

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DEL NIVEL DE INGESTA DE IgG AL NACER SOBRE EL
CONSUMO Y EL CRECIMIENTO DE TERNEROS HOLSTEIN DE DISTINTO
ORIGEN GENÉTICO**

Por

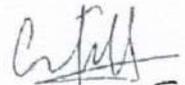
**Delfina MEDINA da SILVA
Camila TALMÓN KNUSER**

TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias
(Orientación: Producción Animal)
MODALIDAD Ensayo Experimental

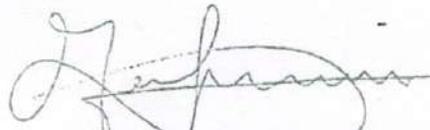
**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

PÁGINA DE APROBACIÓN

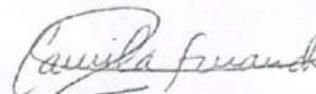
Presidente de mesa:


Caroline Fiol

Segundo miembro (Tutor):


ALEJANDRO MENDOZA

Tercer miembro:


CAMILA FERRANDO

Cuarto miembro:

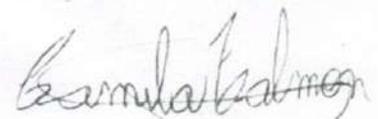

URUGUAYLITO BENAVIDES

Fecha:

1° de Noviembre de 2022

Autores:

~~Delfina Medina~~
Delfina Medina


CAMILA TALMÓN

AGRADECIMIENTOS

A los Ings. Agrs. Alejandro Mendoza y Camila Ferrando por darnos la oportunidad de realizar este trabajo y guiarnos durante el mismo.

Al Instituto Nacional de Investigación y a todo el personal de la unidad de lechería de INIA "La Estanzuela".

A todos los estudiantes que ayudaron durante el período experimental.

Al personal de la biblioteca de Facultad de Veterinaria por su ayuda en la búsqueda de material bibliográfico.

Por último y más importante a nuestras familias y amigos que nos acompañaron en todo este proceso, por el apoyo incondicional y la confianza que nos brindaron durante el transcurso de toda nuestra etapa educativa.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
TABLA DE CONTENIDO	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 La producción lechera en Uruguay	11
2.2 Calostro bovino	11
2.3 Factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva.....	14
2.3.1 Momento en el que se suministra el calostro.....	14
2.3.2 Cantidad de calostro suministrado.....	15
2.3.3 Calidad del calostro.....	16
2.3.3.1 Principales factores que afectan la calidad del calostro bovino	16
2.3.3.2 Métodos para evaluar la calidad del calostro	18
2.4 Métodos para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva	19
2.5 Efecto del origen genético sobre la TIP	20
2.6 Métodos de calostrado.....	21
2.7 Sustituto de calostro	21
2.8 Prácticas de manejo del calostrado en Uruguay	22
2.9 Crianza de terneros	23
2.10 Impacto del nivel de calostrado sobre el desarrollo y el crecimiento	26
3. HIPÓTESIS.....	28
4. OBJETIVOS	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1 Diseño Experimental	29
5.2 Manejo de los animales	30
5.3 Mediciones.....	31
5.4 Análisis estadístico	32
6. RESULTADOS	34
6.1 Medidas corporales	34
6.2 Consumo	36
7. DISCUSIÓN.....	38

8. CONCLUSIONES	43
9. BIBLIOGRAFIA	44

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1- Composición química del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein (Adaptado de Godden, 2008).....	13
Tabla 2- Composición química y aporte de IgG por unidad de producto del sustituto de calostro usado, según lo indicado por el fabricante.....	30
Tabla 3- Composición química del sustituto lácteo y concentrado.....	31
Tabla 4- Medias marginales estimadas para el efecto del nivel de IgG y el origen genético sobre el peso final, altura final, ganancia de peso y eficiencia de conversión.....	34
Tabla 5- Consumo de materia seca, energía metabolizable y proteína cruda.....	36
Figura 1- Evolución del consumo de g MS/día proveniente de sustituto lácteo y concentrado durante el período de estudio.....	37

RESUMEN

El experimento consistió en evaluar el nivel de ingesta de IgG al nacer sobre el consumo y el crecimiento de terneros Holstein de distinto origen genético. El ensayo se realizó en la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) "La Estanzuela" ubicado en el departamento de Colonia, Uruguay. Para esto, se utilizaron 80 terneros Holstein, de los cuales 40 fueron de origen Neozelandés (HNZ) y 40 de origen Norteamericano (HNA). Dentro de las primeras 2 horas de vida, cada ternero dentro de cada grupo de origen genético fue asignado al azar a una dosis de IgG: 3 o 6 g por kg de peso vivo al nacer. Se obtuvieron 4 tratamientos, resultante de un arreglo factorial de 2 orígenes genéticos (HNZ y HNA) y 2 dosis de IgG (3 y 6 g/kg de peso vivo al nacer), con 20 repeticiones en cada tratamiento. Cada ternero fue considerado como una unidad experimental, y fue manejado individualmente. Durante todo el estudio, que duró hasta el desleche a los 56 días de vida, se realizaron mediciones semanales del consumo de sustituto lácteo y concentrado iniciador, de peso vivo al nacimiento, 28 y 56 días de vida, y de altura de la cruz a los 28 y 56 días de vida de cada ternero. En cuanto al peso inicial los terneros HNA presentaron en promedio 3,6 kg más que los terneros HNZ, pero no se detectó efecto del origen genético, del nivel de ingesta de IgG, o de su interacción, sobre el peso final, la ganancia de peso y la eficiencia de conversión durante la crianza. Con respecto a la altura final, se detectaron diferencias significativas en cuanto al origen genético: los terneros HNA presentaron en promedio 6,2 cm más que los terneros HNZ, pero no se observó efecto del nivel de ingesta de IgG ni de la interacción entre ambos factores para esta variable. Para ninguna de las variables de consumo se detectó un efecto del origen genético, del nivel de ingesta de IgG, o de su interacción. Los resultados demuestran que un mayor nivel de ingesta de IgG dentro de las primeras 2 h del nacimiento no tuvo efectos sobre el consumo de nutrientes o el crecimiento de los terneros, independiente de su origen genético.

SUMMARY

The experiment consisted in evaluating the level of IgG intake at birth on the intake and growth of Holstein calves of different genetic origins. The trial was carried out at the Dairy Unit of the National Institute of Agricultural Research (INIA) "La Estanzuela" located in the department of Colonia, Uruguay. For this purpose, 80 Holstein calves were used, of which 40 were of New Zealand origin (HNZ) and 40 were of North American origin (HNA). Within the first 2 hours of life, each calf within each genetic origin group was randomly assigned to a level of IgG: 3 or 6 g per kg live weight at birth. Four treatments were obtained, resulting from a factorial arrangement of 2 genetic origins (HNZ and HNA) and 2 levels of IgG (3 and 6 g/kg live weight at birth), with 20 replicates in each treatment. Each calf was considered an experimental unit and was managed individually. Throughout the study, which lasted until weaning at 56 days of life, weekly measurements were taken of milk replacer and starter concentrate consumption, live weight at birth, 28 and 56 days of life, and withers height at 28 and 56 days of life of each calf. Regarding initial weight, HNA calves presented an average of 3.55 kg more than HNZ calves, but no effect of genetic origin, IgG intake level, or their interaction was detected on final weight, weight gain and feed conversion efficiency during rearing. Concerning final height, significant differences were detected with respect to genetic origin: HNA calves presented on average 6.15 cm more than HNZ calves, but no effect of IgG intake level or the interaction between both factors was observed for this variable. For none of the intake variables was an effect of genetic background, IgG intake level, or their interaction detected. The results demonstrate that a higher level of IgG intake within the first 2 h of birth did not affect nutrient intake or growth of calves, independent of genetic background.

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay es uno de los mayores productores de leche en la región, y en América Latina es el segundo país exportador de productos lácteos luego de Argentina, y el principal consumidor de leche per cápita, superando los 250 litros por persona por año (Federación Panamericana de Lechería, 2011). Con un crecimiento de 37 millones de L de 2019 a 2020 en la producción lechera, Uruguay se ha convertido en el país con el mayor incremento productivo de la región y se proyecta como un actor relevante en la exportación de productos lácteos (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, MGAP, 2020). La producción de lácteos en Uruguay ha crecido de 597 a 2.205 millones de L de 1985 a 2020, el área destinada a la producción lechera disminuyó de 1196 a 756 mil ha (-37 %), mientras que el número de productores lecheros disminuyó de 7102 a 3300 (-54 %).

El crecimiento en la producción de leche fue respaldado por un aumento significativo en la productividad (3,7 veces desde 1985). Esto indica que hubo un proceso de intensificación productiva, con un aumento de la productividad de leche/hectárea, que es el resultado de una mayor producción/vaca y un aumento del número de vacas en ordeño por unidad de superficie (MGAP, 2020).

Por lo tanto el manejo sostenible de la producción lechera requiere intensificar todas las etapas que la componen para obtener los mejores resultados a nivel económico (Meyer et al., 2007).

La cría de terneros de tambo es una etapa de vital importancia en cualquier sistema de producción de leche. La misma generalmente se realiza de modo artificial, con empleo de leche o suplemento lácteo y concentrado, lo que implica importantes costos para el productor, y por eso es una etapa a la que se presta especial atención (Quiroz y Ruiz, 2011). La eficiencia en la crianza de terneras saludables es esencial para aumentar o mantener el rodeo lechero y, por ende, la productividad global del predio (Gulliksen, Lie y Osteras, 2009). Sin embargo, la crianza de terneros es uno de los eslabones débiles en la cadena de la producción lechera. En Uruguay, la mortalidad neonatal ha sido estimada en 15,2% (Schild et al., 2020), lo que se considera elevado, y contribuiría a explicar por qué el tamaño del rodeo lechero nacional ha permanecido sin grandes cambios en los últimos años.

A nivel predial existen muchas prácticas de manejo que contribuirían a reducir esta tasa de mortalidad, entre ellas un adecuado manejo del calostro de los terneros. Esto es debido a que el ternero nace agamaglobulinémico, por lo que depende enteramente de la absorción de inmunoglobulinas (Ig) maternas después del parto. La absorción de Ig maternas a través del intestino durante las primeras 24 horas de vida, llamada transferencia de inmunidad pasiva, ayuda al ternero contra enfermedades, hasta que su propio sistema inmune comience a funcionar en forma plena (Barrington, 2001).

