

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFEECTO DEL NIVEL DE INGESTA DE INMUNOGLOBULINA G SOBRE LA
TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA, CONSUMO Y CRECIMIENTO
DE TERNEROS HOLSTEIN DE DISTINTO ORIGEN GENÉTICO**

por

**María Victoria PERDOMO BERTÓN
Ana Julia MCALISTER CAFFAREL**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Diego Mattiauda

Dra. Lourdes Adrien

Dr. Germán Antúnez

Fecha: 23 de marzo de 2022

Autoras:

María Victoria Perdomo Bertón

Ana Julia McAlister Caffarel

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos, que representaron un apoyo fundamental a lo largo de la carrera y en la elaboración de este trabajo.

A los tutores de tesis, Alejandro Mendoza y Camila Ferrando, por su tiempo y dedicación a lo largo de todo el trabajo.

A los funcionarios de INIA La Estanzuela, Unidad de Lechería, en especial a Bruno López por su apoyo y predisposición constante para realizar el trabajo de campo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 CALOSTRO.....	2
2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA	2
2.3 TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA.....	4
2.3.1 <u>Factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva</u>	4
2.4 ANTECEDENTES DEL NIVEL DE INGESTA DE IgG AL NACIMIENTO Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO	6
2.5 SUSTITUTO DE CALOSTRO MATERNO.....	7
2.6 ANTECEDENTES DEL MANEJO DEL CALOSTRADO EN ESTABLECIMIENTOS LECHEROS DEL URUGUAY	8
2.7 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL TERNERO LACTANTE	9
2.8 ALIMENTACIÓN Y CONSUMO DE TERNEROS LACTANTES	9
2.8.1 <u>Factores que afectan el consumo en terneros lactantes</u>	10
2.9 GANANCIA DIARIA EN TERNEROS LACTANTES	10
2.10 CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS HOLANDO AMERICANO Y NEOZELANDÉS.....	11
2.10.1 <u>Raza Holando norteamericana</u>	11
2.10.2 <u>Raza Holando neozelandés</u>	11
2.11 HIPÓTESIS	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	13
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL	13
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS	13
3.3 MANEJO	13
3.4 DETERMINACIONES	15
3.4.1 <u>Determinaciones en los alimentos</u>	15
3.4.2 <u>Ganancias de peso diarias</u>	16
3.4.3 <u>Consumo promedio semanal y eficiencia de conversión</u>	16
3.4.4 <u>Eficiencia aparente de absorción de IgG</u>	16

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	16
4. <u>RESULTADOS</u>	20
4.1 EFICIENCIA APARENTE DE ABSORCIÓN DE IgG, BRUX POST CALOSTRADO E IgG POST CALOSTRADO	20
4.2 GANANCIA DE PESO, ALTURA FINAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO	22
4.3 CONSUMO DE CONCENTRADO, SUSTITUTO LÁCTEO Y TOTAL DE MATERIA SECA.....	24
5. <u>DISCUSIÓN</u>	26
5.1 EFICIENCIA APARENTE DE ABSORCIÓN DE IgG, BRUX POST CALOSTRADO E IgG POST CALOSTRADO	26
5.2 GANANCIA DE PESO, ALTURA FINAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO	27
5.3 CONSUMO DE CONCENTRADO, SUSTITUTO LÁCTEO Y TOTAL DE MATERIA SECA.....	29
6. <u>CONCLUSIONES</u>	30
7. <u>RESUMEN</u>	31
8. <u>SUMMARY</u>	32
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	33
10. <u>ANEXOS</u>	41

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición química del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein.....	2
2. Composición del sustituto “Calostro Bovino Completo”.....	13
3. Composición química del concentrado Nutritrñera Erro.....	14
4. Composición química del sustituto lácteo Nutra milk.....	14
5. Efecto de la dosis de IgG y el genotipo sobre los registros de IgG y Brix post calostrado y la eficiencia efectiva de absorción de IgG.....	20
6. Efecto de la dosis de IgG y el genotipo sobre el peso final, altura final, ganancia de peso y eficiencia de conversión del alimento.....	22
7. Efecto de la dosis de IgG y el genotipo sobre el consumo de concentrado, de sustituto lácteo y el consumo total de materia seca por día.....	24
Figura No.	
1. Correlación entre °Brix e IgG medidos en el suero sanguíneo post calostrado.....	19

1. INTRODUCCIÓN

El sector lechero en Uruguay presenta gran importancia económica y social. Es responsable de generar una gran cantidad de puestos de trabajo para la población, además de productos lácteos de calidad tanto para el mercado interno como para la exportación. Debido a la relevancia del rubro en el país, resulta necesario incorporar tecnologías y prácticas de manejo que apunten a mejorar los eslabones más débiles de la producción, permitiendo lograr mejores resultados tanto económicos como productivos.

Uno de los procesos productivos que presenta importantes oportunidades de mejora es la cría. Anualmente se descartan animales del sistema, ya sea por enfermedades, por caída en la producción, entre otras causas. Para reponerlos se requiere, cada año, contar con animales jóvenes que ingresen al rodeo para aumentar o mantener el “stock”, y por ende la productividad. El objetivo principal del proceso de cría dentro del sistema es la producción de los reemplazos. Se debe lograr que éstos puedan sobrevivir y alcanzar la edad productiva en el menor tiempo posible. Para esto, resulta de vital importancia la alimentación de los terneros desde los primeros días de vida. A nivel nacional y predial, la tasa de mortalidad de terneros y la incidencia de enfermedades neonatales son causantes de grandes pérdidas económicas que podrían mejorarse a partir de prácticas de manejo, siendo una de ellas la implementación de un programa de calostro eficiente.

El consumo de calostro inmediatamente después del nacimiento ha demostrado ser determinante en la supervivencia del animal y podría afectar significativamente también su performance posterior. Por otra parte, es de gran importancia en el sistema que los animales logren altas ganancias de peso durante la cría y recría, para alcanzar la pubertad rápidamente, reproducirse y comenzar a producir leche. En este sentido, la alimentación y el correcto calostro al momento del nacimiento podrían ser también determinantes.

El objetivo principal de este trabajo de tesis es evaluar el efecto del nivel de ingesta de Inmunoglobulina G (IgG) contenida en el calostro, sobre la transferencia de inmunidad pasiva (TIP), el crecimiento y el consumo de terneros Holstein de distinto origen genético, desde el día 0 al 56.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CALOSTRO

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto y es de fundamental importancia para la salud y supervivencia del ternero neonato (Mendoza et al., 2017). Es el primer alimento al que accede el ternero luego de su nacimiento.

El ternero recién nacido presenta un sistema inmunológico en desarrollo, por lo tanto, su supervivencia en los primeros días de vida depende del calostro materno. Durante la gestación no se produce transferencia de anticuerpos a través de la placenta, por lo que los terneros nacen con una cantidad limitada de éstos, volviéndose extremadamente susceptibles a enfermedades (Turini et al., 2020). La separación de los suministros de la sangre materna y la fetal impide la transferencia de factores inmunológicos (como la IgG) en el útero. Por esta razón, es de vital importancia que el ternero neonato adquiera anticuerpos a partir de la ingesta de calostro inmediatamente después de su nacimiento (McGurik y Collins, 2004).

2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El calostro está compuesto principalmente por proteínas. Además de esto, presenta un alto contenido de Inmunoglobulinas (de las cuales 85 - 90% son IgG), leucocitos maternos, factores de crecimiento, hormonas, citocinas, factores antimicrobianos inespecíficos y nutrientes (Godden, 2019). Las concentraciones de estos componentes van disminuyendo a medida que transcurre el tiempo luego del parto. La composición química del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein se detalla a continuación.

Cuadro 1. Composición química del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein

	Calostro 1 ^{er.} ordeñe	Leche de transición 2 ^{do.} ordeñe 3 ^{er.} ordeñe		Leche entera
Densidad relativa	1,056	1,00	1,035	1,032
Sólidos totales, %	23,9	17,9	14,1	12,9
Grasa, %	6,7	5,4	3,9	4,0
Proteína total, %	14,0	8,4	5,1	3,1
Caseínas, %	4,8	4,3	3,8	2,5
Inmunoglobulinas, %	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG, g/dL	3,2	2,5	1,5	0,06
Lactosa, %	2,7	3,9	4,4	5,0
IGF-I, µg/L	341	242	144	15
Insulina, µg/L	65,9	34,8	15,8	1,1
Minerales, %	1,11	0,95	0,87	0,74
Hierro, mg/100 g	0,26	0,15	0,15	0,13
Magnesio, %	0,04	0,01	0,01	0,01
Zinc, mg/100 mL	1,22	-	0,62	0,30
Manganeso, mg/100 mL	0,02	-	0,01	0,004
Hierro, mg/100g	0,20	-	-	0,05
Cobalto, µg/100 g	0,50	-	-	0,10
Vitamina A, µg/ 100 mL	295	190	113	34
Vitamina E, µg/g de grasa	84	76	56	15
Riboflavina, µg/mL	4,83	2,71	1,85	1,47
Vitamina B12, µg/100mL	4,9	-	2,5	0,6
Ácido fólico, µg/100 mL	0,8	-	-	0,2
Colina, mg/mL	0,70	0,34	0,23	0,13

Fuente: adaptado de Godden (2019)

En el Cuadro 1, se puede observar que el calostro tiene un mayor porcentaje de sólidos totales con respecto a la leche, principalmente explicado por un mayor contenido de proteínas. Adicionalmente, tiene mayor contenido de inmunoglobulinas, más precisamente IgG. La IgG es el anticuerpo más abundante en el organismo, y resulta fundamental para combatir infecciones y mantener el estado de salud (Mendoza et al., 2017). Por lo tanto, es importante que el calostro contenga una importante proporción de IgG en su composición, y que la misma sea correctamente absorbida en el intestino del animal (Godden, 2019). Además de los niveles superiores de proteína, el calostro cuenta con mayor contenido de minerales, vitaminas y factores de crecimiento, que, como se puede observar en el Cuadro 1, van disminuyendo con los sucesivos ordeñes. La leche extraída en los ordeñes sucesivos al calostro se denomina “leche de transición”, y va

disminuyendo su calidad composicional, con variaciones cada vez menos significativas hasta aproximadamente cinco semanas postparto (Mendoza et al., 2017).

