

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE ATENAS

MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA

EVALUACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN TERNERAS
ALIMENTADAS CON LECHE DE TRANSICIÓN Y LECHE ENTERA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA

ANGIE YOSETH BOLAÑOS RODRÍGUEZ

ATENAS, COSTA RICA

2023

DECLARACIÓN JURADA

Yo Angie Bolaños Rodríguez portadora de la cédula de identidad número 2-0730-0721, estudiante de la Universidad Técnica Nacional, UTN en la carrera de Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría, conoedor (a) de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juramos solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN, así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los 19 días del mes de octubre del 2023.

Angie Bolaños Rodríguez
Cédula: 2-0730-0721

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría.



Dr. Josué Rivera Castillo
Director de Carrera



Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph. D.
Tutor del TFG



Dra. Carolina Viquez Cespedes
Lectora del TFG



Dr. Luis Fernando Zamora
Lector del TFG

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía en cada etapa de mi vida.

Reconozco su presencia en todo momento y le agradezco por mostrarme el camino. Sin su dirección, no habría llegado hasta aquí.

A mi mamá y a mi abuela Daysi. Desde el primer día, han creído en mí y han estado presentes con su amor sincero. Su paciencia, palabras positivas y oraciones infinitas han sido un respaldo para mí.

A mi papá y a mis hermanos Greivin y Wilson, por estar siempre a mi lado. Su apoyo material, así como emocional, ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A Ale, por ser mi apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Gracias por acompañarme en las visitas a las fincas, por su apoyo en la lectura y por sus aportes valiosos a esta tesis. Te amo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, por acompañarme en cada etapa de mi vida y por brindarme su constante apoyo.

También quiero agradecer a mis abuelos y hermanos, quienes han estado a mi lado a lo largo de mi camino y me han brindado su apoyo incondicional.

A Alejandro, por su amor y apoyo incondicional en esta etapa.

Un agradecimiento especial para el Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, quien me ha ayudado a encontrar el tema de investigación para este proyecto. Siempre ha estado dispuesto a responder mis dudas y consultas, y me ha brindado orientación y dirección.

También quiero agradecer a la Dra. Carolina Víquez Céspedes por su orientación en el desarrollo de este proyecto y al Dr. Josué Rivera Castillo por su respaldo y confianza que han sido de gran valor para mí.

A mis compañeros de carrera más cercanos, quiero expresar mi gratitud por su apoyo de diferentes maneras.

Por último, quiero agradecer a los productores y sus colaboradores, quienes me recibieron en sus fincas y confiaron en mí para el muestreo de sus animales. Por mantenerme informada de cada nacimiento. Quiero agradecer especialmente a Jeremy Araya Rojas, Karla Méndez, Marley Rojas y Adonay Cubero por su apoyo y confianza.

RESUMEN

Título: Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras alimentadas con leche de transición y leche entera.

Autor: Angie Yoseth Bolaños Rodríguez.

Este estudio investiga el impacto de dos tipos de alimentación sobre la absorción de inmunoglobulinas (Igs) en terneras recién nacidas. Se trabajó con 42 terneras divididas en dos grupos de acuerdo con el tipo de dieta líquida recibida: leche de transición (LT) y leche entera (LE). Se recolectaron 170 litros de calostro de alta calidad, seleccionados los que presentaban valores > 50 g/l de Igs y 22 °Brix. El calostro se distribuyó en las fincas del estudio y se administró a las terneras dentro de las primeras horas de vida, en una cantidad equivalente al 10 % de su peso vivo.

A partir de las 12 horas de vida y cada 12 horas, las terneras fueron alimentadas con LT y LE respectivamente utilizando chupones. Después de 48 horas, en momentos diferentes según los nacimientos que se iban presentando, se extrajo una muestra de sangre de 10 ml de las terneras de ambos grupos mediante venopunción yugular. La sangre se centrifugó y, a las 24 horas, se separó el suero sanguíneo para medir la concentración de proteína sérica (PST) y °Brix utilizando distintos refractómetros. Las muestras de suero se congelaron a -20 °C y, cuando fue necesario, se descongelaron y se mezclaron para analizar las concentraciones de inmunoglobulinas G (IgG) utilizando un kit de inmunodifusión radial (RID). Los datos obtenidos se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos, con PST promedio de 9,63 g/dl en LT y 6,81 g/dl en LE. En cuanto a los grados Brix, se obtuvieron valores de 12,24 para LT y 9,62 para LE. En relación con la concentración

IgG en sangre, se encontró que los valores fueron de 18,29 (g/L) para LT y 14,42 (g/L) para LE. Los resultados del estudio indicaron que la alimentación con LT mejoró la absorción de inmunoglobulina G en comparación con la alimentación con LE.

Palabras claves: leche, calostro, inmunoglobulinas, terneras, inmunidad.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Problemática	16
1.2. Justificación.....	18
1.3. Antecedentes.....	19
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.5. Objetivo de la investigación.....	22
1.5.1. Hipótesis de la investigación	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Producción de calostro	24
2.2. Composición del calostro	24
2.3. Tipos de alimentación líquida en la crianza de terneros.....	26
2.3.1. Sustituto de calostro	26
2.3.2. Calostro	26
2.3.3. Leche de transición	27
2.3.4. Leche entera	27
2.3.5. Leche de descarte.....	28
2.4. Transferencia de inmunidad pasiva de la madre al ternero.....	29
2.5. Momento y cantidad de calostro a administrar	30
2.6. Formas de administrar el calostro	31
2.7. Falla en la transferencia de inmunidad pasiva	32
2.8. Factores dependientes de la madre que disminuyen la concentración de Igs en calostro.....	32
2.9. Factores dependientes del ternero que disminuyen la absorción de Igs a nivel intestinal	34
2.10. Métodos para tratar la falla de transferencia pasiva	35
2.11. Métodos para identificar la calidad del calostro y la falla de transferencia pasiva en el ternero.....	35
2.11.1. Métodos indirectos	35
2.11.2. Métodos directos para evaluar Igs en suero sanguíneo.....	39
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	40

3.1. Ubicación del experimento	40
3.2. Muestra total de animales	40
3.3. Criterios de inclusión para los animales del estudio	40
3.4. Grupos de tratamiento.....	40
3.5. Manejo del calostro, leche de transición y leche entera	40
3.5.1. Recolección y almacenamiento de calostro	40
3.5.2. Recolección y almacenamiento de leche de transición	42
3.5.3. Recolección y almacenamiento de leche entera	42
3.6. Manejo, alojamiento y alimentación de las terneras post-nacimiento.....	42
3.7. Métodos para la recolección de muestra y análisis del suero sanguíneo.....	43
3.8. Descripción del análisis estadístico y análisis de la información	45
CAPÍTULO IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN	46
4.1.Efecto del tratamiento sobre la concentración de PST, ° Brix e IgG	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	54
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....	56
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO VIII APÉNDICES.....	66

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje distribuido de la conformación de la leche de descarte en 142 vacas de una explotación comercial de Costa Rica.	29
--	----

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Función de las Igs en el organismo del recién nacido.	26
Cuadro 2. Composición del calostro, leche de transición y leche entera según el número de ordeños.	28
Cuadro 3. Capacidad porcentual de absorción de Igs en el recién nacido	31
Cuadro 4. Relación entre gravedad específica del calostrómetro y la posible concentración de inmunoglobulinas G calostrales.	36
Cuadro 5. Refractómetro óptico grados Brix y la posible concentración de IgG en calostro.....	37
Cuadro 6. Categorías de la calidad de calostro, concentraciones de IgG propuestas, proteínas totales en suero (STP) en refractómetro de mano y porcentaje en suero sanguíneo grado Brix.	38
Cuadro 7. Concentración de proteínas totales en suero sanguíneo en refractómetro de mano.	39

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Pasos para procesar las muestras con el kit de RID	66
Apéndice 2. Medición del diámetro de los anillos de precipitación a las 24 horas de incubación del suero, en el kit de RID utilizando el software Dinocapture 2.0.....	67

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Nomenclatura	Definición
° Brix	Grados Brix
EPP	Edad al primer parto
FCDP	Factor de crecimiento derivado de plaquetas
FCE	Factor de crecimiento epidérmico
FcRn	Expresión del receptor neonatal
FGF	Factor de crecimiento fibroblástico
FTIP	Falla en la transferencia de inmunidad pasiva
HC	Hormona de crecimiento
Ig	Inmunoglobulina
IgA	Inmunoglobulina A
IgG	Inmunoglobulina G
IgG1	Inmunoglobulina G 1
IgGs	Inmunoglobulinas G
IgM	Inmunoglobulina M
Igs	Inmunoglobulinas
LD	Leche de descarte
LE	Leche entera
LT	Leche de transición
PST	Proteínas séricas totales en suero sanguíneo
RC	Reemplazador de calostro
RID	Ensayo de inmunodifusión radial
SC	Suplemento de calostro
SCL	Sustituto de calostro
SPCE	Servicios de concepción efectiva
TIP	Transferencia de inmunidad pasiva

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La inmunidad calostrual en terneros es vital para proporcionar una protección inmediata contra enfermedades mientras su sistema inmunológico se desarrolla. La absorción eficiente de inmunoglobulinas G (IgG) a través del calostro de calidad dentro de las primeras horas de vida es esencial para garantizar una adecuada transferencia de inmunidad de la madre al ternero (TIP) (Elizondo-Salazar, 2015). Sin embargo, una concentración de IgG sérica menor a 10 g/L se interpreta como una falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), lo que puede generar consecuencias negativas para su salud y desarrollo (Furman-Fratczak et al., 2011; Shivley et al., 2018).

Así mismo, estudios previos han sugerido que la ingesta insuficiente de calostro de alta calidad en la primera toma puede conducir a una FTIP y aumentar la susceptibilidad del ternero a enfermedades, mayor mortalidad, retraso en el logro de un peso adecuado al servicio y afectación de producción de leche al inicio de la lactancia (Halleran et al., 2017; Hare et al., 2020).

Para contrarrestar esta deficiencia, se ha investigado la posibilidad de alimentar a los terneros con LT después de recibir calostro de calidad. La LT presenta niveles inferiores de IgG en comparación con el calostro y niveles superiores en comparación con LE (Bonaudi y Caffera, 2021). Sin embargo, aún provee componentes inmunológicos y nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de los terneros (Christiansen et al., 2010).

Por lo tanto, alimentar a las terneras con LT después de la toma inicial de calostro podría actuar como una fuente secundaria de IgG. Esto podría contribuir a la absorción de IgG en los terneros recién nacidos antes de las 24 horas de vida y así

prevenir la FTIP causada por la ingesta de calostro de calidad desconocida o por factores inherentes del neonato (Williams et al., 2014).

El objetivo del presente estudio consiste en determinar que las terneras, que fueron alimentadas con LT a las 12 horas de vida siguientes a la ingesta inicial de calostro de alta calidad, muestran una concentración superior de IgG en suero sanguíneo a las 48 horas de vida, en comparación con las terneras que fueron alimentadas con LE en el mismo intervalo.