Si bien está reconocido que lograr una ingesta temprana y adecuada de calostro de alta calidad es el factor de manejo más importante para determinar la salud y supervivencia del neonato (Weaver et al., 2000; McGuirk y Collins, 2004), existe menos información respecto al impacto del nivel de ingesta de IgG sobre el crecimiento y desarrollo corporal de los terneros durante el período de crianza. Esto es relevante, ya que se ha observado que el crecimiento del ternero durante la etapa pre-desleche puede tener un efecto positivo a largo plazo sobre la producción de las vacas en su primera lactancia (Soberon y Van Amburgh, 2013). Por ello, en esta tesis se profundizará en los efectos que tiene la ingesta de IgG en el ternero neonato sobre su posterior crecimiento y desarrollo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La producción lechera en Uruguay

La producción de lácteos en Uruguay ha crecido de 597 a 2.205 millones de L de 1985 a 2020. Sin embargo, durante el mismo período, el área destinada a la producción lechera disminuyó de 1196 a 756 mil ha (-37 %), mientras que el número de productores lecheros disminuyó de 7102 a 3300 (-54 %). Esto indica que hubo un proceso de intensificación productiva, con un aumento de la productividad de leche/hectárea, que es el resultado de una mayor producción/vaca y un aumento del número de vacas en ordeño por unidad de superficie (MGAP, 2020). Dicho proceso se dio principalmente debido al auge de la agricultura y también de la forestación, como forma de competir frente a estos otros rubros. La carga actual promedio en Uruguay es 0,8 VM/ha (MGAP, 2020), pero existe potencial para duplicar la carga y, a su vez, la utilización de pasto, como forma de contribuir a una mejor rentabilidad (Fariña y Chilbroste, 2019).

La producción láctea es el sector agropecuario de mayor ingreso de exportaciones por hectárea. Actualmente, en el 5% del territorio se produce leche para alimentar anualmente a 20 millones de personas, el 30% de la leche producida es consumida en el país, y el restante 70% se exporta, siendo el 7° país exportador mundial. A nivel local se consumen 207 L/año per cápita (Instituto Nacional de la Leche, INALE, 2021).

2.2 Calostro bovino

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto y es de fundamental importancia para la salud y la supervivencia del ternero neonato. El calostro bovino está formado por una mezcla de secreciones lácteas y constituyentes del suero sanguíneo, sobre todo Inmunoglobulinas (Ig) y otras proteínas séricas, que se acumulan en la glándula mamaria durante el período seco antes del parto. Entre los componentes más importantes del calostro se encuentran las Ig, los leucocitos

maternos, los factores de crecimiento, las hormonas, las citoquinas, los factores antimicrobianos no específicos y los nutrientes (Godden, 2008).

La inmunoglobulina principal del calostro es la IgG, pero existen también cantidades importantes de IgM e IgA. Después de la ingestión por el recién nacido, una cantidad importante de estas Ig pasa a través de las células epiteliales del intestino delgado durante las primeras horas de vida y llega a la sangre por vía linfática (Radostits, 2002). Dentro de las IgG hay dos isotipos (IgG1 e IgG2), las cuales actúan conjuntamente para proporcionar al ternero una inmunidad pasiva, hasta que su propia inmunidad activa haya madurado lo suficiente; la mayoría de las IgG del calostro bovino son IgG1 (Potter, 2011).

La composición del calostro difiere de la leche, especialmente debido a la presencia de componentes inmunológicos y biológicamente activos (Rhaabe et al., 2021) (Tabla1). El calostro es segregado por la glándula mamaria durante las primeras 24 h después del parto. Entre las 24 y las 72 h después del parto, la secreción de la glándula mamaria se denomina "leche de transición". A las 72 h del parto, la composición de la leche de transición ha cambiado a la de la leche (Potter, 2011). Las concentraciones de Ig, leucocitos, factores de crecimiento, hormonas, citoquinas, factores antimicrobianos no específicos y nutrientes comienzan a declinar a través de los próximos 6 ordeños, hasta llegar a las concentraciones medias de la leche.

Tabla 1. Composición química del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein (Adaptado de Godden, 2008).

	Calostro	Leche de Transición		Leche entera
	1° ordeño	2° ordeño	3° ordeño	6° ordeño
Densidad relativa	1,056	1,045	1,035	1,032
Sólidos totales, %	23,9	17,9	14,1	12,9
Grasa %	6,7	5,4	3,9	4
Proteína total, %	14	8,4	5,1	3,1
Caseínas, %	4,8	4,3	3,8	2,5
Inmunoglobulinas, %	6	4,2	2,4	0,09
IgG, g/Dl	3,2	2,5	1,5	0,06
Lactosa, %	2,7	3,9	4,4	5
IGF-I, µg/l	341	242	144	15
Insulina, µg/l	65,9	34,8	15,8	1,1

Al nacimiento, el sistema inmunitario encargado de proporcionar defensas contra infecciones de la ternera es todavía inmaduro. Estas defensas no pueden ser transmitidas por la madre a través de la placenta, pues en los rumiantes, el embrión se une al útero en unos puntos determinados llamados cotiledones que no permiten el pasaje de Ig durante la gestación. Por tanto, la ternera depende exclusivamente de la inmunidad pasiva aportada por el calostro para obtener esta protección (Bach, Fernández y Terre, 2010).

La adecuada transferencia de inmunidad pasiva (**TIP**) es capaz de generar un óptimo estado de salud y un buen crecimiento (Trotz-Williams, Leslie y Peregrine, 2008). Se define que un ternero logró una adecuada TIP cuando la concentración de IgG en suero es mayor a 10 g/L entre las 24 y 72 h de edad (Godden, Lombard y Woolums, 2019). El éxito en la TIP está dado por la cantidad, calidad y la absorción del calostro ingerido por el ternero antes de las 24 h de vida (Quigley, 2000; Weaver, Tyler, VanMetre, Hostetler y Barrington, 2000). La alimentación con calostro de alta calidad es esencial para la salud de los terneros y la productividad futura. Por lo tanto, la evaluación

precisa de la calidad del calostro es un componente clave de los planes de manejo de las granjas lecheras (Elsohaby et al., 2021).

Además de reducir el riesgo de morbilidad y mortalidad antes del destete, los beneficios adicionales a largo plazo asociados a la TIP incluyen la reducción de la mortalidad en el período posterior al destete, la mejora de la tasa de ganancia, la reducción de la edad en el primer parto y de la tendencia al descarte durante la primera lactancia (Faber, Faber y McCauley, 2005; Robison, Stott y DeNise, 1988).

2.3 Factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva

Para obtener una adecuada TIP es necesaria la absorción de una cantidad adecuada de Ig por el ternero. Esta absorción requiere: 1) que el ternero pueda absorber las Ig calostrales, lo que varía en función del tiempo transcurrido entre el nacimiento y la ingesta y 2) que el ternero consuma una cantidad suficiente de Ig, que depende de la concentración de Ig en el calostro y de la cantidad de calostro administrada (Davis y Drackley, 2002).

2.3.1 Momento en el que se suministra el calostro

El tracto gastrointestinal de un ternero está diseñado para permitir temporalmente la absorción de inmunoglobulinas del calostro, durante las primeras 12 a 24 h de vida (Stott y Menefee, 1978). Por lo tanto, la absorción antes del cese del transporte macromolecular por el intestino es esencial para que los terneros adquieran inmunidad pasiva (Hopkins y Quigley, 1997).

Comline, Roberts y Titcher (1951) señalan que la absorción de anticuerpos se lleva a cabo enteramente en el intestino delgado y el transporte a la circulación es por vía linfática. Los anticuerpos aparecen en la linfa entre 1 y 2 h de la introducción del suero calostrado hacia el duodeno, siempre que esto ocurra dentro de las primeras 27 h después del nacimiento.

A medida que transcurre el tiempo desde el nacimiento hay cada vez menos enterocitos disponibles, debido al envejecimiento y la madurez para internalizar macromoléculas en la activación pinocítica (Stott, Marx, Menefee y

Nightengale, 1979). El mecanismo de cierre del paso de macromoléculas después de las 24 h de nacido aún no está dilucidado por completo, pero lo más probable es que se deba a la combinación del agotamiento de la capacidad de pinocitosis y el reemplazo de los enterocitos por células epiteliales maduras del intestino delgado (Thompson y Paul, 1981).

El hecho de que las proteínas del calostro no sean digeridas y se absorban exactamente igual a como son ingeridas por el ternero obedece a varias razones. Por un lado, las células fúndicas del abomaso no secretan ácido clorhídrico durante las primeras 24 h de vida, por lo tanto, el pepsinógeno no es convertido en pepsina y no son atacadas las proteínas, además la renina solo ataca y coagula a la caseína. Por otra parte, el calostro posee un factor inhibidor de la tripsina que evita la digestión de las Igs y estas pasan al intestino con el suero rápidamente (Longenbach y Heinrichs, 1998).

La edad a la que el ternero es alimentado con calostro por primera vez tiene un efecto profundo en la eficiencia aparente de absorción (EAA) (Quigley y Drewry, 1998). La misma está directa e inversamente relacionada con el tiempo transcurrido entre el nacimiento y la administración del calostro. La EAA de IgG del calostro reportada dentro de las 2 h del nacimiento oscila entre 21 y 50% (Besser, Garmedia, McGuire y Gay, 1985).

En un estudio en el que se aleatorizó a los terneros recién nacidos para que recibieran la primera alimentación de calostro en diferentes momentos, se logró una mayor EAA y niveles máximos de IgG en suero para los terneros alimentados a los 45 minutos de edad, en comparación con los terneros alimentados a las 6 o 12 h (Fisher et al., 2018).

2.3.2 Cantidad de calostro suministrado

Los terneros deben recibir un volumen de calostro que provea una adecuada cantidad de IgG. Por lo tanto, el volumen de calostro dependerá de su contenido de IgG. Así, por ejemplo, un calostro rico en inmunoglobulinas requerirá de un menor volumen que un calostro de baja calidad (Elizondo, 2007).

Para lograr una buena TIP en un ternero promedio de 43 Kg de la raza Holstein, se calcula que el mínimo que debería ingerir el ternero sería 100 g de IgG en la primera toma de calostro (Davis y Drackley, 2002). Por otra parte, Chigerwe et al (2008) afirman que se requieren al menos 150 a 200 g de IgG para una adecuada TIP, equivalente a alimentar con 3 L de calostro dentro de las 2 h posteriores al nacimiento por sonda esofágica.

Conneely et al. (2014) concluyeron que la IgG sérica y la EAA de IgG fueron mayores en terneros alimentados con un volumen de calostro de 8,5 % del peso vivo (PV) al nacer, que en los terneros alimentados con 7 % y 10 % PV al nacer. Por otro lado, Roche et al. (2015) y Dunn et al. (2017), recomiendan alimentar los terneros con calostro a razón del 10% PV al nacer tan pronto como sea posible después del nacimiento. Por lo tanto, el volumen de calostro administrado tiene el mayor impacto en la inmunidad pasiva y, dependiendo de la raza lechera, un volumen de 3 a 4 L de calostro de buena calidad parece ser el volumen requerido para entregar una masa de Ig adecuada a la mayoría de los terneros (Besser, Gay y Pritchett, 1991; Hopkins y Quigley, 1997; Tyler et al., 1999).