2.3 TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA

Se entiende por transferencia de inmunidad pasiva (TIP) a la absorción de inmunoglobulinas maternas que ocurre en el intestino delgado del ternero neonato, en las primeras 24 horas de vida (Weaver et al., 2000). Dicho suceso es de vital importancia para el ternero ya que lo protege frente a los patógenos hasta que su sistema inmunológico se vuelve funcional. Si esto no sucede, ocurre lo que se denomina falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), que predispone al neonato al desarrollo de enfermedades (Weaver et al., 2000). FTIP es un concepto utilizado para describir situaciones en las que el ternero neonato no ingiere niveles adecuados de IgG (Barrington y Parish, 2001). Según presentan Arroyo-Arroyo y Elizondo-Salazar (2014), una falla en la adquisición de inmunidad pasiva ocurre cuando la concentración de proteínas séricas totales (PST) es menor a 5,5g/dl. Asimismo, Cuttance et al. (2018), consideran un valor de PST menor a 5,2 g/dL como falla en la transferencia de inmunidad pasiva. Por otra parte, según presenta Godden (2019), una transferencia de inmunidad pasiva aceptable se logra cuando la cantidad de IgG en el suero sanguíneo es mayor a 10 g/L. Para alcanzar dicha concentración de IgG se deben suministrar como mínimo 150 a 200 g de IgG poco después del nacimiento. Una TIP excelente se logra con 300 g de IgG (Godden, 2019). En el trabajo realizado por Chigerwe et al. (2008), se sugiere un mínimo de 153 g de IgG para terneros de 40,9 kg, suministrados a las 2 horas de vida, lo que equivale a 3,7 g de IgG/kg de peso vivo (PV). Asimismo, Godden (2008) presenta que se requiere un mínimo de 100 g de IgG para terneros de 43 kg en la primera toma de calostro, lo que representa 2,3 g de IgG/kg PV.

Es de suma importancia asegurar un rápido consumo de calostro de alta calidad para garantizar un buen estatus de salud y sobrevivencia de los terneros (Godden, 2019). Además de beneficiar al ternero en el primer lapso de vida, también se registran efectos benéficos de la adecuada TIP en la performance del animal a largo plazo. Ejemplos de esto son la reducción en la mortalidad en el período post desleche, mejoras en las tasas de ganancia y eficiencia de conversión del alimento, reducción en la edad al primer parto e incremento en la producción en la primera y segunda lactancia (Godden, 2019). Según DeNise et al. (1989), además del efecto en la producción en la primera y segunda lactancia, una baja concentración de IgG produce un incremento en el descarte de vacas durante la primera lactancia.

2.3.1 Factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva

Varios son los autores que coinciden en los factores que desempeñan un papel fundamental al momento de lograr una exitosa TIP. Para que el proceso de transferencia de inmunidad pasiva sea exitoso, el volumen y la calidad del calostro son factores

determinantes, mientras que para que ocurra una eficiente absorción el momento del suministro es crucial (McGurik y Collins 2004, Godden 2019).

2.2.1.1 Momento de suministro

El momento de suministro del calostro es decisivo para determinar la absorción de IgG por parte del ternero. A medida que transcurren las horas luego del parto, la pared del intestino delgado pierde permeabilidad gradualmente frente a macromoléculas (como las IgG) lo cual impide su absorción (Mendoza et al., 2017). Esta pérdida de permeabilidad se refleja en la caída de la eficiencia de absorción, la cual disminuye linealmente hasta transcurridas las 24 horas postparto, cuando se llega al mínimo. El tiempo óptimo de absorción se ubica entre las primeras 4 horas después del parto, hasta un máximo de 6 horas (Burton et al., 1989).

2.2.1.2 Calidad

Para evaluar la calidad del calostro se utiliza la concentración de IgG en el mismo, ya que la relación entre la Ig y la salud del ternero neonato es muy clara, y la IgG es más del 85% del total de Ig contenida en el calostro (Muller y Ellinger 1981, Godden 2019). Un calostro de alta calidad tiene una concentración de IgG mayor a 50 g/L (McGuirk y Collins, 2004). La concentración de IgG y por lo tanto la calidad del calostro, se ve afectada por factores externos al manejo como la raza del animal y edad de la vaca al parto (Muller y Ellinger 1981, Godden 2019, Turini et al. 2020). Otros factores que modifican de manera relevante la calidad del calostro, y que pueden ser modificados a través del manejo son: vacunaciones en el preparto, largo del período seco, tiempo transcurrido entre el parto y la recolección del calostro (Godden, 2019).

En cuanto a la raza, se han encontrado diferencias, que podrían estar atribuidas tanto a componentes genéticos como a efectos de dilución de IgG en producciones de leche elevadas. Animales con producciones más altas contienen menor concentración de IgG por el mayor volumen de leche producida. Además de esto, la edad de la vaca puede determinar la calidad del calostro (Godden, 2019). En algunos trabajos se registra una tendencia a que las vacas más viejas produzcan calostro de mejor calidad, explicado posiblemente debido a que animales más viejos han estado expuestos durante más tiempo a patógenos del establecimiento (Muller y Ellinger, 1981).

Por otra parte, fueron mencionados algunos manejos posibles para aumentar la concentración de IgG en el calostro. Las vacunaciones en el preparto han mostrado resultados favorables, principalmente cuando son realizadas en un período de 3 a 6 semanas antes del parto, aumentando los anticuerpos calostrales (Godden, 2019). Por otra parte, se ha constatado que animales con un período seco excesivamente corto (21 días) o ningún período seco, producen un calostro con concentraciones de IgG significativamente más bajas (Rastani et al., 2005). Por último, otro factor que puede afectar la calidad del

calostro es la recolección del mismo. La concentración de IgG en el calostro es alta inmediatamente después del parto y posteriormente comienza a disminuir si se retrasa el ordeño (Muller y Ellinger, 1981). Se recomienda recolectar el calostro entre las 1 a 2 horas postparto, y con un retraso máximo de 6 horas (Godden, 2019).

2.2.1.3 Cantidad

En cuanto a la cantidad, cuanto mayor sea el volumen de calostro que se le suministre al ternero, mayor va a ser la cantidad de IgG ingerida. En promedio, se ha establecido que se necesita una ingesta mínima de 150 a 200 g de IgG para que un ternero de 40,9 kg logre una adecuada inmunidad (Chigerwe et al., 2008). Este rango no es exacto ya que la cantidad de IgG que efectivamente se logre absorber depende también de la concentración en el calostro y del momento de suministro, como ya se mencionó anteriormente. Por estas razones, no sería conveniente establecer un programa de calostrado solamente con un volumen fijo de calostro a suministrar (Godden, 2019).

En un trabajo realizado por Conneely et al. (2014), se evaluaron terneros con tres diferentes niveles de suministro de calostro: 7% del PV, 8,5% del PV y 10% del PV, dentro de las dos horas posteriores al nacimiento. Se midió la concentración de IgG en el suero a las 24, 48, 72 y 642 horas de vida, y a partir de esto se determinó la eficiencia aparente de absorción (EAA) de IgG. Los animales suministrados con calostro al 8,5% de PV tuvieron una concentración sérica media mayor a los que fueron alimentados con 7 o 10% del PV, a las 24, 48 y 72 horas de vida. Las concentraciones séricas de IgG de los terneros alimentados con 8,5% y 10% del PV no difirieron a las 642 horas de edad. No existieron diferencias en la concentración de IgG en suero entre los terneros alimentados con el 7% de peso corporal y los alimentados con el 10% de peso corporal a cualquier edad. La EAA de los terneros alimentados con 8,5% de PV en calostro (38%) fue mayor que la de los animales alimentados con 7% de PV en calostro (26%) y ésta tendió a ser menor que en los terneros alimentados con 10% de peso corporal (29%, Conneely et al., 2014).

2.4 ANTECEDENTES DEL NIVEL DE INGESTA DE IgG AL NACIMIENTO Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO

Como se mencionó anteriormente, uno de los factores más importantes para asegurar una transferencia de inmunidad pasiva exitosa es la cantidad de IgG suministrada en las primeras horas de vida.

Según Osaka et al. (2014), los animales necesitan consumir 120 g de IgG si se suministra en la primera hora de vida o 125 g de IgG si se alimentan entre 1 y 6 horas, para alcanzar 10 mg/mL de IgG sérica a las 24 horas. Esa concentración de IgG en suero asegura una adecuada inmunidad.

En un estudio realizado por Furman-Fratczak et al. (2011), se buscó determinar el efecto de la concentración de IgG calostrual en el suero sanguíneo sobre la salud y crecimiento de terneras. Se evaluaron cuatro grupos con diferentes niveles de IgG calostrual en el suero y no se encontraron diferencias significativas en la tasa de crecimiento en los primeros seis meses de vida. Sin embargo, entre los meses 12 y 15 de vida, sí se encontraron diferencias significativas en la tasa de crecimiento. El grupo con mayor cantidad de IgG calostrual en el suero sanguíneo, tuvo una tasa de crecimiento significativamente mayor a los tres restantes. Adicionalmente, este grupo tuvo la menor edad media al momento de la inseminación.

Por otra parte, en un trabajo publicado por Da Silva et al. (2020), se realizaron cinco grupos de terneros según la cantidad de IgG suministrada. Los terneros recién nacidos fueron alimentados con calostro dentro de las 2 horas posteriores al nacimiento de la siguiente manera: 1) 2 L ($192,78 \pm 11,55$ g de IgG) de calostro materno; 2) 4 L de calostro materno ($387,69 \pm 12,10$ g de IgG); 3) 2 L ($196,16 \pm 11,48$ g de IgG) de calostro materno y un paquete (100 g de IgG en 1,4 L) de sustituto de calostro; 4) 2 paquetes de sustituto de calostro y 5) 2 paquetes de sustituto de calostro administrados dentro de las 2 h siguientes al nacimiento y un paquete de sustituto de calostro administrado entre 6 y 8 h después del nacimiento. En este caso, en el peso medio y ganancia de peso, para el período previo al destete, tampoco hubo diferencias significativas entre grupos.