Con el fin de alcanzar este objetivo, se emplearon métodos tanto indirectos como directos para evaluar los valores de PST, °Brix y la concentración de IgG en el suero sanguíneo de los animales, con el propósito de obtener información precisa sobre la transferencia de inmunidad pasiva en estas condiciones.

1.1. Problemática

Esta investigación se centra en abordar la capacidad de absorción de IgG por parte de las terneras recién nacidas después de la primera toma de calostro de calidad, al consumir comidas múltiples que contengan IgG. El objetivo es reducir la mortalidad y morbilidad en terneras de lecherías especializadas mediante la mejora de la concentración de IgG sanguínea, utilizando métodos de alimentación innovadores como la LT.

Hasta el momento, gran parte de las investigaciones se han centrado en suministrar calostro de calidad con concentraciones adecuadas de IgG (> 50 g/L) y en identificar factores que puedan influir en la calidad o en la absorción de las inmunoglobulinas G (IgGs) que desencadenan la FTIP. No obstante, existe una brecha en el conocimiento de la capacidad de absorción de IgG por parte de los neonatos después de la primera toma de calostro, especialmente cuando se les proporcionan dietas líquidas que contienen IgGs.

Es relevante señalar que la presencia de FTIP ha sido detectada en estudios anteriores realizados por Arroyo-Arroyo et al. (2014), en la Región Huetar Norte de Costa Rica, donde aproximadamente el 44,9 % de los 657 animales examinados presentaron FTIP. Además, Castillo-Badilla et al. (2018) han mencionado que la FTIP podría llevar a un aumento en los servicios de concepción efectiva (SPCE). Esto sugiere que las vacas con FTIP podrían experimentar su primer parto a una edad más avanzada en comparación con aquellas que no tuvieron problemas en la TIP.

En un contexto similar, Shivley et al. (2018) y Miyazaki et al. (2017) observaron una frecuencia de FTIP del 14,2 % en los animales examinados, sin identificar factores de riesgo específicos; se ha planteado la posibilidad de que factores

inherentes al neonato puedan influir en su capacidad para absorber las IgG en la primera ingesta de calostro, como una baja habilidad para coagular el calostro en el abomaso después de la ingestión o una velocidad más lenta de vaciado abomasal.

Lo anterior resalta la necesidad de mejorar las prácticas de manejo en las terneras de la industria lechera. Una estrategia prometedora podría ser la alimentación con múltiples comidas que contengan concentraciones de IgG, con el fin de fortalecer el sistema inmunológico de las terneras y reducir la incidencia de enfermedades. Esto, a su vez, podría traducirse en una edad más temprana al primer parto y un mejor desempeño en su primera lactancia.

Sin embargo, en lo que respecta a la alimentación líquida, suministrar exclusivamente LE después de la primera ingesta de calostro no solo podría afectar la TIP debido a su bajo contenido de IgG, sino que también se ha observado que podrían existir diferencias en términos de ganancia de peso (Bergé et al., 2009). Según el estudio de Van Soest et al. (2020), las terneras alimentadas con LT durante tres días consecutivos experimentaron un aumento promedio diario de peso de 0,62 kg, en comparación con las terneras alimentadas exclusivamente con LE, que registraron un aumento promedio diario de peso de 0,56 kg.

Estos resultados sugieren que la alimentación con LT no solo podría mejorar la concentración de IgG sérica, sino que también podría tener beneficios adicionales en términos de ganancia de peso en comparación con la alimentación exclusiva con LE. Es importante destacar que la falta de conocimiento acerca de estos beneficios podría estar relacionada con el énfasis tradicional en la administración de calostro de calidad en las primeras horas de vida, seguido por el cambio a LE por razones de facilidad de manejo.

1.2. Justificación

La mayoría de las investigaciones se centran en proporcionar a los terneros una primera alimentación con alimentos que contengan concentraciones de IgG superiores a 50 g/L para garantizar la absorción adecuada de IgG en las primeras horas de vida (Jaster, 2005; Halleran et al., 2017). Sin embargo, no todos evalúan la capacidad de absorción de IgG en los terneros al continuar consumiendo alimentos que contengan IgG. Por lo tanto, es importante investigar nuevas estrategias confiables de alimentación que permitan superar la variación en la concentración de IgG sérica en terneras.

Por su parte, Hare et al. (2020) encontraron que las terneras de raza Holstein mejoraron la persistencia aparente de absorción de Igs mediante el consumo prolongado de IgG. Se determinó que, idealmente, los neonatos deben recibir al menos 62 g de IgG en las 12 horas posteriores al nacimiento para aumentar las concentraciones séricas.

La LT utilizada para alimentar terneras tiene efectos beneficiosos debido a su mayor concentración de IgG en comparación con la LE. Esto último contribuye a una mayor absorción de IgGs en las primeras 24 horas de vida, también puede generar inmunidad local contra patógenos entéricos y prevenir la FTIP (Godden, 2008).

Los resultados del proyecto podrían proporcionar información valiosa al demostrar los beneficios de alimentar con LT en comparación con la LE. Esto podría ayudar a mejorar el manejo de terneras en lecherías especializadas y promover prácticas de alimentación posteriores a la primera toma de calostro que incluyan la LT como una alternativa económica, accesible y rentable.

1.3. Antecedentes

Williams et al. (2014) realizaron pruebas con terneras alimentadas con tres tratamientos diferentes: (1) calostro del primer ordeño combinado con LE, (2) calostro combinado más sustituto lechero y (3) calostro combinado del primer y segundo ordeño, proporcionados en la primera alimentación y en comidas posteriores. Los resultados mostraron que las concentraciones de IgG en los tratamientos (2) y (3) fueron significativamente más bajas que en el tratamiento (1), con valores de 15,9 g/L, así como de 18,3 g/L y 24,6 g/L, respectivamente. A partir de estos resultados, se concluyó que cuando la concentración de IgG en el calostro del primer ordeño sea inadecuada, se puede prevenir la FTIP proporcionando sustituto de calostro o una combinación de calostro para mejorar las concentraciones de IgG en las terneras.

Por su parte, Conneely et al. (2014) evaluaron las concentraciones de IgG sérica en tres grupos de terneras que consumieron calostro en cantidades correspondientes al 10,0 %, 8,5 % y 7,0 % de su peso corporal. Cabe destacar que cada muestra de calostro utilizado contenía 110,8 g/L de IgG. El grupo de terneras que consumió calostro correspondiente al 8,5 % de su peso corporal obtuvo la mayor concentración de IgG sérica; el grupo que recibió 7,0 % presentó la concentración más baja y el grupo que recibió el 10,0 % mostró una concentración intermedia de IgG sérica. Concluyeron que la administración de grandes volúmenes de calostro en una sola toma puede distender el abomaso, lo que a su vez reduce el vaciado del contenido abomasal, ya que una menor distensión del abomaso permite una mayor absorción de IgG.

Por otro lado, Hare et al. (2020) investigaron la eficiencia de absorción de IgG sérica en dos grupos de terneras, para ello después de la primera toma de calostro

de calidad los animales a las 12 hora de vida consumieron tres tratamientos: (1) calostro, (2) una mezcla de calostro con LE y (3) LE. Las concentraciones de IgG a las 72 después del nacimiento fueron de 30,4 g/L, 27,2 g/L y 23,9 g/L para cada tratamiento. Los autores concluyeron que el consumo prologando de IgG en los tratamientos (1) y (2) llevó a un aumento en las concentraciones de IgG sérica, de modo que recomendaron brindar a las 12 horas de vida cantidades mayores a 62 IgG/L en alimentaciones posteriores para aumentar aún más las concentraciones de IgG sérica.

Por su parte, Kargar et al. (2020) determinaron que extender el período de alimentación con calostro durante 2 semanas, a diferencia de la práctica habitual de alimentar con calostro durante un día, tiene efectos positivos en el rendimiento del crecimiento y reduce la susceptibilidad a la diarrea y a la neumonía en terneros Holstein recién nacidos. Al proporcionar calostro durante más tiempo, los terneros pueden recibir más componentes que estimulan el sistema inmunológico y factores protectores, lo que conduce a una mejor salud y crecimiento.

Giammarco et al. (2021) tuvieron como objetivo evaluar el uso de la refractometría Brix como herramienta para estimar el contenido de IgG en calostro de búfalas y suero de terneras. Midieron el porcentaje Brix del calostro usando un refractómetro y lo compararon con la concentración de IgG determinada a través de RID. El estudio encontró una correlación positiva y significativa entre los grados Brix en suero y calostro con la concentración de IgG determinada por RID, lo que sugiere que la refractometría Brix puede ser una herramienta útil para estimar el contenido de IgG sérica y calostrál.

Castillo-Badilla (2018) menciona que en hatos lecheros de Costa Rica algunos productores ofrecían calostro a las terneras en las primeras horas de vida, pero luego continuaban alimentándolas con LE o leche de descarte (LD), observándose muertes o signos de enfermedad en los primeros meses de vida. Estos hallazgos se consideraron variables que podrían afectar la edad al primer parto (EPP) a largo plazo, el rendimiento reproductivo y productivo de las fincas. Resaltan la importancia de proporcionar un manejo adecuado a las terneras desde las primeras horas de vida, incluyendo la alimentación de calostro de calidad y una atención sanitaria apropiada para prevenir enfermedades y promover un desarrollo óptimo.

Castillo et al. (2019) llevaron a cabo un estudio en 22 hatos lecheros de Costa Rica, donde encontraron que la mayoría de las fincas suministraban calostro en la primera toma, lo cual es fundamental para proporcionar inmunidad. Sin embargo, se observó que 6 de las fincas utilizaban reemplazador de leche en lugar de calostro, y 16 indicaron que utilizaban LE. Se determinó que las hembras que experimentaron una mala nutrición y presentaron FTIP en los primeros días de vida tuvieron una EPP mayor de 30,8 meses. Por otro lado, aquellas hembras que solo experimentaron un servicio tuvieron una EPP menor. Estos resultados indican que la FTIP en las etapas tempranas de las hembras bovinas puede tener un impacto negativo en su desarrollo reproductivo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la transferencia de inmunidad pasiva en terneras a las 48 horas de vida mediante la medición de concentración de IgG, proteínas séricas totales y °Brix en terneras alimentadas a las 12 horas de vida con leche de transición y leche entera, para el establecimiento de la alternativa de alimentación que prolongue por más tiempo la respuesta inmune en el animal.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar las concentraciones de inmunoglobulinas G, proteínas séricas totales y °Brix mediante el kit de inmunodifusión radial, refractómetro de mano y refractómetro óptico, para la evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva entre terneras según el tipo de alimentación brindada a partir de las 12 horas de vida.

Evaluar el grado de inmunización de las terneras a las 48 horas de vida mediante la determinación de los valores de proteína sérica total, °Brix e inmunoglobulinas séricas G, para la definición del tipo de alimentación que aumente la respuesta inmune.

1.5. Objetivo de la investigación

Determinar la diferencia en la concentración de IgG sérica a las 48 horas de edad, en 42 terneras alimentadas a las 12 horas de vida, con dos tipos de dieta, uno con LT y el otro con LE.