2.3.3 Calidad del calostro

Aunque se reconoce que el calostro contiene un amplio espectro de importantes componentes inmunológicos y nutricionales, la concentración de IgG se ha considerado tradicionalmente el sello distintivo para evaluar la calidad, definiéndose calostro de alta calidad, los calostros que presentan concentraciones de IgG superiores a 50 g/L (Godden, 2008).

2.3.3.1 Principales factores que afectan la calidad del calostro bovino

La lactancia y la edad de la vaca es un factor que puede determinar la calidad del calostro, ya que se ha demostrado que la mayor concentración de Ig en el calostro se da en la tercera y cuarta lactancia, siendo la primera lactancia la de menor concentración de Ig (Liu et al., 2009). Una razón es que las vaquillonas han sido expuestas a antígenos por menor tiempo que vacas con más lactancias.

Otro factor de variación es la duración del período seco, el cual es un momento clave en lo que refiere a calidad de calostro, ya que durante el mismo sucede el proceso de calostrogénesis y se da la recuperación del epitelio de la glándula mamaria. Si el período seco es muy corto (menor a tres semanas), no habrá tiempo suficiente para acumular Ig en la glándula mamaria (Nousiainen et al., 1994).

En un estudio llevado a cabo por Petrie (1984), se demostró que la pérdida de calostro de la ubre por goteo durante los últimos días de gestación fue el motivo principal para que se dieran bajas concentraciones de Ig. El ordeño antes del parto tendría el mismo efecto.

Estudios comparativos han informado que puede haber un efecto de la raza en la calidad del calostro. En un estudio, las vacas Holstein produjeron calostro con un contenido total de Ig (5,6%) inferior al de las vacas de raza Guernsey (6,3%), Brown Swiss (6,6%), Ayrshire (8,1%) o Jersey (9,0%). Las diferencias entre razas podrían deberse a la genética y/o a un efecto de dilución (Elizondo, 2007).

Aunque no es probable que la vacunación aumente el total de IgG en el calostro, se ha establecido que la vacunación de vacas y vaquillonas preñadas durante las últimas 3 a 6 semanas que preceden al parto da lugar a un aumento de las concentraciones de anticuerpos calostrales protectores específicos del antígeno, y a un aumento de los niveles de anticuerpos pasivos en los terneros de las madres vacunadas, específicos para algunos patógenos comunes, como *Pasteurella haemolytica*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, rotavirus y coronavirus (Godden, 2008).

La calidad higiénica del calostro también es un factor muy importante, ya que distintas bacterias presentes en el mismo pueden afectar la absorción de IgG a nivel intestinal y causar enfermedades a los terneros (James et al., 1981). Es recomendable que el calostro tenga un recuento bacteriano y de coliformes totales menor a 100.000 y 10.000 UFC/mL respectivamente (McGuirk y Collins, 2004). El manejo del calostro posterior a la colecta puede ser determinante, ya que si no se realiza correctamente puede afectar

negativamente la calidad de este. Se debe tener particular cuidado en coleccionar y manipular calostro en recipientes limpios y desinfectados, para minimizar la contaminación bacteriana.

Otro factor importante es el estrés calórico, ya que la concentración de IgG en calostro de vacas que padecieron estrés calórico en el parto es menor que en las vacas que no sufrieron estrés (Nardone et al., 1997). Relacionado al factor anterior, se encuentra la estación de parición, y se establece que las vacas que paren en las estaciones del año con mayor temperatura ambiente producen calostros con menores concentraciones de IgG que vacas paridas en estaciones del año más frías (Dunn et al., 2017).

2.3.3.2 Métodos para evaluar la calidad del calostro

Se han desarrollado diferentes técnicas para medir la calidad del calostro, existiendo métodos directos que permiten determinar la concentración de IgG, dentro de los cuales se encuentra la inmunodifusión radial (RID), considerada la técnica de referencia para la determinación de IgG en el calostro y suero bovino. Esta prueba es muy recomendada debido a su alta sensibilidad y especificidad (Bielmann et al., 2010). Desafortunadamente, RID es una evaluación de laboratorio que requiere aproximadamente de 18 a 24 h para determinar los resultados. Los métodos de laboratorio, si bien son directos y precisos, resultan demasiado complejos y caros para un uso rutinario a nivel de campo. Por lo tanto, se vuelve indispensable el desarrollo de métodos indirectos que sean rápidos, precisos y económicos para identificar calostros de calidad (Bielmann et al., 2010).

Dentro de los métodos indirectos más comunes para medir la calidad del calostro a campo se encuentran la apreciación visual, el calostrímetro, y la refractometría. En primera instancia, al momento de la obtención del calostro podemos realizar un análisis subjetivo de la calidad a partir de la apreciación visual. Un calostro de buena calidad debería ser cremoso, homogéneo, de color amarillo intenso y sin presencia de sangre o grumos, pero este método no permite estimar la concentración de IgG en el calostro (Mendoza et al., 2017).

El calostrómetro o densímetro es un aparato sencillo que estima la densidad del calostro por su peso específico, cuantificando así indirectamente el nivel de inmunoglobulinas presentes (Campos et al., 2007). Es una medición rápida y de muy bajo costo, y se considera que un calostro es de alta calidad (> 50 g/l IgG) si tiene una densidad relativa mayor a 1,050 (Morin, McCoy, y Hurley, 1997). Se adaptan bien al uso a nivel de campo porque solo toma unos minutos usarlos, pero son sensibles a la temperatura, debiéndose realizar a temperatura ambiente cercana a 20 °C. Si la lectura se hace a temperaturas menores a 20 °C, se tiende a sobreestimar la calidad del calostro, y viceversa; al mismo tiempo es un instrumento frágil (Mechor, Gröhn, McDowell y Van Saun, 1992).

Se utilizan refractómetros portátiles, tanto ópticos como digitales, que miden grados Brix, los cuales estiman indirectamente la concentración de IgG en el calostro, al medir la refracción de la luz al pasar a través de un líquido que es debida a diferencias en la densidad del mismo. Algunos refractómetros tienen una escala que permite leer los resultados expresados en °Brix. En calostros de vacas de raza Holstein, una lectura de 21-22 °Brix se corresponde con concentraciones de IgG mayores a 50 g/l (Bielmann et al., 2010). Un objetivo alcanzable a nivel de rebaño es obtener calostro de alta calidad (IgG ≥ 50 g/L o Brix ≥ 22 %) en $\geq 90\%$ de las muestras analizadas (Godden et al., 2008).

2.4 Métodos para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva

El refractómetro permite medir el estado inmune de la ternera recién nacida a nivel de campo, estimando la concentración de proteína total en el suero sanguíneo. La evaluación de la concentración de proteínas séricas al menos 24 h después de la primera toma de calostro se considera una medida indirecta de la concentración de IgG en suero (Turini et al., 2020).

En base a las mediciones de proteínas séricas totales (PST), se puede concluir que terneros con una concentración de PST $> 5,5$ g/dL tienen una exitosa TIP, terneros con PST entre 5,0 y 5,4 g/dL tienen una TIP medianamente exitosa y terneros con PST $< 5,0$ g/dL presentan falla en la TIP

(Quigley, 1999). Se debe tener cuidado con las lecturas altas (mayor a 7,2 g/dL) ya que estas pueden ser un falso/positivo causadas por terneras deshidratadas por lo que este método también puede servir de ayuda para detectar este tipo de problema. Al determinar el nivel de PST, lo que se pretende es evaluar la condición nutricional e inmune del animal (García, 2004). También existe una clasificación propuesta más reciente que incluye 4 categorías: excelente ($\geq 6,2$ g/dL), buena (5,8 - 6,1 g/dL), regular (5,1 - 5,7 g/dL) y pobre ($< 5,1$ g/dL), lo cual se corresponde con los siguientes niveles de IgG: excelente (≥ 25 g/L), buena (18,0 - 24,9 g/L), regular (10,0 - 17,9 g/L) y pobre ($< 10,0$ g/L) (Godden et al., 2019).

La relación entre la PST y la IgG cambia con la edad, recomendándose que las mediciones sean realizadas en terneros de más de un día de nacidos y menos de 3 días de vida para asegurar que ya haya ocurrido la absorción de IgG en el intestino del ternero (Quigley, 1999).

2.5 Efecto del origen genético sobre la TIP

Dentro de los genotipos de vacas de carne, generalmente la inmunidad pasiva de los terneros es similar pero inferior a la de los terneros de vacas de carne \times lechera (McGee et al., 2005). Este efecto puede atribuirse en gran medida a la significativamente mayor masa de inmunoglobulina en el calostro producida por las vacas de carne \times lechera en comparación con las razas de carne. Del mismo modo, hay pruebas de que la inmunidad pasiva es mayor en los terneros de razas de "doble propósito", por ejemplo, Simmental. La EAA de las Ig del calostro no parece diferir entre los terneros de raza pura y cruce (McGee et al., 2005; Vann et al., 1995)

Los terneros Holstein logran una mayor EAA que los terneros Ayrshire o Friesian \times Ayrshire, sugiriendo un efecto racial sobre esta variable. Sin embargo, las diferencias en el peso corporal, el género, el volumen sanguíneo, estado metabólico del ternero y el método de alimentación no se han tenido en cuenta adecuadamente en estos estudios, por lo que el efecto de la raza sobre la EAA o la TIP que alcanzan los terneros no está claro (Quigley y Drewry, 1998).

2.6 Métodos de calostrado

El método de calostrado puede influir en el tiempo de la primera alimentación, el volumen consumido y la EAA de IgG (Godden, 2008). Las fallas en la TIP se han asociado a terneros que se dejan con la madre y se les permite amamantar naturalmente (Waever et al., 2000).

Dada la importancia del calostrado en la eficiencia de la crianza y supervivencia de las terneras, se han desarrollado sistemas de calostrado artificial que permiten tener un mayor control de las distintas etapas del proceso y tomar medidas correctivas en caso de ser necesario. Estos sistemas implican la obtención artificial de calostro de las vacas (ordeño manual o mecánico) para poder determinar su volumen y calidad antes de ser suministrada al ternero por métodos artificiales como sonda bucoesofágica o mamadera (Mendoza et al., 2017).

