por Inmunodifusión Radial (RID), e indirectamente a partir de los sólidos totales (Brix) y a partir de proteínas séricas totales (PST).

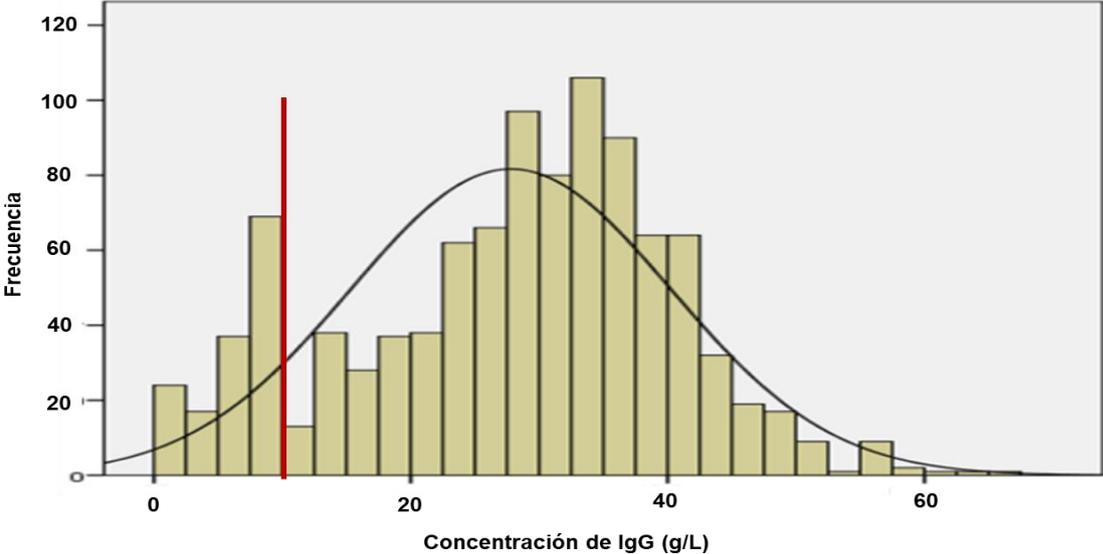
	Media	DE	Mínimo	Máximo
<b>IgG (RID), g/L</b>	27,8	12,5	0,01	65,8
<b>Brix, %</b>	9,6	1,4	5,9	13,4
<b>PST, g/dL</b>	6,3	1,2	3,0	9,6

<sup>1</sup>Todos los valores que desarrollaron un anillo de precipitación menor al obtenido por el suero control bajo se identificaron como 0.00, siendo la concentración menor a 1,8 g/L.

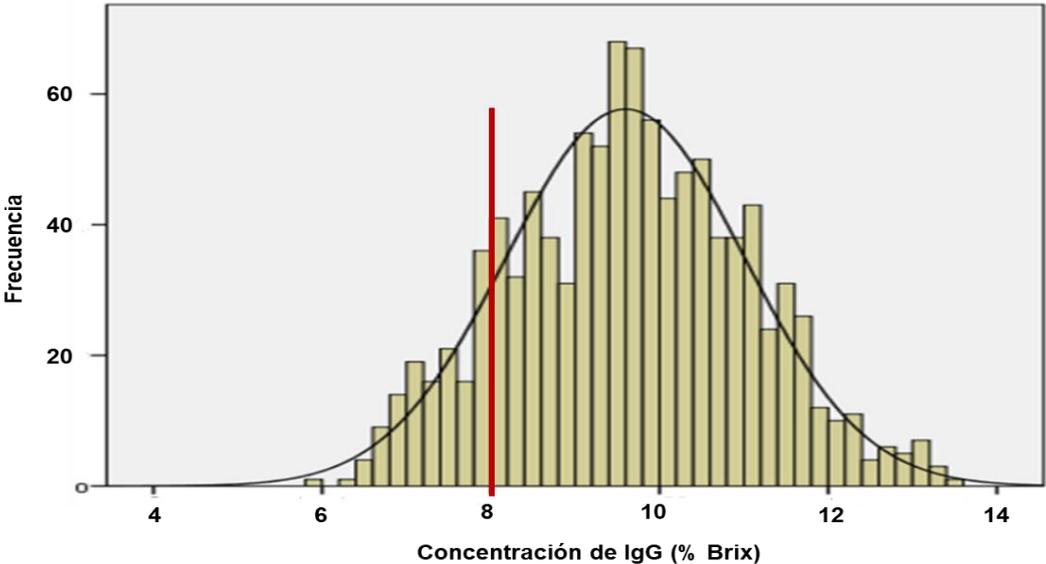
La media de la concentración sérica de IgG obtenida a partir del muestreo de los terneros neonatos en tambos de Uruguay fue de 27,8 g/L presentando un rango amplio de valores, al igual que cuando se determina de manera indirecta a partir de PST y de sólidos totales (%Brix; Tabla 5).