1.5.1. Hipótesis de la investigación

1.5.1.1. Alternativa

El consumo de LT bovina a las 12 horas después de la primera toma de calostro de calidad en terneras resulta en una mayor de concentración de IgG sérica a las 48 horas de vida con respecto al grupo de terneras alimentadas con LE.

1.5.1.2. Nula

El consumo de LT bovina a las 12 horas después de la primera toma de calostro de calidad en terneras no resulta en una mayor concentración de IgG sérica a las 48 horas de vida con respecto al grupo de terneras alimentadas con LE.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Producción de calostro

Durante la tercera y sexta semana antes del parto, la glándula mamaria experimenta cambios hormonales significativos. En ese momento, hay una baja concentración de estrógenos y prolactina, pero una alta concentración de progesterona. Estas hormonas juegan un papel importante en la preparación de la glándula mamaria para la producción de calostro (Baumrucker y Bruckmaier, 2014).

La transferencia IgGs séricas al lumen alveolar de la glándula mamaria es crucial para proporcionar inmunidad pasiva al recién nacido. Las células epiteliales mamarias expresan el receptor neonatal Fc (FcRn) que facilita el transporte de las IgG desde el espacio extracelular en el extremo basal de las células hacia el lumen alveolar. Esto permite que alrededor de 500 gramos por semana de IgG se transfieran al lumen alveolar mamario (Cervenak y Kacs Kovics, 2009).

Una vez que comienza la lactancia, las concentraciones de prolactina aumentan significativamente. Como resultado, las células mamarias dejan de producir el receptor FcRn. Sin embargo, durante el periodo de calostro, el receptor FcRn desempeña un papel fundamental en la transferencia de IgG al lumen mamario, proporcionando una importante fuente de inmunidad pasiva al neonato (McGuirk y Collins 2004; Godden, 2008).

2.2. Composición del calostro

El calostro contiene una variedad de células y moléculas inmunológicas, incluyendo leucocitos como macrófagos y neutrófilos, que constituyen aproximadamente el 10-18 % de su composición. También contiene linfocitos, citoquinas, hormonas como el cortisol e insulina, y factores de crecimiento como el

factor de crecimiento epidérmico (FCE), el insulinoide I y II, el factor de crecimiento de fibroblastos (FCF) y el factor derivado de las plaquetas (FCDP). Además, contiene factores de crecimiento transformadores como el factor de crecimiento transformador A y B, y la hormona del crecimiento (HC). Estos componentes juegan un papel crucial en el desarrollo y la protección inmunológica del recién nacido (McGuirk y Collins, 2004; Conneely et al., 2013; Silva-Del-Río et al., 2017).

Las Igs también son componentes importantes del calostro. La IgG es la más abundante (80-95 % del total de Igs) y se divide en dos subclases, IgG₁ e IgG₂, siendo IgG₁ la más prevalente. La IgG se produce en la sangre materna y proporciona protección contra diversas enfermedades infecciosas. Una vez absorbida por el ternero, actúa de manera humoral, es decir, se secreta desde la sangre a la superficie de la mucosa de órganos como el intestino y el pulmón (Angulo et al., 2015; Godden et al., 2019).

Además de la IgG, el calostro también contiene IgM (7 %) y IgA (5 %). Estas Igs se sintetizan directamente en la glándula mamaria y tienen un origen local. A medida que los terneros crecen, las concentraciones de Igs en la sangre de la madre disminuyen gradualmente, y comienzan a sintetizar sus propias Igs. Sin embargo, en los primeros días de vida, los terneros dependen de las Igs del calostro para protegerse contra patógenos específicos (Silva-Del-Río et al., 2017; Godden et al., 2019). Las funciones de las Igs se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1*Función de las Igs en el organismo del recién nacido*

Tipo	% total	Función
IgG ₁	85-95	Destruye microorganismos nocivos principalmente a nivel de tejidos
IgA	≤5	Protege las membranas que recubren los órganos (intestinos) y previene que antígenos ingresen a la sangre
IgM	≤7	Destruye microorganismos nocivos principalmente a nivel de la sangre

Fuente: Godden, 2008.

2.3. Tipos de alimentación líquida en la crianza de terneros

2.3.1. Sustituto de calostro

Los sustitutos de calostro (SCL) son productos que se utilizan como reemplazo del calostro natural en situaciones en las que no hay suficiente calostro disponible o cuando se desea evitar la transmisión de enfermedades a través del calostro no pasteurizado. Los SC son productos que contienen menos de 75 gramos de IgG por dosis; por lo tanto, no pueden reemplazar completamente el calostro natural, pero se utilizan para proporcionar una cantidad adicional de inmunoglobulinas al ternero recién nacido. Este tipo de producto puede ser una buena alternativa cuando no se dispone de calostro natural (Arriagada, 2011; Elizondo-Salazar y Zumbado-Alpizar, 2021).

2.3.2. Calostro

El calostro es la primera secreción láctea que produce la vaca después del parto. Es rico en nutrientes esenciales, debe proveer un valor mayor o igual a 50 g de Igs/L para que sea considerado de buena calidad y logre una adecuada TIP. Se recomienda que las terneras reciban al menos un 10 % de su peso corporal en calostro durante las primeras 24 horas, dividido en varias tomas (Pavan, 2018).

2.3.3. Leche de transición

Después del calostro, la producción de leche se denomina LT, el contenido de IgG que posee es más bajo que el calostro; sin embargo, todavía puede proporcionar una cantidad significativa de anticuerpos para fortalecer la respuesta inmune del ternero. Además, en ausencia de LT, se puede realizar una mezcla de calostro con leche entera para imitar sus características (Hare et al., 2020). La composición de LT se puede observar en el Cuadro 2.

2.3.4. Leche entera

La LE es la leche producida después de la LT. Tiene una composición nutricional equilibrada, que incluye una cantidad adecuada de proteínas, carbohidratos (principalmente lactosa), grasas, vitaminas y minerales, además proporciona todos los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo del neonato (Matamala-Capponi, 2014). Las diferencias entre calostro, LT y LE se muestran en Cuadro 2.

Cuadro 2

Composición del calostro, leche de transición y leche entera según el número de ordeños

	Calostro	Leche de transición		Leche entera
	1 ^{er} ordeño	2 ^{do} ordeño	3 ^{er} ordeño	6 ^{to} ordeño
Densidad relativa	1,056	1,040	1,035	1,032
Sólidos totales (%)	23,9	17,9	14,1	12,9
Grasa (%)	6,7	5,4	3,9	4,0
Proteína total (%)	14,0	8,4	5,1	3,1
Inmunoglobulinas (%)	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG (g/dL)	3,2	2,5	1,5	0,06
Lactosa (%)	2,7	3,9	4,4	5,0

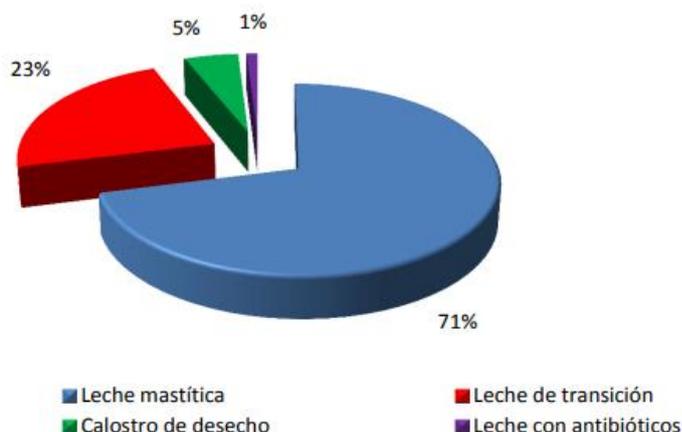
Fuente: Bonaudi y Caffera, 2021.

2.3.5. Leche de descarte

La leche de descarte (LD) incluye leche de vacas con mastitis, calostro de desecho y leche con antibióticos. Estas últimas son utilizadas en algunas lecherías para alimentar a las terneras, ya que se considera un enfoque más rentable desde el punto de vista económico. Sin embargo, es importante destacar que la práctica no es recomendada, por las consecuencias negativas a nivel de salud, ganancia de peso, eficiencia reproductiva y productiva. La LT, por otro lado, también es descartada, esta contiene altas concentraciones de Igs que pueden dar resultados falsos positivos en las pruebas de antibióticos realizadas en las plantas de recibo (Campos-Granados y Elizondo-Salazar, 2014). En la Figura 1 se muestran los porcentajes que conforman en total la LD.

Figura 1

Porcentaje distribuido de la conformación de la leche de descarte en 142 vacas de una explotación comercial de Costa Rica



Fuente: tomado de Campos-Granados et al., 2014.

2.4. Transferencia de inmunidad pasiva de la madre al ternero

La TIP en bovinos es un proceso crucial para que los terneros recién nacidos adquieran inmunidad y protección contra patógenos. Durante la gestación, las hembras bovinas no pueden transferir Igs al feto debido a que su placenta es de tipo sindesmocorial, lo que significa que actúa como una barrera sincitio que evita el paso de macromoléculas. Sin embargo, los terneros pueden adquirir inmunidad al ser alimentados con calostro que contiene IgGs, estas son transferidas al neonato cuando las células inmaduras de la pared intestinal, conocidas como enterocitos, permiten el paso de estas macromoléculas (Weaver et al., 2000).

Durante las primeras 24 horas después del nacimiento, los enterocitos inmaduros del intestino tienen la capacidad de realizar pinocitosis que permite el paso de la IgG a través de los capilares y luego a la circulación general del recién nacido a través de la vena porta. Sin embargo, a medida que pasan las horas después del

nacimiento, los enterocitos maduran y pierden su capacidad de absorber moléculas de gran tamaño. Se produce el cierre intestinal, y se activa una barrera intestinal que se encarga de la absorción de nutrientes y la exclusión de patógenos. Esta barrera intestinal se convierte en la primera línea de defensa contra patógenos a nivel entérico del ternero (Cervenak y Kacskovics, 2009; Hurley y Theil, 2011).

Además, las células M, que son responsables de la pinocitosis, desaparecen alrededor de las 24-26 horas de vida del ternero. Esto contribuye a la disminución de la capacidad total de captación de Igs. Es importante destacar que una parte de las Igs ingeridas inicialmente se mantiene en el lumen intestinal, lo que protege al tracto gastrointestinal del ternero contra patógenos. Otra parte se mantiene en la vía sanguínea, proporcionando inmunidad sistémica (Baumrucker et al., 2014).

2.5. Momento y cantidad de calostro por administrar

La administración de la primera toma de calostro es ideal durante las primeras 4 horas de vida del ternero para lograr una adecuada TIP. Después de ese período, la capacidad del intestino para absorber macromoléculas, como las inmunoglobulinas, disminuye considerablemente tal como se muestra en Cuadro 3 (Godden, 2008; Berríos, 2009; Godden et al., 2019).

Cuadro 3*Capacidad porcentual de absorción de lgs en el recién nacido*

Edad del ternero (horas)	Absorción (%)
0	20
3	15
6	10
12	5
24	0

Fuente: Godden et al., 2019.