En un estudio realizado por Cuttance et al. (2018), los terneros que presentaban fallas en la transferencia de inmunidad pasiva (siendo para este caso, una concentración de proteína sérica total menor a 52 g/L), presentaban menores ganancias de peso. Esto dio como resultado una reducción en el peso promedio de los terneros al destete, a los seis, nueve y doce meses de edad. Sin embargo, los efectos fueron muy bajos, siendo muy probable que no sean significativos económicamente.

2.5 SUSTITUTO DE CALOSTRO MATERNO

Existen en el mercado formulaciones de calostro en polvo que pueden ser utilizadas y convenientes como sustituto del calostro materno. La necesidad de bioseguridad frente a posibles patógenos que podrían encontrarse en el calostro, ha generado un interés en la utilización de estos sustitutos (Thornsberry y Wood, 2013).

En la revisión realizada por Thornsberry y Wood (2013), se señala que teniendo en cuenta el manejo que requiere el calostro para mantenerse libre de contaminación, el uso de sustitutos de calostro resulta muy prometedor. Reducen la transmisión de enfermedades frente al calostro crudo, y son más eficientes para alimentar a los terneros recién nacidos en el momento oportuno, por su facilidad de manejo. Se resalta la simplicidad para el manejo del mismo, en relación a la complejidad y el cuidado que conlleva recolectar y conservar el calostro materno (traslado, refrigeración, posterior descongelado, entre otras actividades). Se han convertido en una importante herramienta

de gestión para suministrar el calostro de forma más conveniente cuando no se cuenta con mano de obra capacitada para manejar el calostro, que incluye procedimientos o protocolos para una pasteurización adecuada, volumen administrado a cada ternero recién nacido, y evaluación de la calidad antes de la administración (Thornsberry y Wood, 2013). El uso de un sustituto de calostro de calidad asegura un calostro conocido y consistente.

Además de facilitar el manejo y disminuir la contaminación, deben asegurar el suministro de determinada cantidad de IgG. Según Godden (2019), la mayoría de los productos presentes en el mercado proporcionan entre 100 y 150 g de IgG por paquete. Estas dosis pueden ser suficientes para alcanzar una buena TIP si se suministran rápidamente después del nacimiento. Sin embargo, si el momento de suministro no es el óptimo (hasta 6 horas postparto), podría ser recomendable suministrar por lo menos 300 g de IgG al animal.

Por otra parte, el uso de sustitutos de calostro ha presentado resultados variables. Son efectivos si se prevé una única dosis elevada (mayor a la recomendada por el fabricante) y lo antes posible después del nacimiento, lo que hace necesario considerar la relación costo-beneficio de esta práctica (Cabral et al., 2013).

2.6 ANTECEDENTES DEL MANEJO DEL CALOSTRADO EN ESTABLECIMIENTOS LECHEROS DEL URUGUAY

Como se expresó anteriormente, lograr una TIP exitosa es de gran importancia en el proceso de cría, y esto se logra mediante el manejo adecuado del calostrado. En una encuesta realizada por Schild et al. (2020) a productores del Uruguay, los autores pudieron constatar que “el 95,2% de los entrevistados no tienen un programa de manejo del calostrado”. Esto repercute negativamente en la eficiencia del proceso considerando los sistemas productivos del Uruguay. Una práctica de manejo común en Uruguay, es dejar que los terneros tomen el calostro directamente de la ubre de la vaca, lo cual impide tener control de la cantidad, calidad y tiempo de ingesta del calostro, siendo estos factores claves en el éxito de la TIP (Schild et al., 2020).

Asimismo, como fue mencionado anteriormente, el momento de suministro del calostro es esencial para la absorción de IgG, y solo el 4,8% de los entrevistados por Schild et al. (2020) suministraba calostro sistemáticamente a los terneros luego del parto. En cuanto al monitoreo de la transferencia de inmunidad pasiva, el 31,6% de los entrevistados que suministraban sistemáticamente el calostro evaluó la proporción de terneros con TIP fallida, siendo un 10-30% del total (Schild et al., 2020). Esta evaluación de TIP fue realizada por los encuestados mediante refractómetros con el suero de los terneros post calostrado, con un nivel límite establecido de 8,5 grados Brix. Los valores de transferencia de inmunidad pasiva fallida fueron más elevados que los sugeridos por Godden (2019), siendo lo recomendado para un manejo adecuado del calostrado, tener menos de un 10% de FTIP. Los resultados generados en esta encuesta probablemente estén sesgados por una

subestimación de la FTIP, ya que solo una pequeña cantidad de productores suministraban sistemáticamente el calostro y evaluaban la TIP (Schild et al., 2020).

2.7 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL TERNERO LACTANTE

Otros dos conceptos que se relacionan fuertemente con el presente trabajo son el de crecimiento y desarrollo. Se le denomina crecimiento a una característica de desarrollo de los animales pluricelulares que se traduce en el aumento de tamaño físico del organismo (Álvarez, 2004). Como también se menciona en su trabajo, se puede representar al crecimiento en la fase postnatal a través de una curva sigmoidea: primero se produce un crecimiento lento, seguido de un alto índice de desarrollo dado por el efecto de las hormonas sexuales, y posteriormente el índice de crecimiento comienza a ser muy reducido hasta alcanzar el grado de madurez somática o detención del crecimiento.

El crecimiento es un proceso multifactorial y complejo que comprende fenómenos de aumento de tamaño (hipertrofia) y cantidad (hiperplasia) de los tejidos. Los primeros dos meses de vida del animal es cuando se dan las mayores ganancias de peso. Este incremento de peso vivo (PV) durante el período es de un 80% y luego disminuye progresivamente hasta llegar a un 10% a los 22 a 24 meses de vida (Kertz et al., 1998).

2.8 ALIMENTACIÓN Y CONSUMO DE TERNEROS LACTANTES

En Uruguay, el sistema de alimentación que predomina es el artificial, en el que se separa al ternero del pie de la madre e ingresa a un sistema artificial, que le provee todo lo necesario para su crecimiento y desarrollo. La dieta de los terneros está compuesta por alimentos líquidos, como leche y agua, y un alimento sólido como es la ración de iniciación (Lanuza, 2006).

El componente líquido de la dieta es la leche, que puede ser suministrada de diversas formas: leche comercial, sustituto lácteo, leche de descarte, entre otras. Los sustitutos lácteos son muy utilizados, aunque pueden representar costos mayores, presentan ventajas de almacenamiento, posibilidad de control de patógenos y composición más estable (Martínez Rey et al., 2019).

Si bien durante la fase de cría el ternero deberá cubrir sus requerimientos tanto con la leche o sustituto lácteo y el concentrado, en los primeros 14 días de vida estos se cubrirán únicamente con el consumo de leche. Esto se debe a que durante los primeros días la ingesta de concentrado es mínima; recién cuando el consumo sea superior a 450 g se podrá tomar en cuenta como parte de la dieta del animal (Davis et al., citados por Dearmas et al., 2016).

El componente sólido por otra parte, está dado por un concentrado o ración iniciadora que tiene múltiples objetivos: cumplir con los requerimientos nutricionales de

los terneros, que solo con la ingesta de leche no se cubrirán (Davis et al., citados por Dearmas et al., 2016), fomentar el pasaje de lactante a rumiante, promoviendo el desarrollo de las papilas ruminales y el establecimiento de la flora ruminal (Khan et al., 2016). Para fomentar el consumo de la ración iniciadora en terneras destinadas a reemplazos, se deben suministrar cantidades restringidas de leche o sustituto lácteo (aproximadamente entre el 8 al 10% del peso al nacer, NRC, 1989). Por otra parte, para el desarrollo correcto del rumen del animal, la composición química y la forma física de la ración iniciadora son características muy importantes (Warner, citado por NRC, 2001). Debe tener un contenido relativamente alto de carbohidratos fermentables y niveles adecuados en fibra digestible para lograr la fermentación necesaria para el crecimiento del tejido ruminal (Greenwood et al., 1997).

2.8.1 Factores que afectan el consumo en terneros lactantes

Existen diversos factores que pueden modificar el comportamiento de consumo de los animales. Los mismos se pueden clasificar en: propios del animal (especie, raza, peso, estado fisiológico, salud), ambientales (temperatura, humedad), sociales (jerarquía de animales, comportamiento, entre otros, Tarazona et al., 2012). Para el caso de los factores propios del animal, el efecto del peso podría deberse a que un animal que presenta mayor tamaño (dado por un mayor peso al nacer), posiblemente tenga una capacidad de consumo potencial mayor (Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar, 2014). Por otra parte, en cuanto al efecto del genotipo, en el caso de holando americano o neozelandés, no existe información al respecto para terneros lactantes. Asimismo, no existe información precisa acerca del efecto de los factores sociales y ambientales en terneros lactantes.

2.9 GANANCIA DIARIA EN TERNEROS LACTANTES

En lo que respecta a la ganancia diaria de peso, se ha demostrado que ésta es extremadamente importante en el período previo al destete para que la cría de los terneros resulte en un proceso eficiente (Hyde et al., 2021). Existen una gran cantidad de factores que afectan la ganancia diaria de peso en terneros pre destetados, como lo son la suplementación, el calostrado, el sistema de alimentación y la composición de la dieta (Brickell et al., 2009). Boulton et al. (2017) afirman que, aunque hay un costo económico asociado a las alteraciones en el manejo de los terneros antes del destete, la mejora de la eficiencia de cría, la reducción del intervalo entre partos y el aumento de los rendimientos en la primera lactación, se asocian a una mayor ganancia diaria de peso, lo cual produce un ahorro económico que compensa los mayores costos pre-destete.

Handcock et al. (2020) afirman que el peso corporal de las terneras se asocia positivamente con la reproducción y la estabilidad de la misma. Los autores constataron relaciones positivas entre el peso corporal y la cantidad de partos, además de una mayor probabilidad de sobrevivencia. Adicionalmente, Handcock et al. (2019) encontraron

relaciones positivas entre el peso corporal de las terneras y su producción de leche, tanto en la primera lactancia como en las tres siguientes. Estos autores afirman que las terneras más pesadas logran una mayor producción. lo cual reafirma los beneficios de mejorar las prácticas en la cría para obtener como resultado vaquillonas más pesadas durante la fase de recría.