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan la distribución de la concentración sérica IgG en terneros neonatos de tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay determinada directamente por RID (g/L), e indirectamente por refractometría en % Brix y por refractometría clínica a partir de los PST (g/dL), respectivamente. En la Figura 1, se

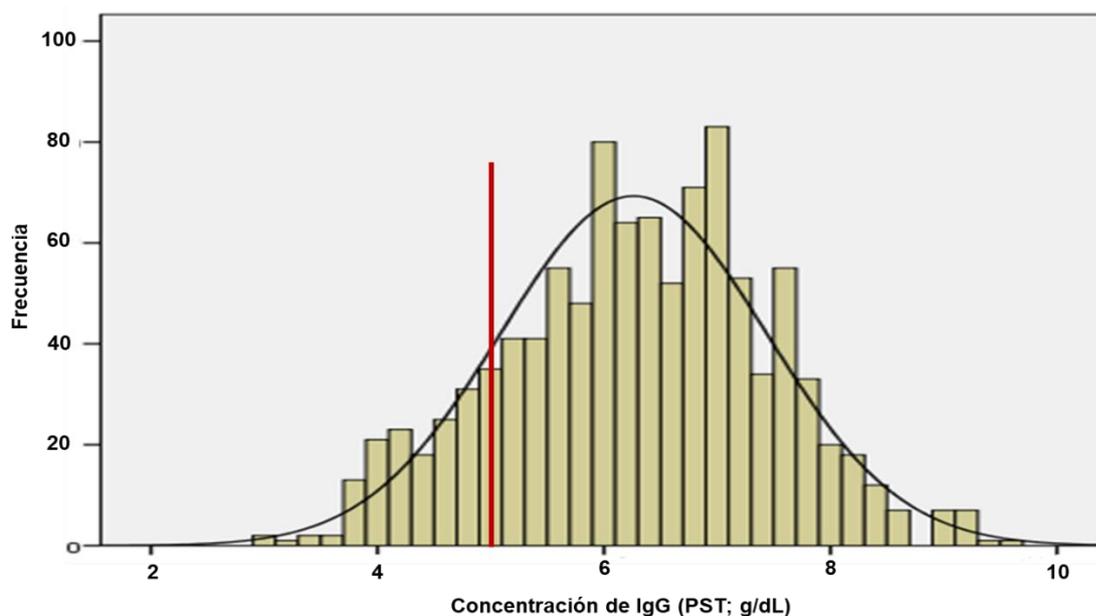
observa que la distribución se asemeja a la curva de distribución normal, destacándose un incremento importante en la frecuencia en el rango de 7,5 a 10 g/L, siendo 10 g/L en punto de corte aceptado para determinar si un ternero presenta FTIP o si está efectivamente bien calostrado. En las Figuras 2 y 3 se observa la distribución de las frecuencias más ajustadas a la curva normal, estando marcados los puntos de corte entre bien y mal calostrados en 8,1% Brix y 5,1 g/dL respectivamente.



**Figura 1.** Distribución de la concentración de IgG (g/L; determinada por RID) de las muestras de suero sanguíneo de terneros neonatos (1 a 5 días de vida) de tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay (La línea roja indica el punto de corte entre terneros con o sin falla en la TIP).



**Figura 2.** Distribución de la concentración de IgG (por refractometría; % Brix) de las muestras de suero sanguíneo de terneros neonatos (1 a 5 días de vida) de tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay (La línea roja indica el punto de corte entre terneros con o sin falla en la TIP).