Weaver et al. (2000) realizaron una revisión donde concluyeron que la concentración sérica de IgG en terneros alimentados con mamadera fue significativamente diferente de la de los terneros naturalmente amamantados. Los terneros retirados de las madres pueden lograr una transferencia pasiva adecuada si se les administra cantidades suficientes de calostro. Sin embargo, Brignole y Stott (1980) en un experimento realizado para evaluar el efecto del calostrado natural al pie de la madre en comparación al realizado con mamadera de forma artificial, encontraron que el 30 al 40% de los terneros que quedaron con sus madres no obtuvieron suficiente calostro para lograr una adecuada TIP.

2.7 Sustituto de calostro

Aunque el calostro es una fuente importante de nutrientes y factores inmunitarios, también puede representar una de las primeras exposiciones potenciales de los terneros lecheros a agentes infecciosos como *Mycoplasma spp*, *Mycobacterium avium subsp paratuberculosis*, coliformes fecales y *Salmonella spp*. La exposición es una preocupación porque las bacterias patógenas en el calostro podrían causar enfermedades como diarrea o

septicemia. También es preocupante porque las bacterias en el calostro pueden interferir con la absorción de IgG. Los suplementos de calostro o los sustitutos de calostro (SC) pueden ofrecer a los productores una forma conveniente de mejorar los niveles de inmunidad pasiva en los terneros, reduciendo al mismo tiempo el riesgo de exposición a patógenos a través del calostro. Los productos comerciales en polvo contienen IgG bovina derivada de la leche o del plasma. Se recomienda que sean mezclados con agua (de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta) y suministrados como una comida separada después de haber ingerido un calostro (McGuirk y Collins, 2004).

Cualquier SC debe contener suficiente IgG absorbible para imitar efectivamente el calostro en el establecimiento, aunque es posible que las Ig contenidas en el SC no brinden protección contra los patógenos específicos del lugar (James, Polan y Cummins, 1981). En un experimento realizado por Jones et al. (2004), donde se comparó la absorción de IgG del calostro materno (CM) con el SC, que contenía IgG derivada del suero bovino, obtuvieron los siguientes resultados: los terneros alimentados con la misma cantidad de IgG de CM o SC alcanzaron concentraciones plasmáticas de IgG equivalentes a las 24 h de vida. La EAA de IgG fue mayor en los terneros alimentados con CM que en los terneros alimentados con SC, y los terneros alimentados con CM tuvieron una mayor eficiencia de conversión del alimento que los terneros alimentados con SC. Diferencias en el crecimiento o la salud no se atribuyeron a la fuente de IgG en las primeras 24 h. Sin embargo, mientras el SC puede proporcionar cantidades adecuadas de IgG, la viabilidad y especificidad de los anticuerpos, así como la proporción de IgG1 a IgG2, son preocupaciones potenciales sobre la eficiencia de estos productos. Si las moléculas de IgG no son viables y específicas para patógenos en el entorno local, entonces la cantidad suministrada es irrelevante (Jones et al., 2004).

2.8 Prácticas de manejo del calostrado en Uruguay

En Uruguay, la mortalidad neonatal ha sido estimada en 15,2 %, lo que se considera elevado. A nivel predial existen muchas prácticas de manejo que contribuirían a reducir esta tasa de mortalidad, entre ellas un adecuado manejo del calostrado de los terneros (Schild et al., 2020).

Datos generados en Uruguay en lo que refiere al manejo del calostrado mostraron que solamente en el 4,8% de los 225 predios lecheros que fueron evaluados se le administraba calostro de manera artificial y sistemática a todos los terneros, mientras que en el 95,2% restante los terneros tomaban calostro directamente de la ubre de sus madres (Schild et al., 2020).

Solo el 47,1% de las explotaciones que alimentaron sistemáticamente con calostro a todos los terneros administraron ≥ 4 L de calostro de alta calidad antes de las 12 h de vida. Solo en el 31,6% de las explotaciones que alimentaban sistemáticamente con calostro a todos los terneros, informaron de que evaluaban el porcentaje de terneros con FTIP, y según los entrevistados variaba entre el 10 y el 30%.

El 8,4% tenían “stock” o “banco” de calostro; de estos 19 productores, el 10,1% lo almacenaba refrigerado, el 72,4% congelado y el 17,5% usaba ambas formas de preservación.

A nivel nacional Caffarena et al. (2021) realizaron un estudio donde evaluaron si varios patógenos estaban asociados con las diarreas neonatales en terneros y si estas infecciones estaban asociadas con la FTIP. Para ello, midieron la concentración de PST en 95 terneros de 8 días de edad con diarrea (n = 40) y sin diarrea (n = 55). Concluyeron que 45 de ellos (47,4 %) tenían FTIP, utilizando como punto de corte PST < 5,6 g/dL. De acuerdo con la categorización sugerida por Godden et al. (2019), el 28,4 %, el 26,3 %, el 13,7 % y el 31,6 % de los terneros tuvieron una TIP pobre, aceptable, buena y excelente, respectivamente.

2.9 Crianza de terneros

La crianza de terneros tiene como objetivo lograr el desleche de los terneros entre los 45 y 60 días de vida, acelerando el paso de lactante a rumiante en un sistema económicamente rentable (Berra, 2005). Es uno de los eslabones débiles en la cadena de la producción lechera. Sin embargo, es de los más importantes, pues en este se encuentra la futura reposición y por ende la sustentabilidad del tambo (Schild, Caffarena, Riet-Correa y Giannitti, 2019).

La nutrición del ternero lactante es crítica durante los primeros 60 días de vida, dado que nace con un rumen subdesarrollado física y metabólicamente, y depende de la leche para satisfacer las demandas de nutrientes para su mantenimiento y crecimiento (Khan, Bach, Wearyy y von Keyserlingk, 2016).

Según Relling y Mattioli (2003), el ternero atraviesa tres períodos en el desarrollo de los preestómagos. Es “lactante” entre el nacimiento y las tres semanas de vida, posee solo capacidad para digerir leche y depende de la absorción intestinal de glucosa para mantener un valor de glucemia semejante al de un no rumiante (alrededor de 1 g/L). Entre las tres y ocho semanas de vida es un “período de transición”, durante el cual el animal comienza a digerir pequeñas cantidades de alimento sólido y se van desarrollando gradualmente los divertículos estomacales. Por otra parte, los valores de glucemia comienzan a disminuir mientras aumenta la concentración plasmática de ácidos grasos volátiles, especialmente acetato, propionato y butirato. A partir de las ocho semanas es un “rumiante adulto” donde los preestómagos están bien desarrollados y permiten la digestión fermentativa.

Existen varias opciones de crianza del ternero que van desde la crianza natural con la vaca, hasta la crianza artificial donde el ternero se separa inmediatamente de su madre y se le suministra el calostro en forma artificial, con mamadera u otro utensilio (balde, balde con tetina, entre otros) (Navarro, Siebald y Celis, 2006).

Los objetivos generales para las instalaciones donde se realiza la etapa de crianza de los terneros son: la protección frente a los extremos térmicos y climáticos, acceso adecuado al alimento, garantizarles seguridad en lo relacionado a las lesiones, brindarles salud y bienestar. Existen variadas formas como: sistemas individuales o colectivos, construcciones abiertas o cerradas (Machado, 2016).

Para cubrir los requerimientos de la ternera lactante se han determinado principalmente dos sistemas de manejo. Los sistemas convencionales o tradicionales de alimentación en la etapa lactante de terneras, que consisten en

el suministro constante de leche con cantidades equivalentes al 10 % del peso vivo al nacer en dos tomas diarias, y, por otra parte, los sistemas de cría intensiva o crecimiento acelerado, que suponen el suministro de cantidades de sólidos lácteos similares a las que el ternero consumiría si fuera amamantado por su madre (James, 2011). Actualmente, la tendencia es suministrar 6 a 8 L/día, ya que se observaron mayores tasas de crecimiento y condición corporal, adelanto de la pubertad y mayor producción de leche durante la primera lactación (Soberon & Van Amburgh, 2013).

El término crecimiento se refiere a aquellos cambios en el animal que se manifiestan en cambios medibles, particularmente en un aumento de tamaño. Se define básicamente como el aumento de la masa corporal debido a la ganancia o retención diferencial de tejido magro y adiposo, como consecuencia de procesos metabólicos a nivel celular (Di Marco, 1994). Por otra parte, se define al desarrollo como la sucesión de cambios en la conformación corporal, que es acompañada de la expansión completa de diferentes funciones y/o facultades (Benevent, 1981, cit. por Surraco, 1993).

El crecimiento está regulado principalmente por el hipotálamo, a través del mismo llegan mensajes exógenos y endógenos transformando dicha información por medio de la síntesis de sus factores de liberación, estimulando o atenuando la síntesis de hormonas hipofisarias. Estas a su vez actúan con las hormonas tiroideas, los niveles de insulina, esteroides, y glucocorticoides, regulando los niveles de somatomedinas, e influyendo en el crecimiento y consumo (Fernández Abella, 1993).

Se debe considerar que el peso vivo no es el único factor a considerar en la evaluación del crecimiento, sino que también debe tenerse en cuenta el desarrollo esquelético y la condición corporal. Algunas de estas variables pueden ser evaluadas a través de la medición de variables morfológicas como la altura a la cruz, la longitud corporal, la circunferencia torácica y el área pélvica (Ballent et al., 2003; Le Cozler et al., 2008).

2.10 Impacto del nivel de calostro sobre el desarrollo y el crecimiento

El calostro es fundamental para estimular el crecimiento y el desarrollo del tracto gastrointestinal, y prevenir enfermedades microbiológicas. Factores bioactivos como el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I), IGF-II, hormona del crecimiento (GH), insulina, prolactina (PRL) y leptina pueden influir en el desarrollo intestinal postnatal. Por ejemplo, pueden modular el tracto gastrointestinal (TGI) al influir en la proliferación celular, la digestión y el desarrollo del sistema inmune, así como al influir en las funciones fuera del TGI (Ode, Zijlstra y Donovan, 1996). Las concentraciones de factores no nutricionales en el calostro bovino, como IGF-I, que se encuentra en mayores proporciones que en la leche madura, es un mediador importante del crecimiento y la diferenciación, y tiene varios efectos sistémicos en el ternero neonato, de los cuales se han demostrado el aumento de la mucosa gastrointestinal o la síntesis de ADN (Roffler et al., 2003). Por lo tanto, la ingesta de calostro apoya el inicio de procesos anabólicos en varios tejidos, estimulando el crecimiento corporal postnatal y el desarrollo de tejidos (Hammon, Lierman, Frieten y Koch, 2020).