Se recomienda alimentar al ternero con una cantidad de calostro equivalente al 10-12 % de su peso corporal. Esta cantidad se puede administrar en una o dos tomas antes de las 4 horas de vida. Es importante tener cuidado de no administrar más de dos tomas de calostro de alta calidad que excedan el 10 % del peso vivo del ternero. Esto se debe a que una cantidad excesiva de calostro puede llevar al cese de la absorción de inmunoglobulinas y disminuir la eficiencia de absorción (Francisco y Quigley, 1993; Hare, 2020).

Además, la calidad del calostro debe evaluarse antes de su administración. Para esto, se pueden utilizar instrumentos como el calostrómetro o el refractómetro grados Brix (Godden et al., 2019).

2.6. Formas de administrar el calostro

Entre las técnicas para suministrarlo se encuentra la sonda esofágica, tiene la ventaja de permitir un control preciso sobre el tiempo y la cantidad de calostro administrado en la primera toma. Sin embargo, es importante utilizar esta técnica con precaución, ya que existe el riesgo de pasar la sonda por la tráquea y hacer que el líquido llegue a los pulmones, lo cual podría causar una neumonía por broncoaspiración. Una desventaja es que no estimula la succión ni el reflejo de la

gotera esofágica. Por lo tanto, se recomienda que la sonda se introduzca hasta la mitad del esófago para que el ternero pueda estimular este reflejo. En cuanto al uso del chupón, se presenta el reflejo de succión, pero una de las desventajas es que a menudo el ternero no ingiere la cantidad adecuada de calostro (Elizondo-Salazar, 2008; Godden et al., 2009 a; Dwyer, 2016).

Salazar-Acosta y Elizondo-Salazar (2019) recomiendan que independientemente de la forma y el método de alimentación líquida utilizado para los terneros recién nacidos, el calostro se debe pasteurizar a 60 °C durante 30 minutos para reducir la presencia de bacterias antes de su administración. Además, se ha demostrado que la pasteurización no causa desnaturalización de las Igs, sino que, por el contrario, se ha observado una mayor absorción de estas a nivel intestinal.

2.7. Falla en la transferencia de inmunidad pasiva

La FTIP se da cuando el neonato recién nacido no ingiere suficientes cantidades de IgG, por lo tanto, las concentraciones de estas a nivel de suero sanguíneo son menores a 10 mg/ml. Esto causa que la FTIP resulte en una deficiente respuesta y activación inmune (Dwyer, 2016).

2.8. Factores dependientes de la madre que disminuyen la concentración de Igs en calostro

Existen varios factores dependientes de la madre que pueden influir en la concentración de inmunoglobulinas en el calostro (Moore et al., 2005; Kehoe et al., 2007; Gulliksen et al., 2008; Scholz et al., 2011; Conneely et al., 2013; Cabral et al., 2016; Dwyer et al., 2016 y Ahmann et al., 2021), algunos de estos factores incluyen:

- *Número de partos*: en general, se ha observado que las vacas más jóvenes tienen menor concentración de inmunoglobulinas en el calostro debido a que han tenido

menos tiempo para estar expuestas a antígenos y desarrollar una respuesta inmunológica adecuada.

- *Tipo de parto*: un parto distócico puede resultar en hipoxia o hipoglucemia en la cría, lo que puede afectar su capacidad para absorber las inmunoglobulinas a nivel intestinal.
- *Parto inducido*: la administración de ciertos fármacos para inducir el parto puede disminuir la concentración de IgG en el calostro.
- *Horas transcurridas después del parto*: con el tiempo, la composición del calostro cambia y disminuye el contenido de Igs. Por lo tanto, se recomienda ordeñar el calostro en las primeras horas posteriores al parto para obtener una mayor concentración de Igs.
- *Período seco corto y mala nutrición*: un período seco (intervalo entre lactancias) demasiado corto, junto con una mala nutrición, puede resultar en calostro de mala calidad con menor concentración de Igs.
- *Falta de vacunaciones previas*: la ausencia de vacunaciones en el periodo adecuado (generalmente de 3 a 6 semanas antes del parto) puede disminuir la concentración de Igs en el calostro.
- *Dietas deficientes en proteínas o energía*: una alimentación inadecuada, baja en proteínas o energía, puede conducir a una disminución en la producción de calostro y, por lo tanto, a una menor concentración de Igs.
- *Volumen de calostro*: grandes volúmenes de calostro en la madre pueden diluir las inmunoglobulinas, lo que resulta en una concentración de IgG más baja en el calostro.
- *Conteo de células somáticas*: vacas con altos conteos de células somáticas en la leche tienen una menor concentración de IgG en el calostro.

- *Goteo previo al parto*: el goteo de calostro a través del pezón de la vaca antes del parto puede hacer que se pierda contenido de Igs.
- *Influencia de la raza de la vaca*: Elizondo-Salazar (2015) encontró que las vacas Holstein tenían mayor concentración de Igs en el calostro, seguidas de las vacas Holstein x Jersey y las vacas Jersey. Sin embargo, no se halló una diferencia significativa entre estas razas, lo que sugiere que estos hallazgos pueden variar entre animales individualmente.

2.9. Factores dependientes del ternero que disminuyen la absorción de Igs a nivel intestinal

Varios factores pueden influir en su capacidad de absorber Igs de manera eficiente (Weaver et al., 2000; Haro, 2008; Dwyer et al., 2016; Godden et al., 2019).

Estos se muestran a continuación:

- *Edad al momento de la primera toma de calostro*: la eficiencia de absorción de Igs en el tracto gastrointestinal del ternero disminuye a medida que pasa el tiempo. Es crucial que el ternero tome calostro lo más pronto posible después del nacimiento para maximizar su absorción.
- *Peso bajo al nacimiento y acidosis respiratoria*: los terneros con peso bajo al nacer o que experimentan acidosis respiratoria pueden tener una capacidad de absorción de Igs disminuida.
- *Razas de terneros*: algunas razas de terneros pueden tener una menor capacidad de absorber Igs en comparación con otras.
- *Afectaciones anatómicas o físicas*: ciertas afecciones anatómicas o físicas pueden afectar el reflejo de succión del ternero y su capacidad para levantarse.

- *Terneros de gestaciones prolongadas*: los terneros que provienen de gestaciones prolongadas pueden tener un tracto gastrointestinal más maduro y, por lo tanto, pueden tener dificultades para absorber Igs de manera eficiente.
- *Temperaturas ambientales*: se ha observado que hay una mayor eficiencia de absorción de Igs en temperaturas entre 13 °C y 26 °C.

2.10. Métodos para tratar la falla de transferencia pasiva

El plasma por vía oral puede ser suministrado en animales menores de 24 horas de edad con FTIP. Sin embargo, a los animales mayores de 24 horas de vida se les puede administrar plasma vía parenteral o intraperitoneal. Otra opción es la administración de sangre entera a un volumen suficiente, adaptado a cada animal, por vía intravenosa (Dwyer, 2016).

2.11. Métodos para identificar la calidad del calostro y la falla de transferencia pasiva en el ternero

El contenido de Igs en el calostro y en suero sanguíneo puede evaluarse mediante métodos directos e indirectos.

2.11.1. Métodos indirectos

2.11.1.1. Calostrómetro

El calostrómetro evalúa la densidad específica del calostro para determinar su calidad relacionada con la concentración de IgG presentes. Según los fundamentos del método, a mayor concentración de IgG, mayor será la densidad y, por lo tanto, la gravedad específica del calostro. Tiene una sensibilidad del 32 % y una especificidad del 97 % (Godden, 2008; Dairy Australia, 2020).

El método es rápido y fácil de usar; también es accesible económicamente. Sin embargo, no determina la cantidad de inmunoglobulinas en el calostro, solo permite

calificar su calidad como buena, media o baja. Una de las desventajas del método es su sensibilidad a las temperaturas, ya que para obtener una lectura precisa, el calostrómetro debe estar a una temperatura ambiente específica entre 20 °C a 25 °C. En temperaturas más altas o más bajas, la calidad del calostro puede subestimarse, lo que lleva a resultados incorrectos (Godden, 2008; Kehoe et al., 2011). El Cuadro 4 proporciona una guía para interpretar los resultados obtenidos con este método en particular.

Cuadro 4

Relación entre gravedad específica del calostrómetro y la posible concentración de inmunoglobulinas G calostrales

Gravedad específica	Color	Calidad	Inmunoglobulinas G, mg/dl
1027	Rojo	Pobre	1,42
1030			9,06
1035	Amarillo	Moderada	21,80
1040			32, 53
1047	Verde	Buena	52,36
1050			60,01

Fuente: Elizondo-Salazar, 2007^b.

2.11.1.2. Refractómetro °Brix

La refracción de luz funciona para determinar la concentración de IgG en una muestra de líquido, como el calostro. Cuanto mayor sea la concentración de IgG, mayor será la refracción de luz medida. Además de la determinación de IgG, este método también puede estimar los sólidos totales en una solución. Este método tiene una sensibilidad de aproximadamente entre 90,0 % y 92,5 %, así como una especificidad entre 80 % y 85 %. Estos valores indican la capacidad del método para detectar correctamente la presencia o ausencia de IgG en la muestra. Una ventaja adicional de este método es que no se ve afectado por las temperaturas, lo que

significa que puede utilizarse en diferentes condiciones de temperatura sin afectar la precisión de los resultados (Bielmann et al., 2010).

Jiménez (2021) propuso el uso del Cuadro 5 para evaluar los porcentajes obtenidos en grados Brix en función de los sólidos totales presentes. Esto puede ser útil para comparar la calidad de la muestra en términos de concentración de IgG séricas.

Cuadro 5

Refractómetro óptico grados Brix y la posible concentración de IgG en calostro

Porcentaje de sólidos totales	Concentración proteica sérica de IgG en mg/dl	Calidad
>22 %	>50 mg/ml	Buena calidad
20-22	30-50 mg/ml	Calidad media
<20 %	<30 mg/ml	Mala calidad

Fuente: Jiménez, 2021.

Por otro lado, Deelen et al. (2014) sugieren que el refractómetro Brix no solo se utiliza para medir la concentración de sólidos solubles en calostro, sino que también puede utilizarse para medir las inmunoglobulinas totales en suero. Si se obtiene un porcentaje de 8,9 %, se considera que el aporte de Igs es bueno. Además, mencionan que este método está altamente correlacionado con la concentración de IgG sérica medida en RID. Esto implica que el valor obtenido con el refractómetro Brix puede ser utilizado como una estimación indirecta de la concentración de IgG sérica.

Asimismo, Godden et al. (2019) propusieron los datos que se observan en el Cuadro 6, el cual puede ser usado como guía para considerar la relación de la concentración de IgG sérica y las proteínas séricas totales medidas con refractómetro de mano presentes en el suero sanguíneo de animales.