**Figura 3.** Distribución de la concentración de IgG (por refractometría clínica: PST; g/dL) de las muestras de suero sanguíneo de terneros neonatos (1 a 5 días de vida) de tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay (La línea roja indica el punto de corte entre terneros con o sin falla en la TIP).

Con respecto a los factores de riesgo que posiblemente causan FTIP y que están asociados directamente al ternero, observamos que el tipo de calostrado es el factor más significativo ( $P = 0,016$ ) ya que los terneros que reciben calostrado natural presentan 1,23 veces más chances de presentar FTIP que aquellos que fueron calostrados artificialmente (Tabla 6). Asimismo, la época de parición también fue significativa ( $P = 0,009$ ) y los terneros nacidos en invierno presentan 0,63 veces más de chances de presentar FTIP que los nacidos en otras épocas del año (Tabla 6). No se observó significancia del sexo, raza, ni de las horas que el ternero permanece con la madre.

**Tabla 6.** Regresión logística multivariable y binaria de factores de riesgo inherentes a los terneros que presenten asociación con la FTIP en terneros neonatos de tambos de la Cuenca Lechera Sur de Uruguay.

Variable	Nivel	Estimador	EE	OR	IC95%		P-Valor
					Inferior	Superior	
<b>Constante</b>		-2,77	0,24	0,06	----	----	0,000
<b>Sexo</b>	M vs H	0,24	0,19	1,28	0,88	1,85	0,198
<b>Tipo de calostrado</b>	NA vs A	0,80	0,33	2,23	1,16	4,30	0,016
<b>Horas con la madre</b>	>12h vs <12h	0,25	0,28	1,29	0,75	2,22	0,366
<b>Época de parición</b>	I vs NO	0,49	0,19	1,63	1,13	2,34	0,009
<b>Raza</b>	HO vs O	-0,40	0,31	0,67	0,37	1,21	0,186

M= Macho, H= Hembra, NA= Calostrado natural y mixto, A= Artificial (calostrado artificial), I= Invierno, NO= Otros (primavera, verano y otoño), HO= Holando, O= Otros (Jersey y Kiwi). I.C= Intervalo de Confianza, OR= Odd Ratio.

Con respecto a los factores vinculados al manejo del predio que tienen una repercusión sobre la FTIP en los terneros observamos que el asesoramiento técnico en el parto ( $P = 0,002$ ), las condiciones ambientales donde se realiza el mismo, principalmente el encharcamiento del agua y presencia de barro ( $P = 0,021$ ), así como las condiciones del ambiente de parición ( $P = 0,041$ ) fueron significativas y aumentan las chances de que los terneros presenten FTIP (Tabla 7). Específicamente, el encharcamiento del parto, el ambiente de parición en condiciones inadecuadas al aire libre, y el asesoramiento técnico en parto aumentan 0,65, 1,7 y 0,98 veces las chances de que un ternero presente FTIP, respectivamente (Tabla 7).

**Tabla 7.** Regresión logística multivariable y binaria de factores de riesgo inherentes al manejo del predio que presenten asociación con la FTIP en terneros neonatos de tambos de la cuenca lechera sur de Uruguay.

Variable	Valor	Estimador	EE	OR	CI 95%		P-Valor
					Inferior	Superior	
<b>Constante</b>		-2,645	0,472	0,071			0,000
<b>Asesoramiento técnico en el parto</b>	NO vs SI	0,679	0,221	1,971	1,279	3,039	<b>0,002</b>
<b>Asesoramiento técnico</b>	C vs E	-0,376	0,249	0,687	0,422	1,119	0,132
<b>Duración del periodo seco</b>	ID vs CD	0,361	0,253	1,435	0,873	2,358	0,154
<b>Encharcamiento del parto</b>	SI vs NO	0,436	0,188	1,647	0,447	0,935	<b>0,021</b>
<b>Ambiente de parición</b>	AL vs BT	0,979	0,478	2,662	1,043	6,792	<b>0,041</b>

C= Continuo, E= Esporádico, CD= Correcta Duración, ID= Incorrecta Duración, BT= Corral específico para partos, AL= Corral piso de tierra o vegetal, CI= Intervalo de Confianza, OR= Odd Ratio.