2.10 CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS HOLANDO AMERICANO Y NEOZELANDÉS

2.10.1 Raza Holando norteamericana

La raza holandesa (Holstein Friesian) surgió producto de una cruce entre dos rodeos de vacas, uno de Alemania (tribu Betavis) y uno de Holanda (tribu Friesians, Leániz Ruete y Voss Miles, 2020). Dicha cruce se destacó por la alta producción de leche por animal, pero baja adaptación a diferentes ambientes. En Estados Unidos comenzó la selección de individuos pertenecientes a esta raza buscando una mejora en caracteres de interés como la producción de leche, obteniendo animales de mayor consumo de materia seca que posteriormente producirán mayor cantidad de kilogramos de leche (Leániz Ruete y Voss Miles, 2020).

La raza Holando llega a Uruguay en 1880 presentando características de doble propósito, por lo que se seleccionó para la producción de leche (Balserini y Hodel, 2005). Adicionalmente, se utilizó genética Holando canadiense-americana por su mejor performance lechera. Su peso medio adulto es 625 kg aproximadamente y presentan una producción media en el entorno de los 5100 litros, en lactancia cerrada a 305 días, en sistemas pastoriles (Leániz Ruete y Voss Miles, 2020).

2.10.2 Raza Holando neozelandés

Los orígenes del holando neozelandés (HNZ), son iguales a los del holando norteamericana (HNA), con la diferencia de que la selección fue partiendo de hembras de menor tamaño. Se trata de animales de 430 a 440 kg promedio, que destinan aproximadamente el 50% del consumo para mantenimiento y el resto lo destinan a producción, por lo tanto, el porcentaje del forraje que tiene destino directo a la producción es muy elevado (Dutour et al., 1998).

Existen muchos trabajos que muestran diferencias en performance productiva y reproductiva de HNA y HNZ (Laborde, 2012). Las vacas HNA presentan mayor peso promedio, producen más volumen de leche, tienen menor concentración de grasa y proteína, y además menor fertilidad en comparación con las HNZ (Dutour et al., 1998).

2.11 HIPÓTESIS

Se plantea como hipótesis del presente trabajo que terneros alimentados con mayores niveles de IgG presentarán una mayor TIP, un mayor consumo y un mayor crecimiento durante la etapa de crianza. Adicionalmente, habrá diferencias entre orígenes genéticos en cuanto al grado de TIP, el consumo y el crecimiento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) La Estanzuela, Unidad de Lechería (Ruta 50, km 13), comenzando el 19 de marzo y finalizando el 10 agosto del año 2021.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 80 terneros holando, 40 de genotipo HNA y 40 genotipo HNZ nacidos en el período comprendido entre el 20 de marzo y el 15 de junio del año 2021. Los mismos se asignaron según un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial (genotipo y dosis de IgG) a 4 tratamientos (20 repeticiones por tratamiento):

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

Los terneros fueron manejados todos individualmente, siendo cada uno considerado una unidad experimental.

3.3 MANEJO

Los terneros fueron retirados del pie de la madre inmediatamente después del nacimiento, antes de que mamaran por primera vez. El parto se estableció en las cercanías de la guachera y las instalaciones del tambo, para poder realizar un adecuado monitoreo, con el objetivo de asegurar que los animales no ingirieran el calostro materno. Se estableció que no formarían parte del experimento animales que hubieran ingerido calostro materno, que hubieran nacido en partos distócicos o animales mellizos.

Los terneros se colocaron en corrales individuales de 1 metro de ancho por 1,5 metros de largo (Figura 3 en Anexos), dentro de un tinglado con cortinas de nylon térmico (Figura 1 y 2 en Anexos), estableciendo una distribución aleatoria dentro del mismo para evitar favorecer o perjudicar animales por su ubicación en los bordes (temperatura, viento, entre otros factores).

Al llegar al tinglado se realizó la desinfección del ombligo del animal con una solución de yodo al 10%, se determinó su peso con balanza digital y se extrajo sangre a través de la vena yugular usando un tubo sin conservante. Posteriormente se aplicó el tratamiento: la dosis de IgG correspondiente, suministrada con mamadera, a través de sustituto de calostro materno “Calostro Bovino Completo” (The Saskatoon Colostrum Company Ltd., Canadá) cuya composición química se detalla en la Cuadro 2. El suministro de calostro se realizó dentro de las dos horas post nacimiento, y 24 hs después de aplicado el tratamiento se extrajo sangre nuevamente a cada ternero para evaluar la TIP. Las muestras de sangre pre y post calostrado fueron centrifugadas a 3000 rpm durante 15 minutos para obtener el suero (Figura 4 en Anexos). Utilizando un refractómetro digital se realizó la medición del contenido de azúcares (Brix) en la muestra (Figura 5 en Anexos). Este instrumento mide el ángulo de refracción entre el aire y la solución (en este caso el suero de cada ternero), permitiendo una detección rápida y económica del contenido de sólidos totales de dicha solución (George, 2001). En el trabajo realizado por Deelen et al. (2014), lograron cuantificar en suero de terneros neonatos, una correlación alta y positiva entre la proteína sérica total y el contenido de IgG, y entre el °Brix y la concentración de IgG, lo que permite concluir que la estimación de sólidos totales a partir del refractómetro resulta adecuada. Adicionalmente se congelaron muestras de este suero hasta finalizado el ensayo para realizar la determinación de la concentración de IgG.

Cuadro 2. Composición del sustituto “Calostro Bovino Completo” (datos suministrados por el fabricante)

Componente	Cantidad
IgG bovina	100g
Proteína cruda (mín.)	40%
Grasa cruda (mín.)	18%
Fibra cruda (máx.)	1.0%

Luego de la aplicación de los tratamientos, todos los terneros recibieron el mismo manejo hasta el momento del desleche. La alimentación de los terneros consistió en sustituto lácteo, concentrado y agua. El sustituto lácteo comenzó a suministrarse luego de la extracción de sangre post calostrado, y se asignó la cantidad de acuerdo al peso vivo al nacer: 10% PV en la primera semana, 15% PV de la semana 2 a la 7, y 7,5% PV en la última semana. Se administró dividido en dos tomas diarias, a las 8 am y a las 5 pm, en un balde con tetina, a una temperatura de 38° C. Por otra parte, el concentrado y el agua fueron ofrecidos “*ad libitum*”.

Para obtener la composición exacta del concentrado y del sustituto lácteo ofrecido a los animales se procedió a retirar una muestra semanal de cada uno, para obtener una muestra compuesta mensual. Posteriormente se realizó el análisis de laboratorio cuyos resultados se presentan a continuación (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Composición química del concentrado Nutritenera Erro

Componente	Porcentaje
MS (%)	87,8
PC (%bs)	18,6
FDA (%bs)	8,4
FDN (%bs)	23,2
CEN (%bs)	8,2
LDA (%bs)	2,2
EE (%bs)	3,3
ADICP (%bs)	0,3
NDICP (%bs)	1,0

bs =base seca; MS= Materia seca; PC= Proteína cruda; FDA= Fibra detergente ácida; FDN= Fibra detergente neutra; CEN= Cenizas totales; LDA= Lignina detergente ácida; EE= Extracto Etéreo; ADICP=% de PC de la muestra que es insoluble en detergente ácido (ligada a fibra ácida), se expresa como % en base seca de la muestra; NDICP= % de PC de la muestra que es insoluble en detergente neutro (ligada a fibra neutra), se expresa como % en base seca de la muestra

Cuadro 4. Composición química del sustituto lácteo Nutra milk

Componente	Porcentaje
MS (%)	94,7
CEN (%bs)	7,4
Materia grasa (%bs)	20,3
Proteína (%bs)	28,0

bs =base seca; MS= Materia seca; CEN= Cenizas totales

3.4 DETERMINACIONES

3.4.1 Determinaciones en los alimentos

El concentrado fue analizado 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) según los métodos publicados por la AOAC (1990). En cuanto a fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN; usando α -amilasa y sulfito de sodio) y lignina detergente ácido (LDA) se utilizó el método publicado por Van Soest et al. (1991). La PC insoluble en detergente ácido (ADICP) y PC insoluble en detergente neutro (NDICP) se analizaron de acuerdo a lo publicado por Licitra et al. (1996). El sustituto lácteo se analizó en el Laboratorio Colaveco por métodos de referencia para leche en polvo. Para determinar el contenido de PC se utilizó el método DUMAS, mientras que en el caso de los lípidos se utilizó el método Rose Gottlieb (ISO 1211:1999).

Adicionalmente, se analizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de INIA LE para determinar los contenidos de materia seca y cenizas (AOAC, 1990). El sustituto de calostro se analizó por inmunodifusión radial (RID) con un kit comercial (Triple J. Farms, Bellingham, WA, USA), con una dilución 4:1 con agua destilada para determinar la concentración de IgG en g/L. Los resultados son los presentados en los Cuadros 2, 3 y 4.

3.4.2 Ganancias de peso diarias

Como se indicó anteriormente, a todos los animales se les realizó un pesaje al nacimiento con una balanza digital para determinar la cantidad de IgG a suministrar según el tratamiento que le haya tocado al ternero. Posteriormente, se realizaron pesadas al día 28 y 56 para poder estimar ganancias de peso diarias: desde el nacimiento al día 28, desde el día 28 al 56 (desleche), y desde el nacimiento al desleche.

3.4.3 Consumo promedio semanal y eficiencia de conversión

Adicionalmente, se pesó la oferta y rechazo tanto del concentrado como del sustituto lácteo. Estas determinaciones se realizaron por 5 días consecutivos a las 10 am cada semana, durante todo el período experimental, para estimar un consumo promedio semanal para cada animal. Se determinó la eficiencia de conversión del alimento como el cociente entre el consumo promedio total de materia seca y la ganancia de kg registrada para todo el experimento.

3.4.4 Eficiencia aparente de absorción de IgG

Para determinar la cantidad de IgG (g/L) en el suero sanguíneo de todos los terneros pre y post calostrado, se empleó la prueba RID (Figura 6 en Anexos) usando un kit comercial (Triple J. Farms, Bellingham, WA, USA). Posteriormente, para calcular la EAA de IgG se utilizó la ecuación de Quigley et al. (1998a):

$$\text{EAA (\%)} = \text{IgG en suero sanguíneo (g)} / \text{consumo de IgG (g)} \times 100.$$

Donde: IgG en suero sanguíneo (g) = concentración de IgG en suero sanguíneo (g/L) $\times$ volumen del suero (L). Se asumió que el volumen del suero sanguíneo es igual al volumen de plasma sanguíneo, siendo este 8,9% del peso vivo (Quigley et al., 1998a).