Cuadro 6

Categorías de la calidad de calostro, concentraciones de IgG propuestas, proteínas totales en suero (STP) en refractómetro de mano y porcentaje en suero sanguíneo grado Brix

Categorías propuestas	Concentraciones propuestos de IgG (g l⁻¹)	Calostro STP (g dl⁻¹)	Suero sanguíneo Brix (%)
Excelente	>25,0	>6,2	>9,4
Bueno	18,0 – 24,9	5,8 – 6,1	8,9 – 9,3
Regular	10,0 – 19,9	5,1 – 5,7	8,1 – 8,8
Malo	<10,0	<5,1	<8,1

Fuente: Nemocon et al., 2020.

2.11.1.3. Refractómetro óptico de mano

Un refractómetro de mano es un instrumento utilizado para medir el índice de refracción de un líquido. El suero sanguíneo contiene diferentes solutos, incluyendo proteínas. Cuanto mayor sea la concentración de proteínas, mayor será el índice de refracción del suero. Proporciona una forma rápida y fácil de medir estos parámetros, lo que puede ser útil en aplicaciones como la evaluación del grado de inmunización de los animales (Casas, 2015). En el Cuadro 7 se muestra la interpretación de posibles resultados a obtener.

Cuadro 7*Concentración de proteínas totales en suero sanguíneo en refractómetro de mano*

Concentración proteica (g/dl)	Nivel de inmunidad
<4,9	Alto riesgo
5,0 a 5,4	Riesgo medio
5,5 a 6,9	Bajo riesgo

Fuente: Casas et al., 2015.**2.11.2. Métodos directos para evaluar Igs en suero sanguíneo****2.11.2.1. Ensayo de inmunodifusión radial**

El RID es un método utilizado para medir las concentraciones reales de anticuerpos en el calostro bovino. Se considera la "prueba de oro" debido a su precisión y exactitud en la cuantificación de la cantidad de IgG presente. Sin embargo, debido a su alto costo y tiempo requerido para obtener resultados (más de 24 horas), no es una herramienta práctica para evaluar el calostro diariamente en una finca, se utiliza principalmente a nivel experimental para verificar los resultados de otras pruebas indirectas (Dairy Australia, 2020).

Asimismo, permite medir directamente el suero sanguíneo bovino utilizando anticuerpos específicos y determina con precisión la cantidad de IgG presente. Este kit consta de platos con 24 pozos precipitantes. Se coloca suero control negativo, medio y positivo en 3 pozos y luego se distribuyen las muestras de suero sanguíneo de las terneras en los diferentes pozos restantes. Finalmente, se forma un anillo en el que se mide el diámetro para evaluar la distancia asociada a las concentraciones de anticuerpos presentes (Leyan et al., 2004; Ameri y Wilkerson 2008; Triple J Farms, 2022).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del experimento

La colecta de calostro, su suministro y la recolección de muestras sanguíneas se llevaron a cabo en 6 lecherías especializadas de la Región Central Norte de Costa Rica.

3.2. Muestra total de animales

Para el estudio experimental se utilizaron 42 terneras nacidas entre los meses de septiembre del 2022 a mayo del 2023. Los nacimientos se esperaron según los registros de pariciones de las lecherías que formaron parte del estudio.

3.3. Criterios de inclusión para los animales del estudio

Los 42 animales seleccionados cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: ser hembras, haber nacido de parto normal (no distócico), sin anomalías anatómicas y que consumieran calostro de buena calidad.

3.4. Grupos de tratamiento

Entre las 2 a 4 horas de vida los animales recibieron calostro de buena calidad (evaluado y obtenido previamente). Posteriormente, las 42 terneras se dividieron en dos grupos experimentales. Estos grupos se denominaron (1) terneras alimentadas con LT y (2) terneras alimentadas con LE.

3.5. Manejo del calostro, leche de transición y leche entera

3.5.1. Recolección y almacenamiento de calostro

Esta primera etapa del estudio tuvo como objetivo el proceso de recolección y evaluación del calostro de vacas recién paridas, buscando asegurar la calidad y alta concentración de anticuerpos presentes. Para lograr una ejecución eficiente y efectiva

del procedimiento, se llevó a cabo la recolección del calostro en el primer ordeño posterior al parto, dentro de las dos primeras horas tras el nacimiento.

Cada muestra de calostro fue cuidadosamente identificada según el animal ordeñado, lo que permitió obtener un registro de datos precisos y confiables. La evaluación de la calidad del calostro se efectuó mediante el uso de un calostrómetro, siguiendo las directrices del Cuadro 4, y el refractómetro óptico °Brix, apoyado por las referencias del Cuadro 5. Aquellas muestras que mostraron características de alta calidad, según los resultados obtenidos, fueron seleccionadas minuciosamente para su posterior almacenamiento.

Con el propósito de preservar las propiedades beneficiosas del calostro, se optó por utilizar envases de plástico de 2,5 litros para su almacenamiento, seguidos por un proceso de congelación. Este procedimiento se repitió de forma sistemática cada semana, en consonancia con los nuevos nacimientos, hasta alcanzar un volumen total de 170 litros de calostro almacenado. Posteriormente, se procedió a la creación de un *pool* homogenizado de calostros, consolidando así las propiedades y beneficios de las diferentes muestras recolectadas.

Finalmente, el "*pool*" de calostro homogenizado se administró a las 42 terneras a través de un chupón, teniendo en cuenta el momento específico de nacimiento de cada animal. Para llevar a cabo este proceso, se procedió a descongelar la cantidad precisa de calostro, la cual se determinó en función del peso individual de cada ternera, equivalente al 10 % de su peso vivo. Este proceso se realizó utilizando un baño maría a 45 °C, siguiendo el método sugerido por Elizondo- Salazar (2007^b), con el propósito de evitar un calentamiento excesivo que pudiera degradar las inmunoglobulinas.

3.5.2. Recolección y almacenamiento de leche de transición

La LT fue obtenida a partir del segundo ordeño de las vacas, según los nacimientos que se iban presentando.

3.5.3. Recolección y almacenamiento de leche entera

La LE que se utilizó para alimentar el segundo grupo de tratamiento fue colectada desde el tanque de leche de las fincas en estudio.

3.6. Manejo, alojamiento y alimentación de las terneras post-nacimiento

Una vez que se produjo el parto, se procedió a separar a las terneras de sus madres. Se realizó este proceso en un intervalo de tiempo de aproximadamente entre 20 y 30 minutos. Para asegurar una identificación adecuada de cada ejemplar, se les colocó un arete en la oreja, lo cual permitió un registro individual y preciso.

Con el fin de prevenir posibles infecciones, se llevó a cabo la desinfección del ombligo de las terneras utilizando una solución de yodo al 10 %. Además, se efectuó un minucioso pesaje de cada ejemplar al momento de su nacimiento, utilizando el método de pesaje particular de cada explotación lechera, lo que favoreció generar un registro preciso de su peso inicial.

Posteriormente, se tomó en cuenta el peso individual de cada animal para suministrar el 10 % de su peso vivo en calostro mediante el uso de un chupón, siguiendo el método propuesto por Berríos (2009). Esta cantidad de calostro se dividió en dos tomas, las cuales fueron administradas entre las 2 y 4 horas de vida de cada ternera para garantizar una adecuada absorción de IgG siguiendo el método propuesto por Fischer-Tlustos (2021).

Finalmente, después de la primera toma de calostro, se adoptó el método de alimentación propuesto por Hare et al. (2020). En este enfoque, las terneras fueron

alimentadas en intervalos de 12 horas, comenzando a las 12 horas después de su nacimiento y siguiendo esta pauta hasta las 48 horas de vida. Dependiendo del grupo de tratamiento, las terneras recibieron LT o LE. La cantidad de alimento suministrado fue aproximadamente el 10 % de su peso corporal, en consonancia con los regímenes de alimentación mencionados previamente.

3.7. Métodos para la recolección de muestra y análisis del suero sanguíneo

Para garantizar resultados confiables, se implementaron técnicas y metodologías específicas en el procesamiento y análisis de las muestras sanguíneas. En este sentido, se tomó en cuenta lo sugerido por Jaster (2005), quien señala que terneras alimentadas con tratamientos líquidos en las primeras horas de vida alcanzan el pico de concentración máxima de IgG sérica a las 48 horas después del nacimiento.

De modo que, a las 48 horas de vida de cada ternera, se recolectaron muestras de sangre de la vena yugular mediante el uso de *vacutainer*, para obtener volúmenes de 10 ml, de manera individual según su momento de nacimiento. Las muestras se depositaron en tubos de tapa roja sin anticoagulante y se almacenaron a 4 °C por un máximo de 24 horas, siguiendo la metodología propuesta por Cabral (2014).

Posteriormente, siguiendo el procedimiento descrito por Johnson et al. (2007), a medida que se recolectaban las muestras, se procedió a centrifugarlas durante 15 minutos a 3000 rpm. Seguidamente, se extrajeron dos gotas del sobrenadante del plasma sanguíneo con el objetivo de determinar tanto la concentración de PST como los °Brix. Estas mediciones se llevaron a cabo utilizando un refractómetro de mano para PST y un refractómetro óptico para los °Brix, respectivamente.

El suero restante se transfirió a tubos *ependorf* de 1,5 ml y se congeló a -20 °C, siguiendo las pautas sugeridas por Halleran (2017). Este proceso se repitió para las 42 muestras recolectadas en momentos diferentes; se completó el total de muestras requeridas para el estudio. Antes de su utilización, siguiendo la metodología mencionada por Shivley et al. (2018), las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente, seguidamente se agitaron durante 10 segundos con ayuda de un vortex para garantizar una adecuada homogeneidad.

Siguiendo las pautas establecidas por Triple J Farms (2022), se extrajeron 5 µl de muestra de suero sanguíneo sin diluir mediante una micropipeta. Estos 5 µl se depositaron en cada pocillo del kit de RID correspondiente al tratamiento de alimentación específico. La distribución del suero sanguíneo se llevó a cabo de la siguiente manera: los tres primeros pocillos se asignaron al suero de control positivo, medio y negativo, con concentraciones respectivas de 2800, 1400 y 280 mg/dl para cada kit según el grupo de tratamiento asignado. Los 21 pocillos restantes se reservaron para las muestras de suero de los animales, de acuerdo con el tratamiento alimentario que hubieran recibido. Para obtener una descripción más detallada de los pasos, se recomienda consultar el Apéndice 1.

De acuerdo con la metodología adoptada por Elsohaby et al. (2019) y Triple J Farms (2022), se realizó a temperatura ambiente la incubación de los dos platos de RID durante un período de 24 horas. A continuación, se procedió a medir el radio en milímetros de los anillos precipitados alrededor de cada pocillo. Este valor se multiplicó por dos para determinar con precisión el diámetro de dichos anillos. Estas mediciones se llevaron a cabo utilizando un estereoscopio de la marca Olympus y el *software* de medición DinoCapture 2.0. La visualización de las imágenes

correspondientes tuvo lugar en una computadora equipada con el *software* mencionado, tal como se representa en el Apéndice 2.

Finalmente, los valores de los diámetros obtenidos en cada platillo se anotaron en un documento de Excel para posteriormente realizar el análisis estadístico de cada grupo de animales en estudio.