## DISCUSIÓN

La proporción de terneros con FTIP en los tambos de Uruguay es de 14,3%, encontrándose esta por encima de los niveles recomendados internacionalmente, ya que Lombard et al. (2020) estableció como valores adecuados hasta un 10% de FTIP. En comparación con distintos trabajos realizados previamente en Uruguay, si bien la cantidad de predios y animales muestreados fueron menores a los presentados en este trabajo, los porcentajes de terneros con FTIP reportados fueron mayores que los obtenidos en este trabajo, siendo un 20,4% lo reportado por Silva y Armand Ugon (2001), y un 28,4% lo reportado por Caffarena et al. (2021). Esto se podría explicar debido a la diferencia del tamaño de muestra, siendo en nuestro relevamiento un número mayor de establecimientos con el cual se trabajó. Esto lleva a que el resultado sea más disperso y con una mejor distribución.

En comparación con otros trabajos de relevamientos sobre la FTIP a nivel internacional observamos que la FTIP en terneros de tambos de Uruguay se encuentra dentro del rango de FTIP reportados en otros países. En este sentido, Beam et al. (2009) en EEUU reportó un 19% de FTIP, Lawrence et al. (2016) reporta en Nueva Zelanda, una FTIP del 25% y Abuelo et al. (2019) en Australia reporta un 36,2% de FTIP. Por otra parte, nos encontramos con Irlanda del Norte, Dunn et al. (2017) reportan una FTIP de 39%. Contrariamente, Windeyer et al. (2014) en EEUU reportan apenas un 11% de FTIP y Barry et al. (2019) en Irlanda reportan una prevalencia de FTIP menor al 10%. En un trabajo reciente realizado en Nueva Zelanda en condiciones similares a las nuestras, la FTIP fue de 18,6% (Mason, Cuttancey Laven, 2022) con una variación entre predios de 2,5% a 31,6%.

Con respecto al tipo de calostrado, observamos que terneros que recibieron un calostrado natural o mixto fueron los que presentaron mayor prevalencia en la FTIP con un 16 y 21,6% respectivamente. Por otra parte, los terneros que recibieron calostrado artificial presentaron un nivel de FTIP por debajo del rango establecido internacionalmente de 10%. Comparando los valores de nuestro trabajo con los observados en el trabajo Besser et al. (1991), en este último, el valor de FTIP mediante calostrado natural fue significativamente mayor con un valor de 61,4%, sin embargo, los terneros calostrados por sonda buco-esofágica presentaron un 10,8% de FTIP. Si bien los valores numéricos no son similares a los que obtuvimos en nuestro trabajo, coincidimos en que el método de calostrado natural es el que presenta mayor porcentaje de FTIP en comparación con el artificial. Por otro lado, encontramos que los terneros que recibieron calostrado artificial presentaron un nivel de FTIP por debajo del rango meta de 10%, este valor es muy similar al encontrado en el trabajo Besser et al. (1991) el cual fue de 10,8% (Dunn et al., 2017).

Como se describió anteriormente, el método de calostrado mixto fue el que mayor FTIP presentó, este método consiste en diversas combinaciones entre calostrado natural y artificial. Cabe destacar que en el presente relevamiento es la primera vez que se presentan resultados de FTIP en terneros vinculados a este método de calostrado, dado que no existen reportes previos. Este método fue el que presentó la mayor prevalencia de FTIP. Esto se explica porque no es posible tener un adecuado control en la cantidad total de calostro ingerido por el ternero y que se encontraron diferencias en la calidad del calostro administrado. Otro factor que podría explicar el alto porcentaje de FTIP de este método es no tener conocimiento del tiempo

transcurrido entre el parto y la primera toma de calostro, llevando a una disminución en la EAA.