La cantidad total de calostro ingerido se corresponde con el tamaño de las vellosidades en la mucosa intestinal, lo que conduce a un mayor tamaño de las vellosidades en terneros alimentados con calostro (Blum, 2006). La ingesta de calostro reduce la apoptosis de las células epiteliales y por lo tanto prolonga la vida útil de las mismas (Blum, 2006). Asimismo, el momento de la alimentación con calostro podría afectar las concentraciones de hormonas o metabolitos en sangre, así como la transferencia de inmunidad. Por ejemplo, es conocido que los péptidos derivados del intestino juegan un papel importante en la utilización de nutrientes y en la transformación física, morfológica y metabólica en los animales en crecimiento (Inabu et al., 2018). En resumen, la maduración posnatal del intestino neonatal mejora debido a la ingesta de calostro, y la maduración intestinal da como resultado una mayor absorción de procesos anabólicos que son un requisito previo para el crecimiento posnatal acelerado (Hammon et al., 2020).

En un estudio realizado por Fortin y Perdomo (2009), se encontró una correlación positiva entre la densidad del calostro y la ganancia de peso, lo que significa que, a mayor densidad, mayor concentración de IgG y mayor ganancia de peso. Jarmuz et al. (2001) encontraron resultados similares, quienes reportaron una correlación positiva y altamente significativa entre la concentración de IgG del suero sanguíneo, medido a los 2 días de vida y el peso vivo a los 200 días de edad. Esto implica que a mayor cantidad de IgG los terneros obtendrán incrementos de pesos mayores, posiblemente debido a una mayor protección pasiva suministrada por la vaca y que se verá reflejada en una mayor resistencia a las enfermedades. De igual manera Vann y Baker (2001) concluyeron que terneros con concentraciones superiores a 16 g/L IgG en suero, obtuvieron pesos mayores que los que tuvieron concentraciones de IgG en suero adecuadas y no adecuadas de 10 g/L IgG y 4 g/L IgG, respectivamente.

3. HIPÓTESIS

Terneros Holstein que ingieren mayores niveles de IgG antes de las 2 h posteriores a su nacimiento, logran un mayor consumo y alcanzan un mayor crecimiento durante la etapa de crianza, y esta respuesta es similar en terneros de distinto origen genético.

4. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el efecto del nivel de ingesta de IgG sobre la respuesta de variables productivas en la crianza de terneros Holstein de distinto origen genético.

Objetivos Específicos:

Evaluar, en terneros Holstein de distinto origen genético, de qué manera el nivel de ingesta de IgG influye sobre:

- 1- El consumo de materia seca, energía metabolizable y proteína cruda
- 2- La variación del peso vivo
- 3- La altura a la cruz
- 4- La eficiencia de conversión del alimento.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) "La Estanzuela", departamento de Colonia, Uruguay (34° 20' S., Longitud: 57° 41' W.), entre los meses de Marzo y Agosto de 2021. El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión de Ética en el Uso de Animales de Experimentación de INIA, inscripta ante la Comisión Nacional de Experimentación Animal con el número de Registro 0009/11.

5.1 Diseño Experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de 2 factores (origen genético y nivel de ingesta de IgG), y 2 niveles por factor (Holstein Norteamericano (HNA) o Holstein Neozelandés (HNZ), y 3 o 6 g IgG/kg de PV al nacer), con 20 repeticiones en cada tratamiento. Cada ternero fue considerado como una unidad experimental, y fue manejado individualmente durante todo el estudio.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- Tratamiento HNA3: terneros HNA a los que se suministró 3 g IgG/kg PV al nacer (n=20).
- Tratamiento HNA6: terneros HNA a los que se suministró 6 g IgG/kg PV al nacer (n=20).
- Tratamiento HNZ3: terneros HNZ a los que se suministró 3 g IgG/kg PV al nacer (n=20).
- Tratamiento HNZ6: terneros HNZ a los que se suministró 6 g IgG/kg PV al nacer (n=20).

Los niveles de 3 y 6 g de IgG/kg de PV al nacer surgen de una revisión bibliográfica (Ferrando, sin publicar), donde el primer valor correspondería a un aporte de IgG suficiente para alcanzar el mínimo aceptable de TIP, y el segundo valor a una excelente TIP.

5.2 Manejo de los animales

Se realizó el monitoreo de partos (solo se usaron terneros de partos únicos y normales), con el fin de evitar el amamantamiento natural de los terneros al pie de la madre y para asistir el parto de ser necesario. Al momento de nacer, cada ternero dentro de cada origen genético fue asignado al azar a uno de los dos niveles de suministro de IgG. Una vez nacido cada ternero, dentro de las 2 h de vida, una vez que se había parado, se le suministró a cada uno sustituto de calostro comercial (Calf's Choice Total, The Saskatton Colostrum Company Ltd, Saskatton, Canada; Tabla 2), según el tratamiento que le correspondía. Para ello, conociendo la cantidad de IgG que proveía cada paquete (según el fabricante), se estimó la cantidad de producto que debía ser suministrada considerando el peso vivo al nacer y el nivel de IgG que se debía suministrar. Una vez determinada la cantidad de producto a suministrar a cada ternero, se diluyó con agua clorada según la recomendación del fabricante, y se suministró con mamadera y eventualmente en algunos pocos casos con sonda bucoesofágica para aquellos que presentaron dificultad al mamar.

Tabla 2. Composición química y aporte de IgG por bolsa del sustituto de calostro usado, según lo indicado por el fabricante.

IgG (gramos)	PC (%) (Min)	GC% (Min)	FC (%) (Max)
100	40	18	1.0

IgG, inmunoglobulina G bovina; PC, proteína cruda; GC, grasa cruda; FC, fibra cruda.

La concentración de IgG en el producto diluido y pronto para suministrar (según la recomendación del fabricante) fue determinada según el método de inmunodifusión radial, y fue de 67,9 g IgG/L, por lo que un paquete completo estaría aportando (a la dilución recomendada) 101,9 g IgG (Ferrando, sin publicar).

Luego de administrado el tratamiento, cada ternero se colocó en un brete individual bajo techo y con cortinas de nylon. Allí permanecieron 56 días, hasta el desleche. En los corrales individuales recibieron a partir del 2° día de vida sustituto lácteo (Nutramilk Platinum - Neutral) a razón del 10% PV al nacer la primera semana, 15% de la segunda a la séptima semana y 7,5% la última

semana, reconstituido a un 13% de sólidos, que era suministrado en partes iguales dos veces al día. También tuvieron acceso a agua potable y a un concentrado iniciador (Vacunos de Leche - ERRO) ofrecido a voluntad.

Tabla 3. Composición química del sustituto lácteo y concentrado.

	Sustituto lácteo	Concentrado
MS (%)	93,43	87,81
PC (%)	28,04	18,56
Grasa (%)	20,31	3,35
Lactosa (%)	44,24	-
FDN (%)	-	23,2
FDA (%)	-	8,4
CEN (%)	7,4	8,18
LDA (%)	-	2,17
ADICP (%)	-	0,33
NDICP (%)	-	1,05

MS, materia seca; PC, proteína cruda, FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; CEN, cenizas; LDA, lignina detergente ácido; ADICP, proteína ligada a la fibra ácida detergente; NDCIP, proteína ligada a la fibra detergente neutro.

5.3 Mediciones

Antes de la primera hora de vida, y previo al suministro de sustituto de calostro, se tomó una muestra de sangre de cada ternero por venopunción yugular. La segunda muestra se extrajo a las 24 h de la toma de calostro. En estas muestras se analizó la concentración de IgG mediante el método de inmunodifusión radial, pero estos resultados no se reportarán ya que forman parte de otra tesis.

Mediciones morfológicas

Se realizó la medición del peso vivo al nacimiento, 28 y 56 días, y la altura de la cruz a los 28 y 56 días de cada ternero. Las mismas se hicieron con balanza digital, y una regla, respectivamente. Se estimó la ganancia de peso entre el nacimiento y el día 28, entre el día 28 y 56, y entre el nacimiento y el desleche, como la diferencia de peso entre el final y el inicio de cada período dividido entre el número de días del período en cuestión.

Consumo

De lunes a viernes se registró el consumo de alimentos. La oferta y rechazo de sustituto lácteo se medía con jarra medidora y se registraba, y lo mismo para el consumo de concentrado utilizando una balanza digital. El consumo de cada alimento se estimó mediante la diferencia entre lo ofertado y lo rechazado.

Semanalmente se tomaron muestras de concentrado el cual se analizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de INIA LE para determinar los contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (CEN) y extracto al éter (EE) (AOAC, 1990), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN; usando α -amilasa y sulfito de sodio) y lignina detergente ácido (LDA) (Van Soest et al., 1991), expresadas libres de cenizas; PC insoluble en detergente ácido (ADICP) y PC insoluble en detergente neutro (NDICP) (Licitra et al., 1996). El sustituto lácteo se analizó en el Laboratorio Colaveco por métodos de referencia para leche en polvo, para determinar los contenidos de proteína cruda por el método DUMAS y lípidos por el método Rose Gottlieb (Materia grasa; Van Gulik; ISO 1211:1999); y se analizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de INIA LE para determinar los contenidos de materia seca y cenizas (AOAC, 1990). Además, se calculó la concentración de energía metabolizable (EM) de los alimentos (concentrado y sustituto lácteo) utilizando las ecuaciones propuestas por el National Research Council (2001). La eficiencia de conversión se calculó como el cociente entre el consumo de materia seca total y el peso ganado en el período experimental.

5.4 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con un diseño completamente al azar, que incluyó los efectos fijos del nivel de IgG, origen genético, y su interacción, usando modelos lineales mixtos.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Origen genético}_i + \text{Nivel}_j + \text{Origen genético} * \text{Nivel}_{(ij)} + e_{ijk}$$

En el caso de variables con medidas repetidas en el tiempo como el consumo de alimentos, se incluyeron los efectos fijos de la semana de medición, y las interacciones dobles y triples con los demás efectos.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Origen genético}_i + \text{Nivel}_j + \text{Origen genético} * \text{nivel}_{(ij)} + \text{semana}_k + \text{Origen genético} * \text{semana}_{(jk)} + \text{Origen genético} * \text{semana} * \text{nivel}_{(ijk)} + e_{ijk}$$

En todos los modelos se incluyó la fecha de nacimiento, el sexo, y el peso al nacer como covariables. Las medidas se compararon con el test de Tukey, considerando diferencias significativas cuando $P < 0,05$. Para los análisis se utilizó la versión 9.2 del paquete estadístico SAS.

6. RESULTADOS

Si bien no forman parte de esta tesis, se reportarán de forma resumida los resultados observados de concentración sérica de IgG a las 24 h post-ingesta de calostro. No hubo interacción entre el nivel de IgG y del origen genético para esta variable, pero se detectó un efecto significativo del nivel de IgG, donde los terneros en el nivel 6 presentaron una mayor concentración de IgG sérica que los del nivel 3 (21,7 vs 12,2 g/L; $p < 0,001$). También hubo un efecto significativo del origen genético, donde los terneros HNZ presentaron una mayor concentración sérica de IgG que los HNA (18,0 vs 15,9 g/L; $p < 0,001$).