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, Cary, USA; versión 9.4), utilizando un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de tratamientos incluyendo dos factores con sus dos niveles (genotipo y dosis de IgG), la interacción entre ambos, el efecto aleatorio de la ubicación del ternero dentro del tinglado y el efecto aleatorio del sexo del animal. Además de esto, se incluyó como covariable el efecto de la fecha del nacimiento. Las variables de respuesta analizadas

fueron las siguientes: consumo de materia seca total (de concentrado y de sustituto lácteo, evaluados por día), ganancia de peso diaria, altura final, eficiencia de conversión del alimento, eficiencia aparente de absorción de IgG, Brix post calostrado e IgG post calostrado. Para el caso de consumo de materia seca, concentrado y sustituto lácteo, se agregó el efecto fijo de la semana por tratarse de medidas repetidas en el tiempo, usando una estructura de covarianza de tipo AR(1). En el caso de las variables IgG y Brix post calostrado se agregaron como covariables los efectos de IgG y Brix pre calostrado, respectivamente.

A continuación, se presentan los modelos estadísticos utilizados. El modelo 1 corresponde al análisis del consumo diario de concentrado, sustituto lácteo y materia seca total. El modelo 2 se utilizó para IgG post, Brix post y EAA, mientras que el modelo 3 corresponde a ganancia de peso, altura final y eficiencia de conversión del alimento. En ambos casos se usó el PROC MIXED.

Modelo 1: $Y_{ij} = \mu + \text{dosis } i + \text{gen } j + (\text{dosis*gen})_{ij} + \text{FN} + \text{sem} + \text{sem*gen} + \text{sem*dosis} + \text{sem*gen*dosis} + \text{SX} + \varepsilon_{ij}$

Y_{ij} : consumo medio del i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

μ : media general.

dosis i = efecto relativo del i-ésimo nivel de dosis.

gen j = efecto relativo del j-ésimo nivel de genotipo.

(dosis*gen) ij = efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de Genotipo.

FN = fecha de nacimiento como covariable.

sem = efecto fijo de la semana.

sem*gen = efecto relativo de la interacción entre la semana y el j-ésimo nivel de genotipo.

sem*dosis = efecto relativo de la interacción entre la semana y el i-ésimo nivel de dosis.

sem*gen*dosis = efecto relativo de la interacción entre la semana, el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

SX = efecto fijo del sexo del animal.

ε_{ij} = residuales del el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

Modelo 2: $Y_{ij} = \mu + \text{dosis } i + \text{gen } j + (\text{dosis*gen})_{ij} + \text{FN} + \text{P} + \text{SX} + \varepsilon_{ij}$

Y_{ij} : media del i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

μ : media general.

dosis i = efecto relativo del i-ésimo nivel de dosis.

gen j = efecto relativo del j-ésimo nivel de genotipo.

(dosis*gen) ij = efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

FN = fecha de nacimiento como covariable.

P = efecto de Brix pre o IgG pre como covariable.

SX = efecto fijo del sexo del animal.

ε_{ij} = residuales del el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

Modelo 3: $Y_{ij} = \mu + \text{dosis } i + \text{gen } j + (\text{dosis*gen})_{ij} + \text{FN} + \text{SX} + \varepsilon_{ij}$

Y_{ij} : media del i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

μ : media general.

dosis i = efecto relativo del i-ésimo nivel de dosis.

gen j = efecto relativo del j-ésimo nivel de genotipo.

(dosis*gen) ij = efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

FN = fecha de nacimiento como covariable.

SX = efecto fijo del sexo del animal.

ε_{ij} = residuales del el i-ésimo nivel de dosis y el j-ésimo nivel de genotipo.

Las medias fueron comparadas con el test de Tukey, considerando un valor de significancia con $P < 0,05$. Se determinó la correlación entre la concentración sérica de IgG medida por el método RID, y la lectura de ° Brix en la misma muestra de suero, usando el PROC CORR de SAS.

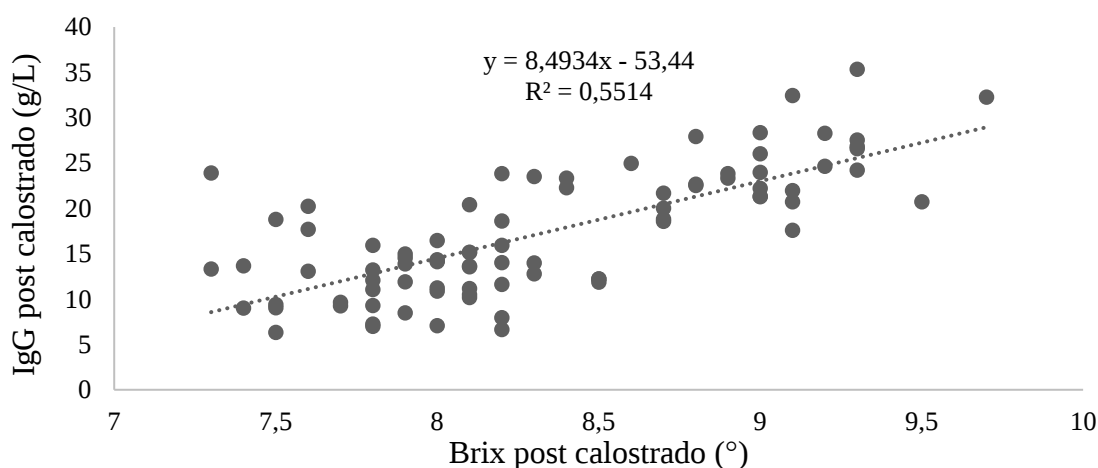
4. RESULTADOS

4.1 EFICIENCIA APARENTE DE ABSORCIÓN DE IgG, BRIX POST CALOSTRADO E IgG POST CALOSTRADO

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de las variables EAA, Brix post calostrado e IgG post calostrado. En cuanto a la interacción de los efectos del genotipo y la dosis, no se registran efectos significativos sobre las variables mencionadas, por lo que solo se describirán los efectos principales separadamente. El genotipo tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la concentración de IgG y Brix obtenido post calostrado, así como también sobre la EAA de la IgG, obteniéndose resultados superiores en el genotipo HNZ. En lo que respecta a la dosis de IgG utilizadas, se registraron diferencias significativas en la concentración de IgG post calostrado y en el registro de Brix post calostrado, siendo superiores cuando se suministró la dosis de 6 g de IgG/kg PV. Sin embargo, la EEA no fue afectada por la dosis de IgG utilizada.

Adicionalmente, la correlación entre °Brix y la concentración de IgG en suero luego del calostrado fue de 0,743, siendo significativa ($P < 0,0001$; Figura 1).

Figura 1. Correlación entre ° Brix e IgG medidos en el suero sanguíneo extraído post calostrado



Cuadro 5. Efecto de la dosis de IgG y el genotipo sobre los registros de IgG y Brix post calostrado y la eficiencia aparente de absorción de IgG

	HNZ		HNA		EEM		P>F	
	3		6		6		Genotipo x dosis	
							Dosis	Covariable
Ingesta de IgG, g	114,2	225,7	125,8	244,8	7,85	0,0117	<0,0001	0,5222
Brix Post, °	8,14	8,85	7,78	8,51	0,099	0,0017	<0,0001	0,895 *(Brix pre)
IgG Post, g/L	14,66	24,14	11,14	20,82	1,690	0,0006	<0,0001	0,9193 *(IgG pre)
EAA, %	42,9	36,5	32,4	31,3	3,46	<0,0001	0,0559	0,1737 *(IgG pre)

EEM: Error estándar de la media.

P<0,05

(*): covariable significativa con P<0,05

HNZ= genotipo Holando neozelandés; HNA= genotipo Holando norteamericano; 3: 3 g de IgG/kg PV; 6: 6 g de IgG/kg PV

4.2 GANANCIA DE PESO, ALTURA FINAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO

En cuanto a las variables de respuesta que se presentan en el Cuadro 6, al igual que en las variables presentadas anteriormente, no se registró efecto de la interacción, por lo que se evaluarán sus efectos por separado. Se puede observar que no existen diferencias significativas debidas al genotipo o a la dosis de IgG sobre el peso final, la ganancia de peso diaria y la eficiencia de conversión del alimento. En cuanto a la altura final de los animales, se registraron diferencias significativas debidas al genotipo, dando como resultado que los animales más altos corresponden al genotipo HNA.

Cuadro 6. Efecto de la dosis de IgG y el genotipo sobre el peso final, altura final, ganancia de peso y eficiencia de conversión del alimento

	HNZ			HNA		EEM		P>F		Covariable
	3	6	3	6	3	6	Genotipo	Dosis	Genotipo x dosis	
Peso inicial, kg	38,2	37,5	42,0	40,8	1,17	0,0034	0,4174	0,8266		
Peso final, kg	74,3	73,4	76,5	75,9	2,15	0,2875	0,7215	0,949		*(fecha de nacimiento)
Altura final, cm	82,1	81,8	88,4	87,8	0,82	<0,0001	0,6264	0,8662		*(fecha de nacimiento)
Ganancia de peso, kg/d	0,644	0,631	0,617	0,630	0,0302	0,6464	0,9970	0,6682		*(fecha de nacimiento)
Eficiencia, kg MS/kg PV	1,76	1,87	1,88	1,86	0,0648	0,3842	0,4684	0,2854		

EEM: Error estándar de la media.
P > 0,05

(*): covariable significativa con P <0,05

HNZ= genotipo Holando neozelandés; HNA= genotipo Holando norteamericano; 3: 3 g de IgG/kg PV; 6: 6 g de IgG/kg PV

4.3 CONSUMO DE CONCENTRADO, SUSTITUTO LÁCTEO Y TOTAL DE MATERIA SECA

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de las variables relacionadas al consumo de los animales. En este caso tampoco se registra efecto de la interacción. No se registran efectos significativos ni del genotipo ni de la dosis de IgG sobre consumo diario de MS de concentrado, consumo diario de MS de sustituto, y consumo diario total de MS.