Respecto a los factores asociados al ternero, observamos que el factor época de parición influye significativamente en la FTIP, siendo el invierno la época menos favorable para la parición, teniendo esto correlación con otro factor de manejo como es no tener un ambiente de parición adecuado destinando un corral específico para los partos. Esta medida presenta un valor significativo ( $P = 0,041$ ) ya que representa un riesgo para el ternero y la correcta TIP el hecho que la parición se dé en un ambiente con piso de tierra y el cual no fue reservado para dicho propósito. Estos factores asociándolos al calostrado natural en el cual el ternero se encuentra al pie de la madre, lleva a un aumento en el riesgo de exposición frente a patógenos del ambiente, lo cual coincide con lo descrito por McQuirk y Collins (2004). También la época de parición puede conllevar a un mayor porcentaje de mortalidad, ya que en el trabajo de Schild et al. (2020) se reportó una mayor mortalidad en invierno asociado a la ocurrencia de lluvias y frío.

A su vez, otro factor de manejo el cual demostramos que era un factor de riesgo dada su significancia fue el encharcamiento en el parto ( $P = 0,021$ ). Esto estaría asociado al factor comentado anteriormente (época de parición) y al clima de nuestro país, ya que el invierno se caracteriza por su alto porcentaje de humedad y elevada cantidad de precipitaciones. Este factor podría predisponer a la FTIP en el método de calostrado natural, ya que como consecuencia podría llevar a un menor volumen de calostro consumido y un mayor tiempo transcurrido entre el nacimiento del ternero y la ingesta de calostro, concordando con lo reportado por Godden (2008). A su vez esta demora en el tiempo lleva a que el consumo de calostro no sea en el momento óptimo, que según Roche et al. (2015) deberá ser en las primeras 6 horas de vida, y no más allá de las 12 horas, ya que pasado este período conlleva una menor EAA.

Respecto al asesoramiento técnico se observó que, el mismo en el parto es un factor determinante a la hora de una correcta TIP en el ternero ( $P = 0,002$ ). Esto se podría explicar por un correcto manejo en el periodo seco, el cual es de gran importancia a la hora de la producción de calostro y la concentración de IgG. También toma relevancia el asesoramiento en este periodo respecto a la inmunización de las futuras madres durante las últimas 3 a 6 semanas anteriores al parto, concordando con lo descrito por Godden et al. (2019) en el cual expresa que dicha práctica da como resultado un aumento en las concentraciones de anticuerpos calostrales protectores específicos del antígeno y un aumento de los anticuerpos pasivos.

En cuanto al asesoramiento técnico, si bien no demostró una diferencia significativa entre la asistencia continua o esporádica, igualmente se observó que la presencia de un asesoramiento continuo actúa como un factor protector ( $OR = 0,687$ ), lo que reviste la importancia de tener control y protocolos de actuación en los diferentes procesos del sistema de producción.

Es fundamental destacar que un 64% de los terneros lograron un nivel de TIP “excelente” independientemente del tipo de calostrado, superando el rango meta recomendado del 40%. Este resultado tiene especial significancia ya que los

terneros que logran nivel de calostrado “excelente”, que corresponde a una concentración de IgG mayor a 25 g/L, lograrían reducir la probabilidad de enfermar durante los primeros 60 días de un 72% a 53%, teniendo aproximadamente un 10% más de probabilidad de sobrevivir durante los primeros 60 días de vida (Lombard et al., 2020). En vista de estos resultados, podemos señalar que mejorando las condiciones en el método de calostrado natural y teniendo en cuenta el porcentaje de FTIP presentado, es posible alcanzar el valor de 10% recomendado internacionalmente. Para esto es importante actuar sobre los factores asociados al manejo los cuales vimos que tienen una significancia en la FTIP y toman mayor relevancia en el método de calostrado natural. Por lo tanto, queremos destacar la importancia de tomar reparos con respecto a la época de parición en donde el invierno es la época de mayor riesgo, debido al barro y la humedad y en asociación con este el encharcamiento en el parto, brindando mejores cuidados ambientales. El ambiente de parición también es un factor determinante, el cual va a tener mucha implicancia a la hora de mejorar la FTIP, donde las mejoras podrían tener un alto impacto en el porcentaje del mismo. Para esto se requiere de una buena planificación previa proporcionando buenas condiciones ambientales para el parto como ser reparo contra viento y lluvia y piso con cubierta vegetal, evitando potreros con exceso de barro disminuyendo así el riesgo de exposición a patógenos ambientales. También la elección del mismo va a ser de gran importancia permitiendo un buen control tanto del ternero como de la madre asegurándonos que se incorpore y mame correctamente calostro. Está reportado que las malas condiciones ambientales en el parto son consideradas factores de stress para los animales y podrían tener repercusiones a nivel de la salud y bienestar animal (Kerwin et al., 2022).