3.8. Descripción del análisis estadístico y análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 2022) para analizar los datos. El objetivo fue calcular los promedios de los tratamientos para las variables de respuesta, que incluían la proteína sérica total, los grados Brix y la concentración de IgGs sérica, medidos a través del kit de RID. Posteriormente, se llevó a cabo una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, únicamente en aquellas variables que demostraron ser significativas ($p < 0,05$).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Efecto del tratamiento sobre la concentración de PST, ° Brix e IgG

En el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos de la medición de PST, °Brix y concentración de IgG en suero sanguíneo en los dos grupos de terneras.

Cuadro 8

Concentración promedio (\pm desviación estándar) de PST, °Brix y concentración de IgG en suero sanguíneo en terneras que recibieron leche de transición y leche entera

Tratamiento	PST (g/dL)	°Brix	IgG (g/L)
Leche de transición	9,63 \pm 1,11 ^a	12,24 \pm 1,35 ^a	18,29 \pm 0,65 ^a
Leche entera	6,81 \pm 0,81 ^b	9,62 \pm 0,61 ^b	14,42 \pm 1,02 ^b

Nota. ^{a, b}: Resultados indicados con letras diferentes en una misma columna es estadísticamente diferente ($p < 0,001$).

Se observaron diferencias altamente significativas en las concentraciones de PST ($p < 0,001$). Las terneras que fueron alimentadas con LT mostraron el valor promedio más alto, que fue de 9,63 g/dl. Además, se notó que el grupo de terneras que recibió LT también exhibió valores superiores en °Brix y concentración de IgG sérica. Específicamente, estos valores fueron de 12,24 °Brix y 18,29 g/dl de IgG sérica para las terneras que recibieron LT, en comparación con el grupo que consumió LE, que registró 9,62 °Brix y 14,42 g/dl, respectivamente.

En relación con la FTIP, se ha establecido que puede producirse en terneras con niveles de PST por debajo de 5,5 g/dl (Arroyo-Arroyo y Elizondo-Salazar, 2014). Contrariamente, algunos investigadores argumentan que para lograr una TIP efectiva, es necesario alcanzar niveles superiores a 6,2 g/dl de PST (Godden et al., 2019). En el contexto de este estudio, se adoptaron concentraciones de PST de 5,5 g/dl como

el rango mínimo para identificar la FTIP y 6,2 g/dl como el nivel que denota una TIP exitosa.

En consecuencia, ambos grupos de terneras lograron superar los 6,2 g/dl en las concentraciones de PST, lo que confirma el éxito de la TIP en ambos casos. No obstante, es relevante destacar que la concentración de PST fue un 29 % mayor en el grupo de terneras que recibieron LT en comparación con el grupo que recibió LE. En contraste, el grupo que consumió LE mostró una concentración de PST de un 41 % menor en relación con el grupo de terneras que consumió LT.

Respecto a la asociación entre los valores de PST y la concentración de IgG sérica, se ha señalado en investigaciones previas que existe una correlación positiva entre ambos métodos, lo que sugiere que animales con mayores valores de PST medidos con el refractómetro de mano también presentarán mayores concentraciones de IgG en suero sanguíneo (Weaver et al., 2000). En el presente estudio, se obtuvo un resultado similar.

En el mismo contexto, pero en cuanto a los valores de °Brix , para considerar una TIP exitosa el valor debe ser mayor o igual a 8,5 (Hernández et al., 2016). Ambos grupos de terneras no solo alcanzaron sino que superaron este valor. No obstante, se observó que las terneras alimentadas con LT exhibieron un aumento de °Brix significativamente mayor, con un incremento del 21 %, en comparación con el grupo que consumió LE, que registró un descenso del 27 % en relación con las terneras que consumieron LT.

Además, en dicha investigación se constató que a medida que los valores de °Brix aumentan, también se registran niveles más altos de IgG; esta es una observación que concuerda con lo mencionado previamente respecto a las PST. No

obstante, es fundamental tener en cuenta que este patrón está sujeto a la calidad inicial del calostro suministrado así como a alimentaciones posteriores que contengan IgG, en este caso la calidad del calostro brindado fue mayor a 50 mg/L de IgG. Deelen (2004) sugiere que cantidades iguales o superiores a este valor se consideran óptimas para lograr una TIP exitosa.

Una TIP adecuada en terneras se produce cuando presentan concentraciones de IgG séricas mayores a 10 g/L entre las 24 y 48 horas posteriores al nacimiento (Weaver et al., 2000; Shivley et al., 2018). Ambos grupos de terneras lograron sobrepasar dicha concentración.

Así mismo, se ha señalado que concentraciones por encima de 15 g/L de IgG sérica presentan una probabilidad aún más baja de sufrir morbilidad y mortalidad (Furman-Fratczak et al., 2011). En esta línea, el tratamiento con LT también logró superar esta concentración. A pesar de que la LE mostró concentraciones por debajo de los 15 g/L de IgG sérica, sí superó el nivel mínimo requerido para alcanzar la TIP (> 10 g/L de IgG). Por tanto, es probable que las terneras alimentadas con LT experimenten una ventaja en términos de salud y resistencia inmunitaria con respecto a los que consumieron LE.

En consecuencia, no se considera que las terneras alimentadas con LE estén mal inmunizadas. Sin embargo, a medida que presenten mayores concentraciones de IgG, disminuirán los riesgos de que el recién nacido sea susceptible a enfermedades en las primeras semanas de vida (López y Heinrichs, 2022). De modo que, según lo obtenido en este estudio y otras investigaciones, el aumento de las concentraciones de IgG al alimentar con LT en las primeras horas de vida, puede generar un mayor beneficio, ya que va a permitirles a las terneras adaptarse

gradualmente a la alimentación con LE, preparándolas para una dieta con menor concentración de Igs y más aportes nutricionales para su crecimiento (Van Soest, 2022).

El aumento de la concentración de IgG al brindar alimentaciones líquidas puede estar relacionado con la cantidad total de IgG proporcionada en el calostro, el volumen de calostro brindado, así como el momento de su administración (Morín et al., 1997) . En este estudio, ambos grupos de terneras recibieron calostro de calidad con una concentración de IgG superior a 50 mg/L en las primeras 4 horas de vida, seguido de LT y LE a las 12 horas de vida, dependiendo del grupo de tratamiento asignado. Tal como se mencionó anteriormente, los resultados mostraron que la segunda alimentación con LT aumentó la concentración de IgG en el suero de las terneras. Esto último ha sido también respaldado por estudios previos (Hare et al., 2020; Halleran et al., 2017).

Por consiguiente, en este estudio se observó de manera efectiva que la cantidad total de IgG presente en el calostro ejerció una influencia significativa en la absorción de IgG. Este hallazgo se apoya en investigaciones anteriores, como el estudio realizado por Jaster (2005), que encontró que los terneros que recibieron 2 litros de calostro de alta calidad (84 mg/mL) al nacer y otros 2 litros a las 12 horas presentaron concentraciones séricas de IgG más altas (45,66 mg/mL) a las 24 y 48 horas, en comparación con los terneros que recibieron 4 litros de calostro de alta calidad tanto al nacer como a las 12 horas de vida (38,66 mg/mL).

En contraste con la presente investigación, los datos obtenidos por Cabral et al. (2014) demostraron que alimentar a los terneros con una sola dosis de calostro con una concentración muy alta de IgG (191,4 g/L) a los 45 minutos después del

nacimiento, seguida de dosis adicionales, no resultó en un aumento de las concentraciones de IgG en las terneras a las 48 horas de vida. Esto sugiere la posibilidad de que la cantidad total de IgG presente en el calostro podría interferir en la absorción de IgG por parte de los terneros. En el estudio actual, se observó que la cantidad total de IgG ingerida (50 mg/L de IgG) fue menor que la reportada en el estudio de Cabral et al. (2014); sin embargo, sí se evidenció una mayor absorción de IgG cuando se alimentó a las terneras con LT.

En un contexto similar pero en relación con el volumen de calostro brindado, Stott et al. (1979) encontraron que proporcionar una segunda alimentación con calostro 12 horas después de la primera provocó un aumento en las concentraciones de IgG en la sangre de terneros que inicialmente habían recibido 0,5 y 1,0 litros de calostro, siempre y cuando la primera alimentación se llevara a cabo antes de las 12 horas posteriores al nacimiento. Sin embargo, resultó curioso que el otro grupo de terneros alimentados con 2,0 litros de calostro al nacer no mostraron un aumento adicional en las concentraciones de IgG en la sangre con la alimentación posterior.

Siguiendo esta línea de investigación, Morín et al. (1997) informan que la administración de un considerable volumen de 4 L de calostro con baja concentración de IgG en las primeras 2 horas después del nacimiento no generó un aumento significativo en las concentraciones séricas de IgG a las 24 o 48 horas de vida, en comparación con los terneros que recibieron un menor volumen con 2 L de calostro. Es decir, cuando se suministró calostro con baja concentración de IgG (23,9 mg de IgG/ml) junto a una dosis adicional (2 L al nacimiento, 2 L a las 6 horas y 2 L a las 12 horas), se observó un ligero incremento en las concentraciones séricas de IgG en

comparación con los terneros que recibieron una mayor cantidad (4 L al nacimiento y 4 L a las 12 horas).

Por lo tanto, en lo que respecta al volumen de calostro en este estudio, se proporcionó a las terneras una cantidad equivalente al 10 % de su peso corporal total. Sin embargo, esta provisión se dividió en dos tomas brindadas durante las primeras 2 a 4 horas de vida de los terneros. De modo que, tanto en este estudio como en investigaciones previamente mencionadas, esta estrategia posiblemente favoreció una absorción gradual de IgG, a diferencia de una sola alimentación, lo que podría haber contribuido a los resultados observados.

El aumento de la concentración de IgG al brindar alimentaciones líquidas con IgG también puede estar relacionado con el momento de su administración. En los estudios antes mencionados se ha determinado que la permeabilidad intestinal para absorber IgG cesa entre las 24 y 36 horas postnacimiento, lo que demuestra que las alimentaciones efectuadas después de este período resultan ineficaces para elevar la concentración de IgG en el suero sanguíneo (Stott et al., 1979a; Hare et al., 2020).

En el presente estudio siguiendo esta línea de investigación, se optó por administrar los tratamientos de alimentación a las terneras antes de las 24 horas de vida. Como resultado, se logró una TIP óptima en ambos grupos de terneras, siendo especialmente destacable el aumento en la concentración de IgG en el suero sanguíneo de las terneras que consumieron LT.

Sin embargo, aunque este estudio en particular no se centró en investigar los beneficios de la alimentación líquida después de las primeras 24 horas de vida, es importante señalar que las alimentaciones con tratamientos líquidos que contienen IgG más allá de este período pueden ofrecer otras ventajas significativas. Por

ejemplo, se ha demostrado que estas prácticas pueden contribuir a mejorar y estimular el desarrollo gastrointestinal (Steinhoff-Wagner et al., 2014) y a reducir la incidencia de mortalidad relacionada con problemas digestivos (Yang et al., 2015).