En este caso, por tratarse de medidas repetidas en el tiempo, se observó un efecto fijo de la semana de medición, pero no se registró interacción de éste con el genotipo o la dosis.

Cuadro 7. Efecto de la dosis de IgG y el genotipo sobre el consumo de concentrado, de sustituto lácteo y el consumo total de materia seca por día

	HNZ			HNA		EEM	P>F	Genotipo x dosis	Dosis	Genotipo x dosis	Covariable
	3	6	6	3	6						
Concentrado, g MS/d	527	529	487	382	487	50,1	0,2917	0,2892	0,2917	0,2892	<0,0001
Sustituto, g MS/d	640	647	657	662	657	12,0	0,9439	0,6160	0,9439	0,6160	<0,0001
Total, g MS/d	1174	1180	1146	1048	1146	51,8	0,1124	0,3645	0,3265	0,3645	<0,0001

EEM: Error estándar de la media.

P < 0,05

(*): covariable significativa con P<0,05

HNZ= genotipo Holando neozelandés; HNA = genotipo Holando norteamericano; 3: 3 g de IgG/kg PV; 6: 6 g de IgG/kg PV

5. DISCUSIÓN

5.1 EFICIENCIA APARENTE DE ABSORCIÓN DE IgG, BRIX POST CALOSTRADO E IgG POST CALOSTRADO

Para comenzar con el análisis de los resultados obtenidos, resulta relevante evaluar el nivel de calostrado general de los animales en los distintos tratamientos. Según Godden (2019), se logra una TIP aceptable cuando la cantidad de IgG en el suero sanguíneo es mayor a 10 g/L medido a las 24 horas de vida. Esta información coincide con la planteada por Osaka et al. (2014), quienes refieren que con 10 g/L de IgG en el suero sanguíneo se asegura una inmunidad adecuada. Considerando el criterio establecido por los autores, se puede concluir que, en el presente ensayo, los cuatro tratamientos alcanzaron un adecuado nivel de calostrado. Por otra parte, según Chigerwe et al. (2008), un ternero de 40,9 kg debe ingerir 153 g de IgG en las primeras dos horas de vida, lo que equivale a 3,7 g de IgG/kg PV. Teniendo en cuenta este último criterio, los terneros que recibieron la dosis de 3 g de IgG/kg PV tendrían una FTIP, al encontrarse apenas por debajo de la dosis recomendada, a pesar de lo cual, como fuera dicho, en promedio se encontraron por encima del límite crítico establecido, presentando una adecuada TIP.

Por otra parte, a partir de los resultados presentados se puede concluir que cuando se utiliza una dosis de 6 g de IgG/kg PV, se logran valores mayores de IgG y Brix en el post calostrado. Esto podría llevar a pensar que para obtener valores elevados de IgG y Brix post calostrado, sería eficiente utilizar dosis elevadas de IgG en calostro. Sin embargo, en el trabajo realizado por Conneely et al. (2014), se evaluó el efecto de tres dosis de calostro 7, 8,5 y 10% del PV, siendo esto equivalente a 288, 355 y 421 g de IgG respectivamente. Las mismas fueron suministradas dentro de las dos horas posteriores al nacimiento y se midió la concentración de IgG en el suero a las 24 horas. Como resultado, los animales que recibieron 8,5% del PV tuvieron una concentración sérica media a las 24 horas de vida mayor (39,1 g/L) a los alimentados con 7 o 10% del PV (30,3 y 31,2 g/L respectivamente). Si bien las tres dosis evaluadas y los valores de IgG post calostrado fueron superiores a las utilizadas en el presente ensayo, los resultados obtenidos permiten inferir que no solo sería necesario utilizar altas dosis de IgG, sino también lograr una EAA adecuada.

Con respecto a la EAA, no se registraron efectos significativos dados por la dosis. Sin embargo, en el trabajo realizado por Conneely et al. (2014), la EAA arrojó diferencias significativas en los tres tratamientos utilizados: los terneros alimentados al 8,5% del PV de calostro obtuvieron la EAA mayor (38%), seguidos por los animales alimentados al 10% del PV (26%), y resultando más baja la EAA de los terneros alimentados al 7% del PV. Cabe destacar que, como se expresó anteriormente, en el trabajo de Conneely et al. (2014), todas las dosis utilizadas fueron superiores a las establecidas en el presente ensayo. En un trabajo realizado por Besser et al. (1985) se reporta una correlación negativa entre

la eficiencia de absorción y la masa de IgG alimentada, explicada por una limitación fisiológica resultante de la saturación de los mecanismos de transporte macromolecular. Esta podría ser la razón por la cual en el trabajo de Conneely et al. (2014) se observa una caída en la EAA cuando la dosis de calostro es muy elevada, mientras que, en el presente ensayo, el tratamiento de 6 g de IgG/kg PV resultó en una EAA más elevada, aunque no registrando diferencias significativas.

Adicionalmente, en el trabajo de Bassler et al. (1985) se reportan porcentajes de EAA en el rango de 21 a 50%. Este rango coincide con el relevado en el presente ensayo, siendo 31 a 43% de EAA.

Teniendo en cuenta el efecto del genotipo sobre las variables estudiadas, se encuentra muy poca información al respecto. Quigley y Drewry (1998b) señalan que existen trabajos que registran diferencias en la absorción de IgG por raza. Estas diferencias podrían estar dadas por el peso al nacer, sexo, volumen sanguíneo, estado metabólico del ternero y método de suministro del calostro, por lo que el efecto de la raza no está totalmente claro. Por otra parte, McGee y Earley (2018) hacen referencia al efecto del genotipo de la madre sobre la TIP del ternero, dado por la cantidad de IgG producida en el calostro. Terneros cuyas madres producen calostros de mayor calidad, alcanzarían niveles mayores de IgG y Brix en el post calostrado, sin embargo, este efecto no se registra en la EAA. En el presente trabajo todos los animales reciben calostro de igual calidad según tratamiento, por lo que el efecto mencionado anteriormente está siendo controlado.

Considerando que la absorción de IgG en el intestino del ternero está dada por los sitios de transporte de macromoléculas no selectivos y transitorios (Besser y Gay, 1994), uno de los factores que podría influir sobre la EEA es la cantidad de estos sitios presentes en el intestino del animal, lo que podría variar con el genotipo. Considerando esta hipótesis y los resultados obtenidos en este trabajo, se podría inferir que los terneros HNZ presentan diferencias a nivel intestinal que les permiten absorber mayor cantidad de macromoléculas (como la IgG), logrando mayores niveles de EAA, IgG y Brix post calostrado en relación al genotipo HNA.

5.2 GANANCIA DE PESO, ALTURA FINAL Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO

Como se presentó anteriormente, con respecto a la ganancia de peso y el peso final de los animales no se registraron diferencias significativas entre tratamientos. Esta información coincide con algunos antecedentes relevados. En el trabajo realizado por Furman-Fratczak et al. (2011), los autores no registraron diferencias significativas en cuanto a ganancia de peso en los primeros seis meses de vida en animales con diferentes niveles de IgG calostrado. Cabe destacar que no se trata del mismo período de estudio, ya que los autores tomaron como referencia los primeros seis meses de vida mientras que el

presente trabajo tuvo una duración de 56 días post nacimiento. Por otra parte, en el trabajo realizado por Da Silva et al. (2020), se conformaron cinco grupos de terneros según la cantidad de IgG suministrada en las 2 horas posteriores al nacimiento y se evaluó la ganancia de peso en el período previo al destete, no logrando identificar diferencias significativas entre los grupos. Esto coincide también con la información presentada por Furman-Fratczak et al. (2011) y la relevada en el presente informe.

Por otra parte, sí se tiene en cuenta el efecto del genotipo, resulta llamativo observar que tanto los terneros HNA como los HNZ obtienen ganancias de peso y pesos finales similares. Si bien los animales HNZ presentaron pesos al nacer inferiores a los HNA, esas diferencias disminuyen a lo largo del período, dando como resultado un peso final que no difiere significativamente entre genotipos. En el trabajo realizado por De Trinidad (2014), se evaluó el efecto de dos tratamientos alimenticios en el período lactante sobre el peso vivo, utilizando terneras HNA. El peso de los animales al día 56 estuvo en el entorno de los 70 kg alcanzando ganancias de peso promedio para el período de 0,558 kg/d, mientras que en el presente trabajo el peso promedio para terneras HNA fue 76,2 kg PV con ganancias de 0,623 kg/d. Se puede observar que los valores se encuentran dentro de lo esperado para terneros HNA manejados en Uruguay, aunque estos trabajos no son directamente comparables debido a que en el ensayo realizado por De Trinidad (2014) los terneros fueron manejados al aire libre. No existen antecedentes de trabajos que evalúen el efecto del nivel de calostro de los animales sobre el peso vivo o las ganancias de peso.

Considerando la altura de los animales al finalizar el período, se registraron efectos significativos dados por el genotipo, siendo los animales HNA de mayor altura. Esto puede explicarse debido a que, como se menciona en la bibliografía revisada por Leániz Ruete y Voss Miles (2020), los animales HNZ fueron seleccionados en sus orígenes a partir de hembras de menor tamaño, dando como resultado un potencial de crecimiento menor.

Por otra parte, no se registraron diferencias significativas de los tratamientos sobre la eficiencia de conversión del alimento. Comparando nuevamente con el trabajo realizado por De Trinidad (2014), resulta interesante señalar que éste registra eficiencias promedio de 1,77 kg MS/kg PV, mientras que en el presente ensayo las terneras HNA tuvieron una eficiencia promedio 1,87 kg MS/kg PV. Como fue mencionado anteriormente, los trabajos no son directamente comparables, pero resulta relevante observar que las terneras HNA lograron eficiencias de conversión similares dadas por su genotipo. No se encuentran reportes en la literatura revisada que incluyan el efecto del genotipo HNZ para realizar su respectiva comparación, ni tampoco del nivel de calostro.