6.1 Medidas corporales

En la siguiente tabla se presentan los resultados de peso, medidas corporales y eficiencia de conversión según el nivel de calostrado suministrado en terneros HNA y HNZ.

Tabla 4. Medias marginales estimadas para el efecto del nivel de IgG y del origen genético sobre el peso final, altura final, ganancia de peso y eficiencia de conversión.

	HNZ ¹		HNA ²		EEM ⁵	P > F ⁶		
	3 ³	6 ⁴	3 ¹	6 ²		Origen genético	Nivel	Origen genético x Nivel
Peso inicial, kg	38,2	37,5	42	40,8	1,17	0,0034	0,42	0,83
Peso final, kg	74,3	73,4	76,5	75,9	2,15	0,29	0,72	0,95
Altura final, cm	82,1	81,8	88,4	87,8	0,82	<0,0001	0,63	0,87
Ganancia de peso, Kg/día	0,644	0,631	0,617	0,63	0,0302	0,65	0,10	0,67
Eficiencia de conversión, kg MS/kg PV	1,76	1,87	1,88	1,86	0,0648	0,38	0,47	0,29

¹HNZ = Holstein neozelandés; ²HNA = Holstein norteamericano.

³3 = 3 g IgG/kg PV; ⁴6 = 6 g IgG/kg PV.

⁵Error estándar de la media.

⁶Efecto del origen genético, nivel e interacción del origen genético x nivel.

En cuanto al peso inicial se detectaron diferencias significativas en el origen genético: los terneros HNA presentaron en promedio 3,6 kg más que los terneros HNZ. En lo que refiere al peso final, ganancia de peso y eficiencia de conversión no se detectó efecto del origen genético, del nivel, ni tampoco de la interacción origen genético por nivel. Con respecto a la altura final, se detectaron diferencias significativas en cuanto al origen genético: los terneros HNA presentaron, en promedio, 6,2 cm más que los terneros HNZ. No se observó efecto del nivel ni de la interacción origen genético por nivel para esta variable.

6.2 Consumo

No se detectó un efecto significativo del origen genético, del nivel o de la interacción origen genético por nivel para el consumo de MS, EM y PC del concentrado, sustituto lácteo y total (Tabla 5).

Tabla 5. Medias marginales estimadas para el efecto del nivel de IgG y el origen genético sobre el consumo de MS, EM y PC del concentrado, sustituto lácteo y total.

	HNZ ¹		HNA ²		EEM ⁵	P > F ⁶			
	3 ³	6 ⁴	3	6		Origen genético	Nivel	Origen genético x Nivel	Semana
Materia seca, g/d									
Concentrado	527	529	382	487	50,1	0,06	0,29	0,29	<0,0001
Sustituto	640	647	662	657	12	0,17	0,94	0,62	<0,0001
Total	1174	1180	1048	1146	51,8	0,11	0,33	0,36	<0,0001
Energía metabolizable, Mcal/d									
Concentrado	1,54	1,54	1,2	1,48	0,15	0,17	0,34	0,32	<0,0001
Sustituto	3,11	3,14	3,22	3,19	0,06	0,18	0,96	0,63	<0,0001
Total	4,73	4,75	4,38	4,66	0,16	0,18	0,37	0,43	<0,0001
Proteína cruda, g/d									
Concentrado	97,8	98,2	70,8	90,4	9,29	0,06	0,29	0,29	<0,0001
Sustituto	179,6	181	186	184	3,42	0,18	0,96	0,63	<0,0001
Total	279,3	281	258	275	10	0,16	0,36	0,42	<0,0001

¹HNZ = Holstein neozelandés; ²HNA = Holstein norteamericano.

³3 = 3 g IgG/kg PV; ⁴6 = 6 g IgG/kg PV.

⁵Error estándar de la media.

⁶Efecto del origen genético, nivel e interacción origen genético x nivel y semana de medición. No se detectaron interacciones significativas que involucraran a la semana de medición.

No se detectó un efecto significativo del origen genético, del nivel o de la interacción origen genético por nivel para el consumo de MS, EM y PC del concentrado, sustituto lácteo y total (Tabla 5). Hubo un efecto fijo de la semana de medición, donde, como se observa en la figura 1, el consumo de concentrado fue insignificante hasta la semana 3 y luego comenzó a aumentar exponencialmente hasta la semana 8. El consumo de sustituto lácteo aumentó desde el nacimiento a la segunda semana, luego se mantuvo hasta la 7^{ma} semana, donde empezó a disminuir hasta el desleche.

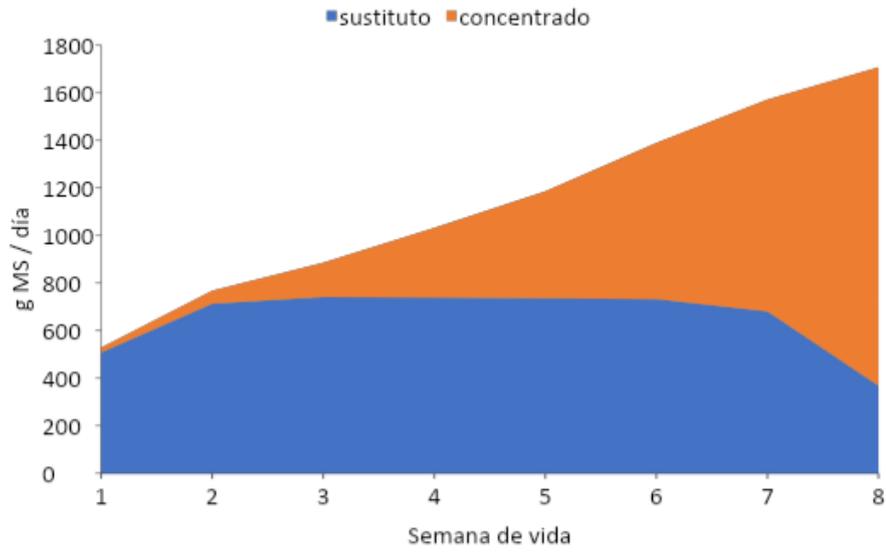


Figura 1. Evolución del consumo de MS del sustituto lácteo y concentrado durante el período de estudio.

7. DISCUSIÓN

Nuestra hipótesis fue que terneros Holstein (independientemente de su origen genético) tendrían un mayor consumo de nutrientes y, por lo tanto, lograrían un mayor crecimiento, a mayor nivel de ingesta de IgG recibida en las primeras 2 h luego del nacimiento. Si bien efectivamente un mayor suministro de IgG redundó en una mayor concentración sérica de IgG y por lo tanto una mayor TIP (Ferrando, sin publicar), los terneros a los cuales se les suministró un mayor nivel de IgG no presentaron un mayor consumo de MS o nutrientes provenientes del sustituto lácteo, del concentrado y total, al compararlos con aquellos que recibieron un menor nivel de IgG.

De manera similar a lo observado en el presente estudio, Dunn et al. (2017) también reportaron que, suministrando con 5% o 10% del PV al nacimiento con CM dentro de las 2,5 h de vida, el régimen de alimentación con calostro no tuvo efecto sobre el sustituto lácteo consumido en el período previo al destete. Sin embargo, previamente Nocek, Braund, y Warner (1984) habían reportado que la ingesta de MS del alimento líquido fue mayor para las terneras que recibieron calostro con una alta concentración de IgG (>60 mg/ml) desde el nacimiento hasta los 4 días, en comparación con las que recibieron calostro con una baja concentración de IgG (45 mg/ml).

Con respecto al consumo de concentrado no se observaron diferencias significativas entre los dos niveles evaluados, lo cual está en concordancia con lo mencionado por Nocek et al (1984), quienes reportan que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de alta y baja concentración IgG, para el consumo de alimento seco. Por otra parte, Dunn et al. (2017), encontraron que los terneros en el tratamiento de CM al 5% de su PV al nacimiento, consumieron más concentrado que los terneros en el tratamiento de 10% del PV durante el día 5 al 28 y observaron una tendencia a un mayor consumo de concentrado desde el día 5 al 56. Sin embargo, no observaron diferencias significativas de consumo de concentrado al destete.

No queda claro por qué en algunos casos existen diferencias entre experimentos en cuanto al consumo de sustituto lácteo o concentrado debido al

nivel de ingesta de calostro. Una posible explicación podría haber sido el estatus sanitario de los terneros en los grupos con manejo contrastante del calostrado. Por ejemplo, Nocek et al. (1984) reportaron que los terneros a los que se les suministró calostro con baja concentración de IgG tuvieron mayor cantidad de días con diarrea, de días con algún tratamiento o de días con temperatura corporal mayor a 37,8 °C, lo que habría llevado a un menor consumo de sustituto lácteo por parte de esos terneros. Datos preliminares obtenidos en el presente estudio (Ferrando, sin publicar) sugieren que no hubo diferencias entre niveles de ingesta de IgG en cuanto a porcentaje de morbilidad o días con diarrea en los terneros, lo cual es consistente con la falta de efecto que aquellos tuvieron sobre el consumo de alimentos y nutrientes.

En nuestro estudio, terneros a los cuales se les ofreció mayor cantidad de IgG luego del nacimiento no lograron mayores ganancias diarias y PV al desleche, en comparación con los terneros a los cuales se les ofreció menor cantidad. En un estudio realizado por Hammon, Schiessler, Nussbaum y Blum (2002), en donde se suministraron cantidades *ad libitum* de calostro durante 3 días después del nacimiento y leche hasta el día 28, y se compararon con terneros alimentados con cantidades comúnmente recomendadas de calostro y leche, se observó que la ganancia de PV en la semana 1 fue mayor para aquellos alimentados con cantidades *ad libitum*, pero no hubo diferencias entre los grupos durante el período de 28 días. Al mismo tiempo, Nocek et al (1984), describen en su trabajo que terneros alimentados con calostro de alta calidad ganaron peso desde el nacimiento hasta el día 4, mientras que los alimentados con calostro de baja calidad perdieron peso; además no se detectaron diferencias entre los terneros de alta Ig y los de otros tratamientos en el periodo posterior o en la ganancia global. Estos resultados pueden estar relacionados con el mayor consumo de sustituto lácteo y/o mejor estatus sanitario de los terneros alimentados con calostro con mayor concentración de IgG, como ya fuera mencionado.