El enfoque unánime presente en los estudios de Stott et al. (1979), Morín et al. (1997) y Jaster (2005) radica en que las 48 horas posteriores al nacimiento representan el momento óptimo para evaluar las concentraciones séricas de IgG. Se ha demostrado que en este tiempo se alcanza el pico más alto de IgG en terneros que recibieron una segunda alimentación a las 12 horas de vida. Esto indica que a las 48 horas de vida se evidencia un destacado porcentaje de persistencia de absorción, situado entre el 85,7 % y el 99,6 % (Leyán et al., 2004; Jaster, 2015; Feitosa et al., 2010). Estos resultados y los del presente estudio respaldan la importancia de este intervalo de tiempo específico para evaluar de manera confiable la IgG en suero sanguíneo y evaluar la protección inmunológica de terneras recién nacidas.

En relación con el diseño experimental actual de esta investigación, se encontraron similitudes notables con investigaciones previas, como los estudios llevados a cabo por Morín et al. (1997), Jaster (2005) y Hare et al. (2020). Sin embargo, algunas variaciones en los resultados entre estos estudios y el presente podrían atribuirse a las diferencias en los tratamientos administrados a los neonatos, incluyendo el volumen total de calostro y la cantidad de IgG brindada. Esto explica porque, a pesar de tener diseños experimentales similares, pueden surgir diferencias sustanciales. No obstante, sí coinciden en un aspecto crucial: el consumo adicional de LT antes del cierre intestinal puede considerarse una herramienta alimentaria valiosa para que los productores implementen y aseguren la TIP en sus animales.

En consecuencia, se sugiere que la clave para lograr concentraciones apropiadas de IgG sérica en las terneras consiste en el consumo de calostro de alta calidad. No obstante, en escenarios en los que la entrega de IgG calostrual durante las primeras horas de vida resulte insuficiente, la calidad del calostro sea desconocida o la absorción se vea afectada por factores inherentes al ternero, resulta prudente considerar la opción de brindar al menos una alimentación adicional con LT. Esta estrategia persigue el aumento adicional de las concentraciones de IgG sérica, teniendo en cuenta los beneficios que se han comprobado en el presente estudio al administrar esta alimentación complementaria 12 horas después de la primera toma de calostro.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Existe una relación positiva entre los valores de PST y la concentración de IgG sérica. Asimismo, los valores de °Brix en el suero sanguíneo también pueden servir como indicadores de la concentración de IgG sérica. Esta observación se refuerza al considerar que los terneros que recibieron una alimentación adicional con LT mostraron un aumento notable tanto en las PST como en los valores de °Brix en comparación con el grupo que consumió LE.

Esta asociación sugiere que los animales con concentraciones más altas de PST o °Brix presentan concentraciones más elevadas de IgG en suero sanguíneo. Esto refuerza la utilidad de los métodos indirectos para evaluar la TIP en terneras, ya que representan opciones más económicas y accesibles para los productores.

Ambos grupos de terneras lograron sobrepasar los valores necesarios para una adecuada TIP, con concentraciones de IgG sérica superiores a 10 g/L a las 48 horas después del nacimiento. Sin embargo, es crucial resaltar, en conjunto con las investigaciones previas, que a medida que las concentraciones de IgG sérica aumentan por encima del umbral mínimo, la probabilidad de morbilidad y mortalidad en las primeras etapas de vida disminuye considerablemente.

El momento de consumo y la cantidad total de IgG presente en el calostro ingerido pueden influir en la absorción de IgG. Esto sugiere que en situaciones en las que el suministro de IgG calostrado en las primeras horas de vida sea insuficiente, sea desconocido o la absorción se vea afectada por factores internos del ternero, resulta recomendable considerar la incorporación de una alimentación adicional con LT antes del cierre intestinal. Esta estrategia se muestra beneficiosa para asegurar una

transferencia exitosa de inmunidad pasiva y protección inmunológica en las terneras recién nacidas.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

Se propone que los productores implementen una supervisión continua y sistemática mediante el empleo de métodos indirectos, tales como la utilización de refractómetros de mano para medir las PST o refractómetros ópticos para evaluar los °Brix en el suero sanguíneo. Estas herramientas cuentan con la capacidad de brindar indicadores valiosos acerca de la efectividad de la alimentación con LT en términos de su capacidad para mejorar las concentraciones de IgG sérica. Al adoptar un monitoreo constante y ajustar la alimentación en función de los resultados obtenidos, los productores pueden avanzar hacia una TIP más efectiva, contribuyendo de esta manera al fortalecimiento de la salud inmunológica de las terneras.

Con base en lo anteriormente expuesto, se recomienda la introducción de una alimentación complementaria con LT alrededor de las 12 horas después del nacimiento, una vez que las terneras hayan recibido el calostro inicial de alta calidad en las primeras etapas de vida. Esta estrategia posee el potencial de ejercer un impacto considerable en las concentraciones de IgG, lo que podría contribuir a una TIP eficiente en las terneras.

En vista de investigaciones futuras, es crucial llevar a cabo un análisis exhaustivo de los posibles beneficios derivados de las alimentaciones posteriores que contengan IgG, abordando no solo la mejora en la concentración de IgG sérica, sino también explorando su impacto en otros aspectos esenciales como la salud y el crecimiento de los neonatos.

Con tal fin, se sugiere la evaluación de indicadores como la ganancia diaria de peso, la incidencia de enfermedades y la tasa de supervivencia neonatal. A través de este enfoque, se busca determinar si los beneficios observados desde la perspectiva

inmunológica, tal como se evidenciaron en este estudio, también se traducen en mejoras tangibles en la salud y el desarrollo durante las primeras etapas de vida de los recién nacidos.

Además, se abre la posibilidad de investigar diversas estrategias de alimentación posteriores a la ingesta inicial de calostro de alta calidad, con el propósito de potenciar las concentraciones de IgG sérica. Estas alternativas podrían abarcar desde el empleo de calostro puro hasta la combinación de calostro con leche entera, e incluso la adopción de sustitutos de calostro; para ello es esencial considerar minuciosamente factores como el volumen administrado y la cantidad total de IgG proporcionada, con el fin de obtener resultados precisos y relevantes.

En esta misma línea, también se recomienda evaluar la eficiencia aparente de absorción de manera simultánea con la medición de la concentración de IgG sérica en diferentes intervalos de tiempo, con el propósito de comprender cómo el sistema digestivo de los neonatos absorbe las IgG en función del momento y tipo de alimentación brindada. Esto permitirá obtener un entendimiento más profundo de la capacidad de absorción de IgG y su influencia en la salud inmunológica de las terneras.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J., y Büscher, W. (2021). Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: A review. *Animals*, 11(12), 3587. <https://doi.org/10.3390/ani1123587>
- Ameri, M. y M, Wilkerson. (2008). Comparison of two commercial radial immunodiffusion assays for detection of bovine immunoglobulin G in newborn calves. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 20(1): 333–336 <https://doi.org/10.1177/104063870802000>
- Angulo, J., Gómez, L., Mahecha, L., Mejía, E., Henao, J., y Mesa, C. (2015). Calf's sex, parity and the hour of harvest after calving affect colostrum quality of dairy cows grazing under high tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 47(4), 699–705. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0781-z>
- Arriagada, C. M. (2011). *Efecto del uso de calostro comercial sobre la inmunidad pasiva en terneros Holstein nacidos en invierno* (Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile). Repositorio institucional de la Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fam535e/doc/fam535e.pdf>
- Arroyo-Arroyo, J. J., y Elizondo-Salazar, J. A. (2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 279–285. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15430>
- Baumrucker, C., y Bruckmaier, R. (2014). Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 103–117. <https://doi.org/10.1007/s10911-013-9313-5>
- Bergé, A., Besser, T., Moore, D., y Sisco, W. (2009). Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of preweaned calves. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 286–295. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1433>
- Berríos, R. (2009). Manejo del ternero recién nacido. *TecnoVet*, 15(1), 25–26. <https://revistas.uchile.cl/index.php/RT/article/view/15927>
- Bielmann, V., Gillan, 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(8), 3713–3721. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943>
- Bonaudi G., y Caffera L. (2021). *Evaluación de la calidad del calostro producido por vacas lecheras con bajos y altos recuentos de células somáticas al momento*

del secado (Tesis de grado, Universidad de la República de Uruguay). Facultad Veterinaria de Universidad de la República de Uruguay. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/29722>

- Cabral, R., Cabral, M., Chapman, C., Kent, E., Haines, D., y Erickson, P. (2014). Colostrum replacer feeding regimen, addition of sodium bicarbonate, and milk replacer: The combined effects on absorptive efficiency of immunoglobulin G in neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2291–2296. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7007>
- Cabral, R., Chapman, C., Aragona, K., Clark, E., Lunak, M., y Erickson, P. (2016). Predicting colostrum quality from performance in the previous lactation and environmental changes. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 4048–4055. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9868>
- Campos-Granados, C., y Elizondo-Salazar, J. A. (2014). Cuantificación de la leche de desecho y análisis económico de su no utilización en una finca lechera de altura. *Nutrición Animal Tropical*, 8(1), 30–43. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/14903>
- Casas, M., y Canto, F. (2015). ¿Cómo evaluar la calidad del calostro y la inmunidad de las terneras. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Remehue, Chile. *Publicado en Sitio Argentino de Producción Animal*. https://www.produccion-animal.com.ar/59roducción_bovina_de_leche/cria_artificial/61-calidad_calostro.pdf
- Castillo-Badilla, G. (2018). *Factores que afectan la edad al primer parto y la producción de la primera lactancia, en vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica, durante los años 2013 al 2015* (Maestría, Universidad Nacional de Costa Rica). <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/20827/5GlorianaCastillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo-Badilla, G., Vargas-Leitón, B., Hueckmann-Voss, F., y Romero-Zúñiga, J. J. (2019). Factores del animal y el manejo predestete que afectan la edad al primer parto en hatos de lechería especializada de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 9–24. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i2.37788>
- Cervenak, J., y Kacskovics, I. (2009). The neonatal Fc receptor plays a crucial role in the metabolism of IgG in livestock animals. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 128(1–3), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.300>
- Christiansen, S., Guoa, M., y Kjeldenb, D. (2010). Chemical composition and nutrient profile of the low molecular weight fraction of bovine colostrum.