Tomando en consideración las prácticas de manejo descritas anteriormente, podríamos mejorar el 16% de FTIP hallado en calostrado natural alcanzando el 10% objetivo planteado por Lombard et al. (2020). En vista a los resultados obtenidos en nuestro trabajo, consideramos que es posible lograr este objetivo dado que tenemos las herramientas a nuestro alcance para llevarlo a cabo. Para poner en contexto lo anterior, por ejemplo, en un tambo de 150 partos disminuir la FTIP de 16 a 10%, conlleva solamente mejorar la TIP en 10 terneros. Resaltando así, como uno de los puntos más relevantes de este trabajo, que tenemos a disposición las herramientas para alcanzar el objetivo del 10% establecido internacionalmente.

Por último, es importante destacar que a nivel mundial existe un destacado interés tanto por parte de la población en general como de los investigadores por aumentar el tiempo de contacto madre-ternero debido a consideraciones éticas (Neave, Jensen, Durrenwachter y Jensen, 2023). Por lo tanto, se destaca al calostrado natural junto con las condiciones ambientales adecuadas, como una práctica de manejo éticamente correcta tanto para el bienestar de la vaca como del ternero, logrando una correcta TIP.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos podemos concluir que la prevalencia de terneros con FTIP en los tambos de Uruguay se encuentra levemente por encima de los niveles recomendados internacionalmente (14.3% vs 10%), dejando en evidencia que implementando prácticas de manejo es probable alcanzar los valores establecidos como ideales.

También podemos afirmar que los terneros que recibieron un calostrado artificial lograron una mayor TIP respecto a los terneros calostrados de forma natural y mixta, demostrando que el tipo de calostrado es un factor determinante para la correcta TIP.

En referencia a los factores de manejo asociados a la FTIP, concluimos que los más relevantes fueron el asesoramiento técnico en el parto, el encharcamiento del parto y el ambiente de parición, teniendo esta última importancia junto con la época de parición. Estos factores de manejo, tienen mayor impacto en los terneros que recibieron un calostrado tanto natural como mixto, ya que son los más expuestos a las condiciones y patógenos ambientales, por lo tanto, si mejoramos estas condiciones sería posible optimizar el porcentaje de FTIP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abuelo, A., Havrlant, P., Wood, N., y Hernández-Jover, M. (2019). An investigation of dairy calf management practices, colostrum quality, failure of transfer of passive immunity, and occurrence of enteropathogens among Australian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 8352-8366.
- Beam, A., Lombard, J., Koprak, C., Garber, L., Winter, A., Hicks, J., y Schlater, L. (2009). Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 3973-3980.
- 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(12), 10266-10276.
- Besser, T.E., Gay, C.C., y Pritchett, L. (1991). Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 198(3), 419-422.
- Bonaudi Gómez, C., y Caffera Larriera, M.C. (2021). *Evaluación de la calidad de calostro producido por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento del secado* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Brignole, T., y Stott, G. (1980). Effect of suckling followed by bottle-feeding colostrums on immunoglobulin absorption and calf survival. *Journal of Dairy Science*, 63(3), 451-456.
- Broughton, C.W., y Lecce, J.G. (1970). Electron-microscopic studies of the jejunal epithelium from neonatal pigs fed different diets. *The Journal of Nutrition*, 100(4), 445-449.
- Caffarena, R.D., Casaux, M.L., Schild, C.O., Fraga, M., Castells, M., Colina, R., ... Giannitti, F. (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.
- Conneely, M., Berry, D.P., Sayers, R., Murphy, J.P., Lorenz, I., Doherty, M.L., y Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal*, 7(11), 1824-1832.
- Cuttance, E.L., Regnerus, C., y Laven, R. A. (2019). A review of diagnostic tests for diagnosing failure of transfer of passive immunity in dairy calves in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 67(6), 277-286. doi: 10.1080/00480169.2019.1654945.