En el estudio realizado por De Trinidad (2014) no se evaluaron tratamientos basados en distintas estrategias de calostrado, sino que evaluaron dos tratamientos en base al consumo de leche durante la crianza de terneros HNA (4 vs 8 L/día). El peso al desleche observado en el tratamiento de 8 L de

77,2 kg fue similar al observado en el presente estudio, que fue de 76,2 kg, lo cual es lógico ya que el manejo aplicado por De Trinidad (2014) es en cierta forma comparable con el manejo “intensivo” realizado durante la crianza. No se encontraron datos comparables reportados en Uruguay para terneros HNZ.

En este trabajo se obtuvieron ganancias diarias de peso vivo promedio durante la cría de 624 g/d para terneros HNA (no se encontraron datos comparables reportados en Uruguay para terneros HNZ). Davis Rincker et al. (2011) alimentaron terneros Holstein con sustituto lácteo comparando una dieta convencional vs una intensiva, y encontraron ganancias de 440 y 640 g/día, respectivamente. En el trabajo ya reportado de De Trinidad (2014), se obtuvieron ganancias diarias de 445 y 672 g/día de PV en terneras alimentadas durante la cría con 4 u 8 L de leche por día. Si bien la oferta de alimento líquido ofrecido durante la crianza, expresado como porcentaje del peso al nacer, fue menor en el presente estudio respecto al nivel más alto ofrecido por De Trinidad (2014) (15 vs 20%), las ganancias de peso obtenidas en ambos trabajos (624 y 672 g/d) fueron similares. Para lograr beneficios productivos a largo plazo, las terneras deberían duplicar su peso al nacer en el momento del desleche (56 días) (Van Amburgh, 2014); en nuestro estudio los PV al desleche no fueron los esperados, dado que ninguno de los grupos logró, en promedio, duplicar su PV al nacer, en concordancia con los resultados obtenidos por Dearmas et al (2016), quienes realizaron un estudio a partir de los 7 días de vida suministrando sustituto lácteo a razón del 10 y 20% de PV durante la etapa de cría.

Tomar solo el PV del animal para evaluar el crecimiento y desarrollo corporal se considera insuficiente, dado que de esta forma no se permite la diferenciación de la composición corporal, y se ve influenciado por la condición corporal (Hoffman, 1997). Para definir el desarrollo esquelético del animal se consideran, por ejemplo, mediciones tales como la altura a la cruz, largo del animal, ancho de cadera y área pélvica (Hoffman, 1997). La relación entre el peso vivo y altura a la cruz aumenta de forma lineal; un aumento de peso vivo irregular altera esta proporcionalidad, y aumenta los costos (Kertz et al., 1998).

Se detectaron diferencias significativas con respecto a la altura a la cruz en cuanto al origen genético: los terneros HNA presentaron, en promedio, 88,1 cm, lo que corresponde a 6,2 cm más que los terneros HNZ. Lesmeister y Heinrichs (2005) reportan valores promedios de 77,1 y 83,1 cm para el nacimiento y el desleche, respectivamente. En tanto que Khan et al. (2007a) reportan valores promedios muy similares de 75,7 cm al nacimiento y 85,7 cm al destete. La altura adulta final está determinada por el potencial genético, pero la dieta y el régimen de alimentación pueden hacer que los animales alcancen antes ese potencial genético o su crecimiento sea retardado y nunca alcancen su tamaño máximo de madurez (Owens et al., 1993).

Según Khan y col. (2011), terneras con una alta oferta de alimento líquido usualmente presentan mayores niveles de saciedad y menos estímulo para consumir alimento sólido; en sentido contrario, las terneras con menor oferta de alimento líquido tienen mayores niveles de hambre y buscan compensar esta situación a través de un mayor consumo de concentrado. Si bien en el presente estudio las terneras tuvieron una oferta de sustituto lácteo que podría considerarse moderadamente alta, en la última semana del experimento estuvieron consumiendo de forma sostenida alrededor de 1,2 kg MS, que está por encima de los valores recomendado como criterio para deslechar terneros (Drackley, 2008). La evolución de los consumos de MS y EM fueron comparables a los citados por De Trinidad (2014) para terneras alimentadas con 8 L de leche por día, con un aumento muy importante en el consumo de concentrado a partir de la tercera semana de vida, que se acentuó a medida que se redujo la oferta de sustituto lácteo durante las semanas de transición hacia el desleche.

La eficiencia de conversión de alimento consumido (leche y concentrado) en este estudio durante el período de aplicación del tratamiento fue de 1,87 kg MS/kg de peso ganado, que se encuentra dentro del rango reportado por De Trinidad (2014) para terneras alimentadas con 4 u 8 L/d de leche (1,96 vs 1,58 kg MS/kg peso vivo ganado, respectivamente). No se encontraron antecedentes del efecto del nivel de ingesta de IgG, o del origen genético del ternero, sobre esta variable. Las eficiencias de conversión observadas son elevadas respecto a lo que se reporta para rumiantes adultos

en crecimiento, lo que en parte es debido a que la leche es un alimento de muy alta digestibilidad y aprovechamiento, dando como resultado mejores eficiencias de conversión alimenticia durante el período previo al destete (Diaz et al., 2001; Khan et al., 2007b), y a que los animales jóvenes utilizan más eficientemente los nutrientes disponibles para mantener las funciones vitales del cuerpo y para la ganancia de tejido y el crecimiento esquelético (National Research Council , 2001).

8. CONCLUSIONES

Independientemente del origen genético de los terneros (HNA o HNZ), un mayor nivel de suministro de IgG dentro de las 2 h luego del nacimiento no determinó un mayor consumo total de MS o nutrientes, ni afectó la ganancia de peso o la altura a la cruz, o la eficiencia de conversión del alimento.

9. BIBLIOGRAFIA

- Bach, A., Fernández, C., y Terre, M. (2010). Recomendaciones nutricionales para rumiantes de recría (Normas FEDNA). Madrid: FEDNA.
- Ballent, M; Landi, H; Bilbao, G; Dick, A. (2003) Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche: una actualización bibliográfica. *ITEA 99A(2):130-138.*
- Barrington, G.M., y Parish, S.M. (2001). Bovine neonatal immunology. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 17, 463-476.
- Besser, T.E., Garmedia, A.E., Mcguire, T.C y Gay, C.C. (1985). Effect of colostral immunoglobulin G1 and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. *Journal of Dairy Science*, 68, 2033-2037.
- 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, 419-422.
- Berra, G. (2005). Buenas prácticas en la crianza y recría de vaquillonas en el tambo. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornada Uruguay de Buiatría* (Vol XXXIII, pp. 89-110). Paysandú: Centro Médico Veterinario Paysandú.
- Bielmann, V., Gilan, J., Perkins, N., Skidmore, A., Godden, S., y Leslie, K. (2010). An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93, 3713-3721.
- Blum, J.W. (2006). Nutritional physiology of neonatal calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90, 1-11.
- Brignole, T., y Stott, G. (1980). Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum of immunoglobulin absorption and calf survival. *Journal of Dairy Science*, 63, 451-456.

- Caffarena, R.D., Casaux, M.L., Schild, C.O., Fraga, M., Castells, M., y 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.
- Campos, R., Carillo, A., y Giraldo, L. (2007). *El Calostro: Herramienta para la cría de terneros*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Chigerwe, M., Tyler, J. W., Schultz, L. G., Middleton, J. R., Steevens, B. J., y Spain, J. N. (2008). Effect of colostrum administration by use of oesophageal intubation on serum IgG concentrations in Holstein bull calves. *American Journal of Veterinary Research*, 69(9), 1158–1163.
- Comline, R., Roberts, H., y Titcher, D. (1951). Route of Absorption of Colostrum Globulin in the Newborn Animal. *Nature*, 167, 561–562.
- Conneely, M., Berry, D.P., Murphy, J.P., Lorenz, I., Doherty, M.L., y Kennedy, E. (2014). Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6991-7000.
- Davis, C.L., y Drackley, J.K. (2002). El calostro. En *Desarrollo, nutrición y manejo del ternero joven* (pp. 163-187). Buenos Aires: Inter-Médica.
- Davis Rincker, I., Vandehaar, M., Wolf, C., Liesman, J., Chapin, L., y Weber Nielsen, M. (2011). Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *Journal of Dairy Science*, 94, 3554-3567.
- De Trinidad, S. (2014). *Alimentación diferencial durante la etapa lactante en terneras Holstein: efectos inmediatos y residuales sobre el crecimiento, desarrollo corporal y pubertad* (Tesis de Maestría). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.

- Dearmas, B., Facet., F., y Macchi, M.V. (2016). *Niveles de alimentación de terneras Holstein durante la cría y recría temprana y sus efectos sobre el crecimiento y desarrollo corporal* (Tesis de Grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Di Marco, O. (1994) Crecimiento y respuesta animal. Mar del Plata, República Argentina, Asociación Argentina de producción animal.
- Diaz, M. C., M. E. Van Amburgh, J. M. Smith, J. M. Kelsey, y E. L. Hutten. (2001). Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science*, 84, 830–842.
- Drackley, J.K. (2008) Calf Nutrition from Birth to Breeding, Veterinary Clinics of North America. *Food Animal Practice*, 24 (1), 55-86.
- Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., McGee, M., y Morrison, S.J. (2017). Effect of concentrate supplementation during the dry period on colostrum quality and effect of colostrum feeding regimen on passive transfer of immunity, calf health, and performance. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 357-370.
- Elizondo, J.A. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 271-281.
- Elsohaby, I., Arango-Sabogal, J. C., McClure, J. T., Dufour, S., Buczinski, S., y Keefe, G. P. (2021). Accuracy of direct and indirect methods for assessing bovine colostrum quality using a latent class model fit within a Bayesian framework. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4703–4714.
- Faber, S.N., Faber, N.E., y McCauley, T.C. (2005). Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Applied Animal Scientist*, 21, 420–5.
- Fariña, S.R., y Chilbroste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, 102631.

- Federación Panamericana de Lechería. (2011). *Situación de la lechería en América Latina y el Caribe*. Montevideo: FEPALE. Recuperado de https://fepale.org/site/wpcontent/uploads/2021/04/Informe_Observatori_Cadena_Lactea_ALC_2012.pdf
- Fernández Abella, D.H. (1993) Regulación hormonal del crecimiento de los rumiantes. En: Crecimiento. Ficha de apoyo docente. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.
- Fisher, 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.
- Fortin, A., y Perdomo, J. (2009) *Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y la concentración de inmunoglobulinas y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad* (Trabajo de grado). Universidad Zamora de Honduras.
- Garcia, A. R. (2004). Respiratory disease in young dairy calf. *Extension extra (South Dakota State University)*, 4(7),136-149
- Godden, S.M. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24, 40- 44.
- Godden, S.M., Lombard, J.E., y Woolums, A.R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35, 535–556.
- Gomes, R.D., Anaya, K., Galdino, A.B., Oliveira, J.P., Gama, M.A., Medeiros, C.A., y Rangel, A.H. (2021). Bovine colostrum: A source of bioactive compounds for prevention and treatment of gastrointestinal disorders. *NFS Journal*, 25, 1-11.

- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., y Osteras, O. (2009). Calfhealth monitoring in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 92,1660-1969.
- Hammon, H.M., Liermann, W., Frieten, D., y Koch, C. (2020). Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, 14(S1), s133-s143.
- Hammon, H.M., Schiessler, G., Nussbaum, A., y Blum, J.W. (2002). Feed Intake Patterns, Growth Performance, and Metabolic and Endocrine Traits in Calves Fed Unlimited Amounts of Colostrum and Milk by Automate, Starting in the Neonatal Period. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3352-3362.
- Hoffman, P.C. (1997) Optimum body size of Holstein replacement heifers. *Journal of Animal Science*, 75, 836 – 845.
- Hopkins, B.A., y Quigley, J.D. (1997). Effects of Method of Colostrum Feeding and Colostrum Supplementation on Concentrations of Immunoglobulin G in the Serum of Neonatal Calves. *Journal of Dairy Science*, 80, 979-983.
- Inabu, Y., Fischer, A., Song, Y., Guan, L.L., Oba, M., Steele, M.A., y Sugino, T. (2018). Short communication: The effect of delayed colostrum feeding on plasma concentrations of glucagon-like peptide 1 and 2 in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6627.
- Instituto Nacional de la Leche. (2021). *Uruguay lechero*. Recuperado de <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>
- James, R. E. (2011). Replacement management in cattle. Pre-Ruminant Diets and Weaning Practices. En J.W. Fuquay, P.F. Fox, y P.L.H. McSweeney (Eds), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2ª ed., Vol. 4, pp. 396-402). Londres: Elsevier.
- James, E., Polan, C.E., y Cummins, K.A. (1981). Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of [Iodine-125] γ -globulin in vivo

- by intestinal segments of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 64, 52–61.
- Jarmuz, W., Szelag, I., y Skrzypek, R. (2001). Relationships between concentration of serum immunoglobulins and growth rate of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 432.
- Jones, C.M., James, R.E., Quigley, J.D., y Mc Gilliard, M.L. (2004). Influence of pooled colostrum or colostrum replacement on IgG and evaluation of animal plasma in milk replacer. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1808 - 1812.
- Kertz, A.F., Barton, B.A., y Reutzel L.F. (1998) Our Industry Today: Relative efficiencies of wither height and body weight increase from birth until first calving in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 81, 1479 – 1482.
- Khan, M.A., Bach, A., Weary, D.M., y von Keyserlingk, M.A.G. (2016). Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99, 885 – 902.
- Khan, M., Lee, H., Lee, W., Kim, H., Kim, S., Ki, K., Park, S., ... Choi, Y. (2007a). Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 90, 5259-5268.
- Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Kim, S. B., Ki, K. S., ... Choi, Y. J. (2007b). Pre-and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. *Journal of Dairy Science*, 90, 876–885.
- Khan, M.A., Weary, D.M., y Von Keyserlingk, M.A.G. (2011). Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 94, 1071-1081.
- Le Cozler, Y; Lollivier, V; Lacasse, P; Disenhaus, C. (2008) Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal* 2:1393–1404.

- Lesmeister, K., y Heinrichs, A. (2005). Effects of adding extra molasses to a texturized calf starter on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 88, 411-418.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., y Van Soest, P.J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57(4), 347-358.
- Liu, G., Wang, J., Bu, D., Cheng, J., Zhang, C., Wei, H., y Dong, X. (2009). Factors affecting the transfer of immunoglobulin G1 into the milk of Holstein cows. *Veterinary Journal*, 182(1), 79-85.
- Longenbach, J.L., y Heinrichs, A.J. (1998). A review of the importance and physiological role of curd formation in the abomasum of young calves. *Animal Feed Science and Technology*, 73, 85-97.
- Machado Bittar, C.M. (2016). Instalações para bezerras leiteiras. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, 81, 26-44.
- Martínez, A., Pereira, J., y Priore, L. (2019). *Efectos de dos planos de alimentación durante la etapa lactante de terneras Holstein sobre el consumo de nutrientes y su desarrollo corporal* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- McGee, M., Drennan, M.J., y Caffery, P.J. (2005). Effect of suckler cow genotype on cow serum immunoglobulin (Ig) levels, colostrum yield, composition and Ig concentration and subsequent immune status of their progeny. *Irish Journal of Agriculture and Food Research*, 44, 173–183.
- McGuirk, S.M., y Collins, M. (2004). Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North American. Food Animal Practice*, 20(3), 593–603.

- Mechor, G.D., Gröhn, Y.T., McDowell, L.R., y Van Saun, R.J. (1992). Specific gravity of bovine colostrum immunoglobulins as affected by temperature and colostrum components. *Journal of Dairy Science*, 75, 3131–3135.
- Mendoza, A., Caffarena, D., Fariña, S., Morales, T., y Giannitti, F. (2017). *Manejo del calostrado en el ternero neonato: Herramientas para una crianza saludable y eficiente*. Montevideo: INIA.
- Meyer, M., Rhoads, R., Capuco, V., Connor, E., Hummel, A., Boisclair, Y., y Van Amburgh, M. (2007). Ontogenic and nutritional regulation of steroid receptor and IGF-I transcript abundance in the prepubertal heifer mammary gland. *Journal of Endocrinology*, 195(1) 59–66.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2021). *Anuario Estadístico Agropecuario*. Recuperado de <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2021/LIBRO%20ANUARIO%202021%20Web.pdf>.
- Morin, D.E., McCoy, G.C., y Hurley, W.L. (1997). Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *Journal of Dairy Science*, 80, 747–753.
- 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 Period¹. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 838-844.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7^a ed.). Washington: National Academy Press.
- Navarro, H., Siebald, E., y Celis, S. (2006). *Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores*. Osorno: Ministerio de Agricultura-INIA. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7073>

- Nocek, J.E., Braund, D.G., y Warner, R.G. (1984). Influence of Neonatal Colostrum Administration, Immunoglobulin, and Continued Feeding of Colostrum on Calf Gain, Health, and Serum Protein. *Journal of Dairy Science*, 67(2), 319-333.
- Nousiainen, J., Korhonen, H., Syvaioja, E.L., Savolainen, S., Saloniemi, H., y Halonen H. (1994). The effect of colostrum, immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. *Agricultural Science in Finland*, 3, 421-428.
- Odle, J., Zijlstra, R.T., y Donovan, S.M. (1996). Intestinal effects of milkborne growth factors in neonates of agricultural importance. *Journal of Animal Science*, 74(10), 2509-22.
- Owens, F. N., Dubeski, P., y Hanson, C. F. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71(11), 3138–3150.
- Petrie, L. (1984). Maximizing the absorption of colostrum immunoglobulins in the newborn dairy calf. *Veterinary Record*, 114, 157-163.
- Potter, T. (2011). Colostrum: Getting the right start. *UK Vet Livestock*, 16(5), 25-27.
- Quigley, J.D. (1999). *Notas acerca de terneros # 39- Usando el refractómetro*. Recuperado de <http://www.calfnotes.com/pdf/CN039e.pdf>
- Quigley, J.D. (2000). Calf age, total protein, and FPT in calves. *Calf Note*, 62. Recuperado de <https://www.calfnotes.com/new/en/2000/05/07/calf-note-62-calf-age-total-protein-and-fpt-in-calves/>
- 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.

- Quiroz, J.L., y Ruiz, G. (2012). *Seguimiento en crianza artificial de terneros*. Recuperado de https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/42-Crianza_artificial.pdf.
- Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C., y Hinchcliff, K.W. (2002). *Medicina veterinaria: tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino* (9ª ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Relling, A., y Mattioli, G.A. (2003). *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. La Plata: UNLP.
- 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(7), 902.
- Roffler, B., Fäh, A., Sauter, S.N., Hammon, H.M., Gallmann, P., Brem, G., y Blum, J.W. (2003). Intestinal morphology, epithelial cell proliferation, and absorptive capacity in neonatal calves fed milk-born insulin-like growth factor-I or a colostrum extract. *Journal of Dairy Science*, 86, 1797-1806.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., y Nightengale, G.T. (1979). Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62, 1766-1773.
- Stott, G.H., y Menefee, B.E. (1978). Selective absorption of immunoglobulin IgM in the newborn calf. *Journal of Dairy Science*, 64, 459-465.
- Schild, C.O., Caffarena, R.D., Riet-Correa, F., y Giannitti, F.A. (2019). Reducir la mortalidad de terneros en los tambos uruguayos es posible. *Revista INIA*, 57, 33-35.
- Schild, C.O., Caffarena, R.D., Gil, A., Sánchez, J., Riet-Correa, F., y Giannitti, F.A. (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.
- Soberon F., y Van Amburgh, M. (2013). The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: A meta-analysis of current data. *Journal of Animal Science*, 91, 706-712.
- Surraco, L. (1993) Crecimiento y desarrollo. En: Crecimiento. Ficha de apoyo docente. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. pp: 1-10.
- Thompson, J.C., y Pauli, J.V. (1981). Colostral transfer of gamma glutamyl transpeptidase in calves. *New Zealand Veterinary Journal*, 29(12), 223–226.
- Trotz-Williams, L., Leslie, K., y Peregrine, A. (2008). Passive immunity in ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *Journal of Dairy Science*, 91, 3840–3849.
- Turini, L., Conte, G., Bonelli, F., Sgordbini, M., Madrigali, A., y Mele, M. (2020). The relationship between colostrum quality, passive transfer of immunity and birth and weaning weight in neonatal calves. *Livestock Science*, 238, 104033.
- Tyler, J.W., Parish, S.M., Besser, T.E., VanMetre, D.C., Barrington, G.M., y Middleton, J.R. (1999). Detection of low serum immunoglobulin concentrations in clinically ill calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 13, 40-43.
- Van Amburgh, M.E., Soberon, F., Lopez, D.J., Karszes, J., y Everett R.W. (2014). Early life nutrition and management impacts long-term productivity of calves. En *Proceedings 50^a Florida Dairy Production Conference* (pp. 35-49). Gainesville, USA.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.

Vann, R.C., y Baker, J.F. (2001). Calf serum IgG concentrations affects weaning performance. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 223-224.

Vann, R., Holloway, J., Carstens, G., Boyd, M., y Randel, R. (1995). Influence of calf genotype on colostral immunoglobulins in *Bos taurus* and *Bos indicus* cows and serum immunoglobulins in their calves. *Journal of Animal Science*, 73, 3044–3050.

Weaver, D., Tyler, J., Van Metre, D., Hostetler, D., y Barrington, G. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14, 570-571.