5.3 CONSUMO DE CONCENTRADO, SUSTITUTO LÁCTEO Y TOTAL DE MATERIA SECA

Para las variables mencionadas, no se encuentran antecedentes que registren el efecto del nivel de calostrado o del genotipo sobre las mismas. En el trabajo realizado por De Trinidad (2014) se registra un consumo promedio de concentrado iniciador de 0,275 kg MS/d, mientras que en el presente informe se releva un consumo promedio de 0,434 kg MS/d. Cabe destacar que en el trabajo citado anteriormente los animales tenían un consumo de leche mucho mayor al suministrado en el presente ensayo, lo que podría reflejarse en el menor consumo de concentrado por día. Por otra parte, Pared et al. (2020) evaluaron las diferencias encontradas en el consumo en los primeros 60 días de vida, suministrando alimentos sólidos de diferente calidad y presentación, además de 6 L diarios de leche. Al igual que en el presente trabajo, no registraron diferencias significativas en el consumo de MS.

6. CONCLUSIONES

Independientemente del nivel de ingesta de IgG, los terneros HNZ tuvieron una mayor EAA y lograron una mayor transferencia de inmunidad pasiva que los terneros HNA. Los terneros a los que se les suministró 6 g de IgG/kg PV al nacer alcanzaron mayores concentraciones séricas de IgG post calostrado respecto a los que recibieron 3 g IgG/kg de PV al nacer, aunque en ambos niveles se alcanzan niveles adecuados de transferencia de inmunidad pasiva. Sin embargo, esta mayor transferencia de inmunidad pasiva lograda en el mayor nivel de suministro no se reflejó en cambios en el desempeño posterior de los animales (ganancia de peso, peso final y consumo total) dentro del período estudiado.

7. RESUMEN

Los terneros al nacer presentan un sistema inmunológico en desarrollo, por lo que resulta de vital importancia que adquieran una cantidad adecuada de calostro de buena calidad y resulta fundamental para combatir infecciones tempranas que pueden ocasionar diversas enfermedades. En particular, es la cantidad de Inmunoglobulina G (IgG) absorbida la que determina el grado de inmunidad alcanzado por el ternero neonato, pero no está claro si hay diferencias en la respuesta de terneros Holando de distinto genotipo ante niveles de ingesta de IgG. El objetivo de este trabajo es cuantificar las diferencias que puedan existir entre los genotipos Holando americano (HNA) y neozelandés (HNZ), al utilizar dos dosis contrastantes de IgG en el calostro (3 g de IgG/kg PV y 6g de IgG/kg PV) en términos de grado de inmunidad pasiva lograda, y del desempeño animal durante la crianza. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos incluyendo dos factores (genotipo y dosis de IgG), donde los animales (n=80) fueron asignados a uno de los cuatro tratamientos resultantes: terneros HNA a los que se suministra 3 g de IgG/kg PV al nacer (HNA3), terneros HNZ a los que se suministra 3 g de IgG/kg PV al nacer (HNZ3), terneros HNA a los que se suministra 6 g de IgG/kg PV al nacer (HNA6), terneros HNZ a los que se suministra 6 g de IgG/kg PV al nacer (HNZ6). Las variables registradas fueron: consumo (de concentrado, sustituto lácteo y total de materia seca), ganancia de peso diaria, altura y peso final, eficiencia de conversión del alimento, Brix post calostrado, IgG post calostrado y eficiencia aparente de absorción de IgG (EAA). Se observó que, independientemente del nivel de ingesta de IgG, los terneros HNZ tuvieron una mayor EAA y lograron una mayor transferencia de inmunidad pasiva que los terneros HNA. Los terneros a los que se les suministró 3 g de IgG/kg PV al nacer alcanzaron mayores concentraciones séricas de IgG post calostrado respecto a los que recibieron 6 g IgG/kg de PV al nacer, aunque en ambos niveles se alcanzaron niveles adecuados de transferencia de inmunidad pasiva. Sin embargo, esta mayor transferencia de inmunidad pasiva lograda en el mayor nivel de suministro no se reflejó en cambios en el desempeño posterior de los animales, ya que no se registraron diferencias en consumo, ganancias de peso o peso final.

Palabras clave: Calostro; Dosis de IgG; Genotipos; Consumo; Eficiencia aparente de absorción; Ganancia de peso; Altura final; Eficiencia de conversión.

8. SUMMARY

Calves at birth have a developing immune system, so it is vitally important that they acquire an adequate amount of good quality colostrum and it is essential to fight early infections that can cause various diseases in the calf. In particular, it is the amount of Immunoglobulin G (IgG) absorbed that determines the degree of immunity achieved by the neonatal calf, but it is not clear whether there are differences in the response of Holstein calves of different genotypes to levels of IgG intake. The objective of this work is to quantify the differences that may exist between North American Holstein (HNA) and New Zealand Holstein (HNZ) genotypes using two contrasting doses of IgG in colostrum (3g IgG/kg BW and 6g IgG/kg BW) in terms of the degree of passive immunity achieved, and animal performance during rearing. A completely randomised design with a factorial arrangement of treatments including two factors (genotype and IgG dose) was used, where animals (n=80) were assigned to one of the four resulting treatments: HNA calves fed 3g IgG/kg BW at birth (HNA3), HNZ calves fed 3g IgG/kg BW at birth (HNZ3), HNA calves fed 6g IgG/kg BW at birth (HNA6), HNZ calves fed 6g IgG/kg BW at birth (HNZ6). The variables recorded were: intake (of concentrate, milk replacer and total dry matter), daily weight gain, final height and weight, feed conversion efficiency, post-calving Brix, post-calving IgG and mean apparent efficiency of IgG absorption (AEA). It was observed that regardless of the level of IgG intake, HNZ calves had higher AEA and achieved higher passive immunity transfer than HNA calves. Calves fed 3 g IgG/kg BW at birth achieved higher serum IgG concentrations post-calving compared to calves fed 6 g IgG/kg BW at birth, although adequate levels of passive immunity transfer were achieved at both levels. However, this higher transfer of passive immunity achieved at the higher level of supply was not reflected in changes in subsequent performance of the animals, as no differences in feed intake, weight gain or final weight were recorded.

Keywords: Colostrum; IgG dose; Genotypes; Intake; Apparent absorption efficiency of IgG absorption; Weight gain; Final height; Feed conversion efficiency.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, A. 2004. Fisiología del crecimiento. (en línea). Montevideo, s.e. s.p. Consultado 17 nov. 2021. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20crecimiento.pdf>
2. AOAC (Association of Official Analytical Chemist, US). 1990. Official methods of analysis of the AOAC. 15th. ed. Arlington, Virginia, USA. pp. 69-88.
3. Arroyo-Arroyo, J. J.; Elizondo-Salazar, J. A. 2014. Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. (en línea). Agronomía Mesoamericana. 25(2):279-285. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000200006#Correspondencia1
4. Balserini, A.; Hodel, C. 2005. Evaluación de producción, composición y calidad sanitaria de la leche en dos grupos genéticos en un sistema de producción base pastoril. Tesis Dr. en Ciencias Veterinarias, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 46 p.
5. Barrington, G. M.; Parish, S. M. 2001. Bovine neonatal immunology. (en línea). Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 17(3):463-476. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30001-3](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30001-3)
6. Besser, T. E.; Garmedia, A. E.; McGuire, T. C.; Gay, C. C. 1985. Effect of colostral immunoglobulin G1 and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. (en línea). Journal of Dairy Science. 68(8):2033-2037. Consultado 7 feb. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(85\)81065-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(85)81065-1)
7. _____.; Gay, C. C. 1994. The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. (en línea). Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 10(1):107-117. Consultado 11 feb. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30591-0](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30591-0)
8. Boulton, A. C.; Rushton, J.; Wathes, D. C. 2017. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. (en línea). The Animal. 11(8):1-9. Consultado 17 nov. 2021. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731117000064>

9. Brickell, J. S.; Bourne, N.; McGowan, M. M.; Wathes, D. C. 2009. Effect of growth and development during the rearing period on the subsequent fertility of nulliparous Holstein-Friesian heifers. (en línea). *Theriogenology*. 72(3):408-416. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.03.015>
10. Burton, J. L.; Kennedy, B. W.; Burnside, E. B.; Wilkie, B. N.; Burton, J. H. 1989. Variation in serum concentrations of immunoglobulins G, A, and M in canadian Holstein-Friesian calves. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 72(1):135-149. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79089-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79089-5)
11. Cabral, R. G.; Chapman, C. E.; Erickson, P. S. 2013. Review: colostrum supplements and replacers for dairy calves. (en línea). *The Professional Animal Scientist*. 29(5):449-456. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30265-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30265-5)
12. Chigerwe, M.; Tyler, J.; Schultz, L.; Middleton, J. R.; Steevens, B. J.; Spain, J. N. 2008. Effect of colostrum administration by use of oro-esophageal intubation on serum IgG concentrations in Holstein bull calves. (en línea). *American Journal of Veterinary Research*. 69(9):1158-1163. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.2460/ajvr.69.9.1158>
13. Conneely, M.; Berry, D. P.; Murphy, J. P.; Lorenz, I.; Doherty, M. L.; Kennedy, E. 2014. Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 97(11):6991-7000. Consultado 9 nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7494>
14. Cuttance, E. L.; Mason, W. A.; Laven, R. A.; Phyn, C. V. C. 2018. The relationship between failure of passive transfer and mortality, farmer-recorded animal health events and body weights of calves from birth until 12 months of age on pasture-based, seasonal calving dairy farms in New Zealand. (en línea). *The Veterinary Journal*. 236:4-11. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.04.005>
15. Da Silva, A. P.; Faria de Toledo, A.; Moelemberg Cezara, A.; Gavanski Coelho, M.; Virginio Júnior, G. F.; Poczyneka, M.; Donizete Silva, M.; Haines, D. M.; Campos, M.; Machado Bittar, C. M. 2020. Passive transfer and neonatal health in dairy calves receiving maternal colostrum and/or a colostrum replacer. (en línea). *Livestock Science*. 240:1-7. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104158>