- Dirección de Estadísticas Agropecuarias. (2021). *Estadísticas del sector lácteo 2020*. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Donahue, M., Godden, S.M., Bey, R., Wells, S., Oakes, J.M., Sreevatsan, S., ... Fetrow, J. (2012). Heat treatment of colostrum on commercial dairy farms decreases colostrum microbial counts while maintaining colostrum immunoglobulin G concentrations. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2697-2702.
- 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.
- Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., y Morrison, S. (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(1), 1-12.
- Elfstrand, L., Lindmark-Månsson, H., Paulsson, M., Nyberg, L., y Åkesson, B. (2002). Immunoglobulins, growthfactors, and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *International Dairy Journal*, 12(11), 879-887.
- Faber, S.N., Faber, N.E., McCauley, T.C., y Ax, R.L. (2005). Case Study: Effects of colostrum ingestion nonlactational performance. *The Professional Animal Scientist*, 21(5), 420-425.
- Fischer, A.J., Song, Y., He, Z., Haines, D.M., Guan, L.L., y Steele, M.A. (2018). Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3099-3109.
- 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, 1033-1060.
- Gapper, L.W., Copestake, D.E.J., Otter, D.E., y Indyk, H.E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum, and dietary supplements: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389, 93-109.
- Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24, 19-39.
- Godden, S., Lombard, J., y Woolums, R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(3), 535-556.
- González Cortés, E.C (2015). *Efecto de la pasteurización de calostro bovino sobre sus propiedades fisicoquímicas, sanitarias e inmunológicas* (Tesis de maestría). Universidad de Aguascalientes, Guadalajara, Jalisco.

- Grusenmeyer, D.J., Ryan, C.M., Galton, D.M., y Overton, T.R. (2006). Shortening the dry period from 60 to 40 days does not affect colostrum quality but decreases colostrum yield by Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 89(Suppl. 1), 336.
- Hammon, H.M., Steinhoff-Wagner, J., Flor, J., Schönhusen, U., y Metges, C.C. (2013). Simposio de biología de la lactancia: Papel del calostro y sus componentes en el metabolismo de la glucosa en terneros neonatos. *Journal of Animal Science*, 91(2), 685-695.
- Instituto Nacional de la Leche. (2023). *Uruguay Lechero*. Recuperado de <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>
- Johnson, J.L., Godden, S.M., Molitor, T., Ames, T., y Hagman, D. (2007). Effects of feeding heat-treated colostrums on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 90(10), 5189-5198.
- Kerwin, A.L., Burhans, W.S., Mann, S., Tetreault, M., Nydam, D.V., y Overton, T.R. (2022). Transition cow nutrition and management strategies of dairy herds in the northeastern United States: Part I—Herd description and performance characteristics. *Journal of Dairy Science*, 105, 5327-5348.
- Larson, B.L., Heary, H.L. Jr, y Devery, J.E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 63, 665-671.
- Lawrence, K., Broerse, N., Hine, L., Yapura, J., y Tulley, W. J. (2016). Prevalence of failure of passive transfer of maternal antibodies in dairy calves in the Manawatu region of New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 65(1), 1-5. doi: 10.1080/00480169.2016.1224207.
- Lombard, J., Urie, N., Garry, F., Godden, S., Quigley, J., Earleywine., ... Sterner, K. (2020). Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 7611-7624.
- 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.
- Mann, S., Leal Yepes, F.A., Overton, T.R., Lock, A.L., Lamb, S.V., Wakshlag, J.J., y Nydam, D.V. (2016). Effect of dry period dietary energy level in dairy cattle on volume, concentrations of immunoglobulin G, insulin, and fatty acid composition of colostrum. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1515-1526.
- Mason, W.A., Cuttance, E.L., y Laven, R.A. (2022). The transfer of passive immunity in calves born at pasture. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 6271-6289.
- McGuirk, S.M., y Collins, M. (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 593-603.