16. Dearmas, B.; Facet, F.; 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 Dr. en Ciencias Veterinarias, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 44 p.
17. Deelen, S. M.; Ollivett, T. L.; Haines, D. M.; Leslie, K. E. 2014. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. (en línea). Journal of Dairy Science. 97:3838-3844. Consultado 4 feb. 2022. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7939>
18. DeNise, S. K.; Robison, J. D.; Stott, G. H.; Armstrong, D. V. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. (en línea). Journal of Dairy Science. 72(2):552-554. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(89\)79140-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(89)79140-2)
19. 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 en Reproducción Animal. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. pp. 23-25.
20. Dutour, E. J.; Laborde, D.; López-Villalobos, N.; Chilibraste, P. 1998. Comparación de la performance productiva y reproductiva de vacas Holando americano, Holando Frisio neozelandés, cruza Jersey con Holando y rojo y blanco sueco con Holando en un establecimiento comercial. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (40^{as}, 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 49-54.
21. Furman-Fratczak, K.; Rzasa, A.; Stefaniak, T. 2011. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. (en línea). Journal of Dairy Science. 94(11):5536-5543. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3253>
22. George, J. W. 2001. The usefulness and limitations of hand-held refractometers in veterinary laboratory medicine: an historical and technical review. (en línea). Veterinary Clinical Pathology. 30(4):201-210. Consultado 4 feb. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2001.tb00432.x>

23. Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. (en línea). *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 24(1):19-39. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>
24. _____. 2019. Colostrum management for dairy calves. (en línea). *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 35(3):535-556. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
25. Greenwood, R. H.; Morrill, J. L.; Titgemeyer, E. C.; Kennedy, G. A. 1997. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 80(10):2534-2541. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76207-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76207-6)
26. Handcock, R. C.; Lopez-Villalobos, N.; McNaughton, L. R.; Back, P. J.; Edwards, G. R.; Hickson, R. E. 2019. Positive relationships between body weight of dairy heifers and their first-lactation and accumulated three-parity lactation production. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 102(5):4577-4589. Consultado 17 dic. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15229>
27. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2020. Body weight of dairy heifers is positively associated with reproduction and stayability. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 130 (5):4466-4474. Consultado 17 dic. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17545>
28. Hyde, R. M.; Green M. J.; Hudson, C.; Down, P. M. 2021. Factors associated with daily weight gain in preweaned calves on dairy farms. (en línea). *Preventive Veterinary Medicine*. 190:s.p. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105320>
29. Kertz, A. F.; Barton, B. A.; Reutzel, L. F. 1998. Relative efficiencies of wither height and body weight increase from birth until first calving in Holstein cattle. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 81:1479-1482. Consultado 16 nov. 2021. Disponible en [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75712-1/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75712-1/pdf)

30. Khan M. A.; Bach, A.; Weary D. M.; von Keyserlingk, M. A. G. 2016. Invited review: transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 99(2):885-902. Consultado 16 nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9975>
31. Laborde, D. 2012. ¿Qué resultados productivos y reproductivos podemos esperar de distintas estrategias de cruzamiento en ganado lechero? La experiencia en un establecimiento lechero comercial en Uruguay. *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (40^{as}, 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 43-48.*
32. Lanuza, A. F. 2006. Crianza de terneros y reemplazos de lechería. (en línea). *Boletín INIA*. no. 148. s.p. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7087>
33. Leániz Ruete, J.; Voss Miles, M. F. 2020. Producción y reproducción de un rodeo lechero multiracial sobre suelos de arenisca. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 3-4.
34. Licitra, G.; Hernandez, T. M.; Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. (en línea). *Animal Feed Science and Technology*. 57(4):347-358. Consultado 4 feb. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)
35. McGee, M.; Earley, B. 2018. Review: passive immunity in beef-suckler calves. (en línea). *The Animal Consortium*. 13(4):810-825. Consultado 10 feb. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S1751731118003026>
36. McGuirk, S. M.; Collins, M. 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. (en línea). *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 20(3):593-603. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.005>
37. Martínez Rey, A.; Pereira Gadola, J.; Priore Castañola, 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 Dr. en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. pp. 15-16.

38. Mendoza, A.; Caffarena, D.; Fariña, S.; Morales, T.; Giannitti, F. 2017. Manejo del calostrado en el ternero neonato: herramientas para una crianza más saludable y eficiente. Montevideo, INIA. 35 p. (Boletín de Divulgación no. 114).
39. Muller, L. D.; Ellinger, D. K. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 64(8):1727-1730. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(81\)82754-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(81)82754-3)
40. NRC (National Research Council, US). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. (en línea). 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academic Press. pp. 214-230. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.17226/9825>
41. Nousiainen, J.; Korhonen, H.; Syvaoja, E. L.; Savolainen, S.; Saloniemi, H.; Halonen, H. 1994. The effect of colostral immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. (en línea). *Agricultural and Food Science*. 3(5):421-428. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.23986/afsci.72710>
42. Osaka, I.; Matsui, Y.; Terada, F. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin IgG intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 97(10):6608-6612. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7571>
43. Pared, S.; Bilbao, G.; Gatus, S.; Alvarado, P. I.; Rubio, R. 2020. Evaluación de la crianza artificial de terneros lactantes, con dos tipos de alimentación inicial. *Información Técnica Económica Agraria*. 116(1):30-40. Consultado 23 feb. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.12706/itea.2019.011>
44. Quigley, J. D.; Drewry, J. J.; Martin, K. R. 1998a. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 81(5):1308-1312. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75693-0](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75693-0)
45. _____.; _____. 1998b. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 81(10):2779–2790. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75836-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75836-9)

46. Rastani, R. R.; Grummer, R. R.; Bertics, S. J.; Gümen, A.; Wiltbank, M. C.; Mashek, D. G.; Schwab, M. C. 2005. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance and metabolic profiles. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 88(3):1004-1014. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72768-5](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72768-5)
47. Schild, C. O.; Caffarena, R. D.; Gil, A.; Sánchez, J.; Riet Correa, F.; 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. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 103(10):9418-9429. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18177>
48. Tarazona, A. M.; Ceballos, M. C.; Naranjo, J. F.; Cuartas, C. A. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. (en línea). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25(3):473-487. Consultado 27 oct. 2021. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295024923015>
49. Terré, M.; Bach, A. 2013. La transición de las terneras jóvenes. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado 16 nov. 2021. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
50. Thornsberry, R. M.; Wood, D. 2013. Colostrum replacers: a review for veterinary practitioners. (en línea). *The Bovine Practitioner*. 45(2):149-164. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <https://journals.tdl.org/bovine/index.php/bovine/article/view/2788/2778>
51. Turini, L.; Conte, G.; Bonelli, F.; Sgorbini, M.; Madrigali, A.; Mele, M. 2020. The relationship between colostrum quality, passive transfer of immunity and birth and weaning weight in neonatal calves. (en línea). *Livestock Science*. 238:s.p. Consultado 29 oct. 2021. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104033>
52. Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583-3597. Consultado 4 feb. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

53. Vargas-Ramírez, A. M.; Elizondo-Salazar, J. A. 2014. Determinación de consumo de alimento balanceado y agua, y medidas de crecimiento en terneras Holstein en una finca lechera comercial. (en línea). *Nutrición Animal Tropical*. 8(2):36-50. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en https://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS_PUBLICADOS/2014/193.pdf
54. Weaver, D. M.; Tyler, J. W.; VanMetre, D. C.; Hostetler, D. E.; Barrington, G. M. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. (en línea). *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 14(6):569-577. Consultado 27 oct. 2021. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x>

10. ANEXOS

Figura 1. Disposición de los corrales en el interior del tinglado



Figura 2. Vista del tinglado desde el exterior

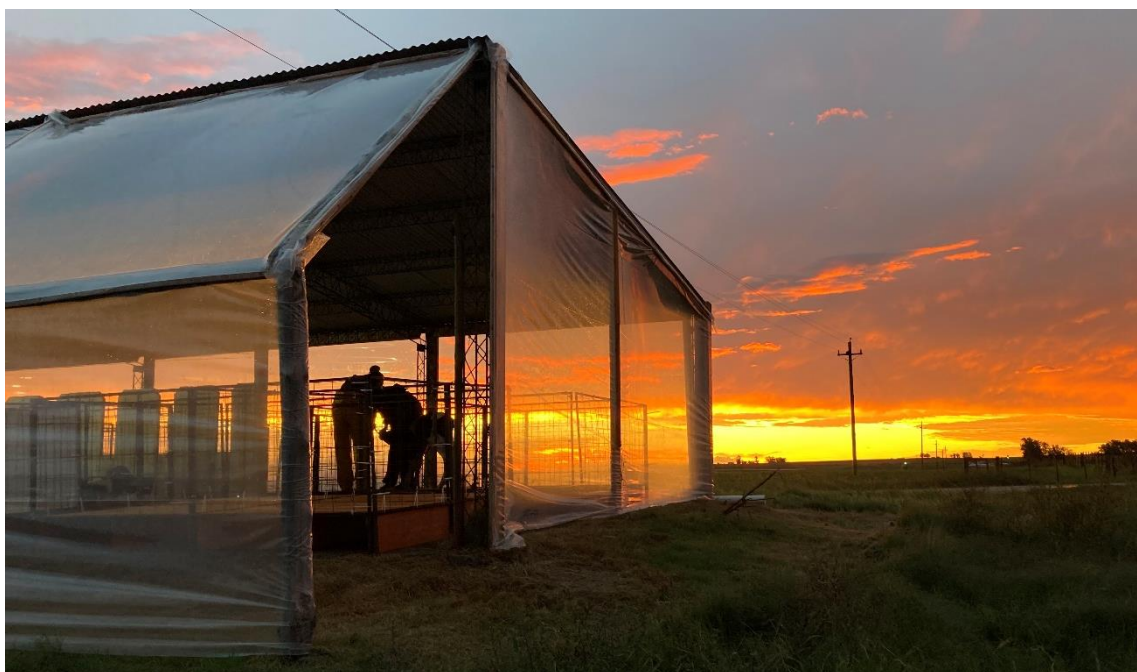


Figura 3. Corral individual con uno de los animales dispuesto en su interior



Figura 4. Separación del suero sanguíneo mediante el centrifugado en una muestra de sangre



Figura 5. Colocación del suero sanguíneo en el refractómetro digital para obtener la concentración de sólidos totales



Figura 6. Medición del diámetro de los anillos de las muestras de suero en la prueba de RID