- Mendoza, A., Caffarena, D., Morales, T., y Giannitti, F. (2017). Manejo del calostrado en el ternero recién nacido. *Revista INIA*, 1(48), 5-10.
- 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(9), 1375-1377.
- Morin, D.E., Nelson, S.V., Reid, E.D., Nagy, D.W., Dahl, G.E., y Constable, P.D. (2010). Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostrum IgG concentrations in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 237(4), 420-428.
- Muller, L.D., y Ellinger, D.K. (1981). Colostrum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64(9), 1727-1730.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., y Ronchi, B. (1997). Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 838-844.
- Neave, H.W., Jensen, E.H., Durrenwachter, M., y Jensen, M.B. (2023). Behavioral responses of dairy cows and their calves to gradual or abrupt weaning and separation when managed in full- or part-time cow-calf contact systems. *Journal of Dairy Science*. Publicación anticipada. [doi:10.3168/jds.2023-24085](https://doi.org/10.3168/jds.2023-24085).
- 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. *Journal of Dairy Science*, 97, 6608-6612.
- Pritchett, L.C., Gay, C.C., Besser, T.E., y Hancock, D.D. (1991). Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 74(7), 2336-2341.
- Quigley, J. D. (1997). *Alimentación con Calostro: Amamantar o no Amamantar*. Recuperado de <http://www.calfnotes.com/pdf/CN001e.pdf>
- Quigley, J.D., y Drewry, J.J. (1998). Symposium: Practical considerations of transition cow and calf management. *Journal of Dairy Science*, 81(10), 2779-2790.
- Quigley, J.D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., y Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96, 1148-1155.
- Reschke, C., Schelling, E., Michel, A., Remy-Wohlfender, F., y Meylan, M. (2017). Factors associated with colostrum quality and effects on serum gamma globulin concentrations of calves in Swiss Dairy Herds. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31, 1536-1571.

- 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. *Animal Production Science*, 55, 902-915.
- Sánchez-Salas, J., Elizondo-Salazar, J.A., y Arroyo-Quesada, G. (2012). Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la Región Huetar Norte de Costa Rica: Año I. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 321-327.
- Schild, C. (2017). *Estimación de la tasa de mortalidad anual de terneros y caracterización de los sistemas de crianza en establecimientos lecheros de Uruguay* (Tesis de maestría). Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo.
- Schild, C., Caffarena, R., Gil, A., Sanchez, 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.
- Shivley, C.B., Lombard, J.E., Urie, N.J., Haines, D.M., Sargent, R., Koprak, C.A., ... Garry, F.B. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9185-9198.
- Silva, R., y Armand Ugón, P. (2001). Calostrado y mortalidad en terneros de tambo durante el período de cría. *Veterinaria (Montevideo)*, 36(142-143), 9-11. Recuperado de <https://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/410>
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., y Nightengale, G.T. (1979). Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62(10), 1632-1638.
- Trotz-Williams, L.A., Leslie, K.E., y Peregrine, A.S. (2008). Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 3840-3849.
- Tyler, J.W., Steevens, B.J., Hostetler, D.E., Holle, J.M., y Denbigh, J.L. (1999). Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *American Journal of Veterinary Research*, 60(9), 1136-1139.
- Viteri Andrade, R.E. (2020). *Evaluación del encalostramiento en terneros de engorde sin intervención del personal en una hacienda en El Carmen-Manabí mediante valoración de proteínas totales séricas con refractometría* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.
- Wallace, M.M., Jarvie, B.D., Perkins, N.R., y Leslie, K.E. (2006). A comparison of serum harvesting methods and type of refractometer for determining total solids to estimate failure of passive transfer in calves. *Canadian Veterinary Journal*, 47(6), 573-575.

- Weaver, D.M., Tyler, J.W., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E., y Barrington, G.M. (2000). Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14, 569-577.
- Wilm, J., Costa, J.H.C., Neave, H.W., Weary, D.M., y von Keyserlingk, M.A.G. (2018). Technical note: Serum total protein and immunoglobulin G concentrations in neonatal dairy calves over the first 10 days of age. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6430-6436.
- Windeyer, M.C., Leslie, K.E., Godden, S.M., Hodgins, D.C., Lissemore, K.D., y LeBlanc, S.J. (2014). Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Preventive Veterinary Medicine*, 113(2), 231-240.