International Dairy Journal, 20(9), 630–636.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.005>

Conneely, M., Berry, D., Murphy, J., Lorenz, I., Doherty, M., 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7494>

Conneely, M., Berry, D., Sayers, R., Murphy, J., Lorenz, I., Doherty, M., y Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal*, 7(11), 1824–1832. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001444>

Dairy Australia. (2020). Tools to determine colostrum quality [Factsheet]. <https://cdn-prod.dairyaustralia.com.au/-/media/olos-t/dairy-australia-sites/national-home/resources/2020/09/01/olos-to-determine-colostrum-quality-factsheet/olos-to-determine-colostrum-quality-factsheet.pdf?rev=7a4a0265cf324da6a74abbed0df17a5c>

Deelen S., Ollivett T., Haines D., y Leslie K. (2014). Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 3838–3844. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7939>

Dwyer, C. M., Conington, J., Corbiere, F., Holmøy, I. H., Muri, K., Nowak, R., y Gautier, J. M. (2016). Invited review: improving neonatal survival in small ruminants: science into practice. *Animal*, 10(3), 449–459. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001974>

Elizondo- Salazar, J. (2008). Suministro de calostro con alimentador esofágico. *ECAG Informa*, (44), 35–38. https://www.academia.edu/2315187/Suministro_de_calostro_con_alimentador_esof%C3%A1gico

Elizondo-Salazar, J. (2007b). Alimentación y manejo del calostro en el ganado lechero. *Agronomía Mesoamericana*, 18 (2), 271–281. <https://doi.org/10.15517/am.v18i2.5057>

Elizondo-Salazar, J. (2015). Concentración de inmunoglobulinas totales en calostros de vacas en explotaciones lecheras de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 27–32. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v26i1.16890>

Elizondo-Salazar, J. A., y Zumbado-Alpizar, L. R. (2021). Efficacy of a colostrum substitute on passive immunity transfer in calves. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 249–260. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.41096>

- Elsohaby, I., Cameron, M., Elmoslemany, A., McClure, J., y Keefe, G. (2019). Effect of passive transfer of immunity on growth performance of preweaned dairy calves. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 83(2), 90–96. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6450162/>
- Feitosa, F., Camargo, D., Yanaka, R., Mendes, L., Peiró, J., Bovino, F., y Gasparelli, E. (2010). Índices de falha de transferência de imunidade passiva (FTIP) em bezerros holandeses e nelores, às 24 e 48 horas de vida: valores de proteína total, de gamaglobulina, de imunoglobulina G e da atividade sérica de gamaglutamiltransferase, para o diagnóstico de FTIP. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 30, 696–704. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010000800015>
- Fischer-Tlustos, A. J., Lopez, A., Hare, K. S., Wood, K. M., y Steele, M. A. (2021). Effects of colostrum management on transfer of passive immunity and the potential role of colostrum bioactive components on neonatal calf development and metabolism. *Canadian Journal of Animal Science*, 101(3), 405–426. <https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0149>
- Francisco, A., y Quigley J. (1993). Serum immunoglobulin concentrations after feeding maternal colostrum plus colostrum supplement to dairy calves. *American Journal of Veterinary Research*, 54(7), 1051–1054. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8368598/>
- Furman-Fratczak, K., Rzas, A., y Stefaniak, T. (2011). The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5536–5543. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3253>
- Giammarco, M., Chincarini, M., Fusaro, I., Manetta, A. C., Contri, A., Gloria, A., y Vignola, G. (2021). Evaluation of Brix refractometry to estimate immunoglobulin G content in Buffalo colostrum and neonatal calf serum. *Animals*, 11(9), 2616. <https://doi.org/10.3390/ani11092616>
- Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 24(1), 19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Godden, S. M., Lombard, J. E., y Woolums, A. R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 35(3), 535–556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>
- Gulliksen, S., Lie, K., Solverod, L., y Osteras, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91,704–712. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0450>

- Halleran, J., Sylvester, H., y Foster, D. (2017). Apparent efficiency of colostral immunoglobulin G absorption in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, *100*(4), 3282–3286. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11904>
- Hammon, H., Steinhoff-Wagner, J., Flor, J., Schönhusen, U., y Metges, C. C. (2013). Lactation Biology Symposium: Role of colostrum and colostrum components on glucose metabolism in neonatal calves. *Journal of Animal Science*, *91*(2), 685-695. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5758>
- Hare, K. S., Pletts, S., Pyo, J., Haines, D., Guan, L. L., y Steele, M. (2020). Feeding colostrum or a 1: 1 colostrum: whole milk mixture for 3 days after birth increases serum immunoglobulin G and apparent immunoglobulin G persistency in Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*, *103*(12), 11833–11843. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18558>
- Haro, F. (2008). Importancia de la alimentación con calostro en terneros. *Revista Bioleche*, *2*, 14–17.
- Hernandez, D., Nydam, S., Godden, L., Bristol, A., Kryzer, J., Ranum, y D. Schaefer. (2016). Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves. *The Veterinary Journal*, *211*, 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.11.004>
- Hurley, W., y Theil, P. (2011). Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk. *Nutrients*, *3*(4), 442–474. <https://doi.org/10.3390/nu3040442>
- Jaster, E. (2005). Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G1 absorption in Jersey calves. *Journal of Dairy Science*, *88*(1), 296–302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72687-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72687-4)
- Jiménez, O. (2021). *Determinación de la calidad del calostro en vacas lecheras en fincas del municipio Luperón, provincia Puerto Plata* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña). Repositorio Institucional Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. <https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/3873/Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20del%20calostro%20en%20vacas-Odile%20Polanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kargar, S., Roshan, M., Ghoreishi, S., Akhlaghi, A., Kanani, M., Shams-Abadi, A., y Ghaffari, M. (2020). Extended colostrum feeding for 2 weeks improves growth performance and reduces the susceptibility to diarrhea and pneumonia in neonatal Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *103*(9), 8130–8142. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18355>
- Kehoe, S., Heinrichs, A., Moody, M., Jones, C., y Long, M. (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine

- colostrum. *The Professional Animal Scientist*, 27(3), 176–180. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30471-X](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30471-X)
- Kehoe, S., Jayarao, B., y Heinrichs, A. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4108–4116. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0040>
- Leyán, V., Wittwer, F., Contreras, P. A., y Kruze, J. (2004). Concentraciones de inmunoglobulinas séricas y calostrales de vacas selenio-deficientes y en el suero sanguíneo de sus terneros. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 36(2), 155–162. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2004000200006>
- Lopéz, A., y Heinrichs, A. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 2733-2749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>
- Matamala-Capponi, N. (2014). *Evaluación en terreno de la calidad del calostro en vacas de lecherías de alta producción, medido a través de dos métodos* (Tesis de licenciatura, Universidad de Chile). Repositorio institucional de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131831/Evaluaci%C3%B3n-en-terreno-de-la-calidad-del-calostro-en-vacas-de-lecher%C3%ADas-de-alta-producci%C3%B3n%2C-medido-a-trav%C3%A9s-de-dos-m%C3%A9todos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- McGuirk S., y Collins M. (2004). Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 20(3), 593–603. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.005>
- Miyazaki, T., Okada, K., y Miyazaki, M. (2017). Neonatal calves coagulate first-milking colostrum and produce a large curd for efficient absorption of immunoglobulins after first ingestion. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7262–7270. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12808>
- Moore, M., Tyler, J., Chigerwe, M., Dawes, M., y Middleton, J. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(8), 1375–1377. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1375>
- Morin, D., McCoy, G., y Hurley, W. (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(4), 747-753. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75994-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75994-0)

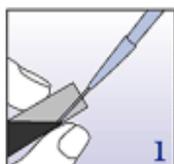
- Nemocon-Cobos, A. M., Angulo-Arizala, J., Gallo-Marín, J. A., y Mahecha-Ledesma, L. (2020). Alimentación: factor estratégico durante la crianza artificial de terneros provenientes de lecherías. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 790–806. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40217>
- Pavan, M. (2018). *Guía de manejo sustentable y de buenas prácticas en la crianza artificial de terneras de tambo de 0 a 60 días* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68200>
- Salazar-Acosta, E., y Elizondo-Salazar, J. (2019). El tratamiento térmico del calostro aumenta la absorción de inmunoglobulinas G en terneras Holstein. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 229–238. <https://hdl.handle.net/10669/79810>
- SAS Institute. (2022). SAS/STAT 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.
- Scholz, H., Knutzen, G., Fischer, B., y Wähner, M. (2011). Einflussfaktoren auf die Qualität der Kolostralmilch von Milchkühen. *Züchtungskunde*, 83(2011), 396-405. <https://www.zuechtungskunde.de/einflussfaktoren-auf-die-qualitaet-der-kolostralmilch-von-milchkuehen,QUIEPTI1OTM4MzEmTUIEPTY5MTQy.html>
- Shivley, C., Lombard, J., Urie, N., Haines, D., Sargent, R., Koprak, C., y Garry, F.. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9185–9198. 10.3168/jds.2017-14008
- Silva-del-Río, N., Rolle, D., García-Muñoz, A., Rodríguez-Jiménez, S., Valdecabres, A., Lago, A., y Pandey, P. (2017). Colostrum immunoglobulin G concentration of multiparous Jersey cows at first and second milking is associated with parity, colostrum yield, and time of first milking, and can be estimated with Brix refractometry. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5774–5781. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12394>
- Steinhoff-Wagner, J., Zitnan, R., Schönhusen, U., Pfannkuche, H., Hudakova, M., Metges, C., y Hammon, H. M. (2014). Diet effects on glucose absorption in the small intestine of neonatal calves: Importance of intestinal mucosal growth, lactase activity, and glucose transporters. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6358–6369. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8391>
- Stott, G., Marx, D., Menefee, B., y Nightengale, G. (1979). Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *Journal of Dairy Science*, 62(10), 1632–1638. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(79\)83472-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(79)83472-4)

- Triple J Farms. (2022). Radial immunodiffusion plates procedure. <https://kentlabs.com/jjj/product/bovine-igg-test-kit-radial-immunodiffusion-test-kit/>
- Van Soest, B., Cullens, F., VandeHaar, M. J., y Nielsen, M. W. (2020). Effects of transition milk and milk replacer supplemented with colostrum replacer on growth and health of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 12104–12108. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18361>
- Van Soest, B., Nielsen, M. W., Moeser, A. J., Abuelo, A., y VandeHaar, M. J. (2022). Transition milk stimulates intestinal development of neonatal Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 7011-7022. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21723>
- Wallace, M., Jarvie, B., Perkins, N., y Leslie, K. (2006). A comparison of serum harvesting methods and type of refractometer for determining total solids to estimate failure of passive transfer in calves. *The Canadian Veterinary Journal*, 47(6), 573. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1461409/>
- Weaver, D., Tyler, J., Vanmetre, D., Hostetler, D. y Arrington, G. (2000). Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14, 569–577. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x>
- Williams, D., Pithua, P., Garcia, A., Champagne, J., Haines, D., y Aly, S. (2014). Effect of three colostrum diets on passive transfer of immunity and preweaning health in calves on a California dairy following colostrum management training. *Veterinary Medicine International*, 2014(2014), 698741. <https://doi.org/10.1155/2014/698741>
- Yang, M., Zou, Y., Wu, Z. H., Li, S. L., y Cao, Z. J. (2015). Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7153–7163. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9238>

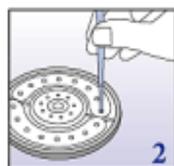
CAPÍTULO VIII APÉNDICES

Apéndice 1

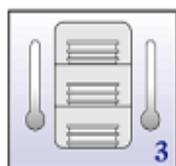
Pasos para procesar las muestras con el kit de RID



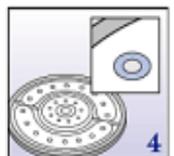
Recolectar el suero con una pipeta de 5 μ L



Colocar el suero en los platos y anotar las posiciones.



Guardar los platos e incubarlos por 24 horas.

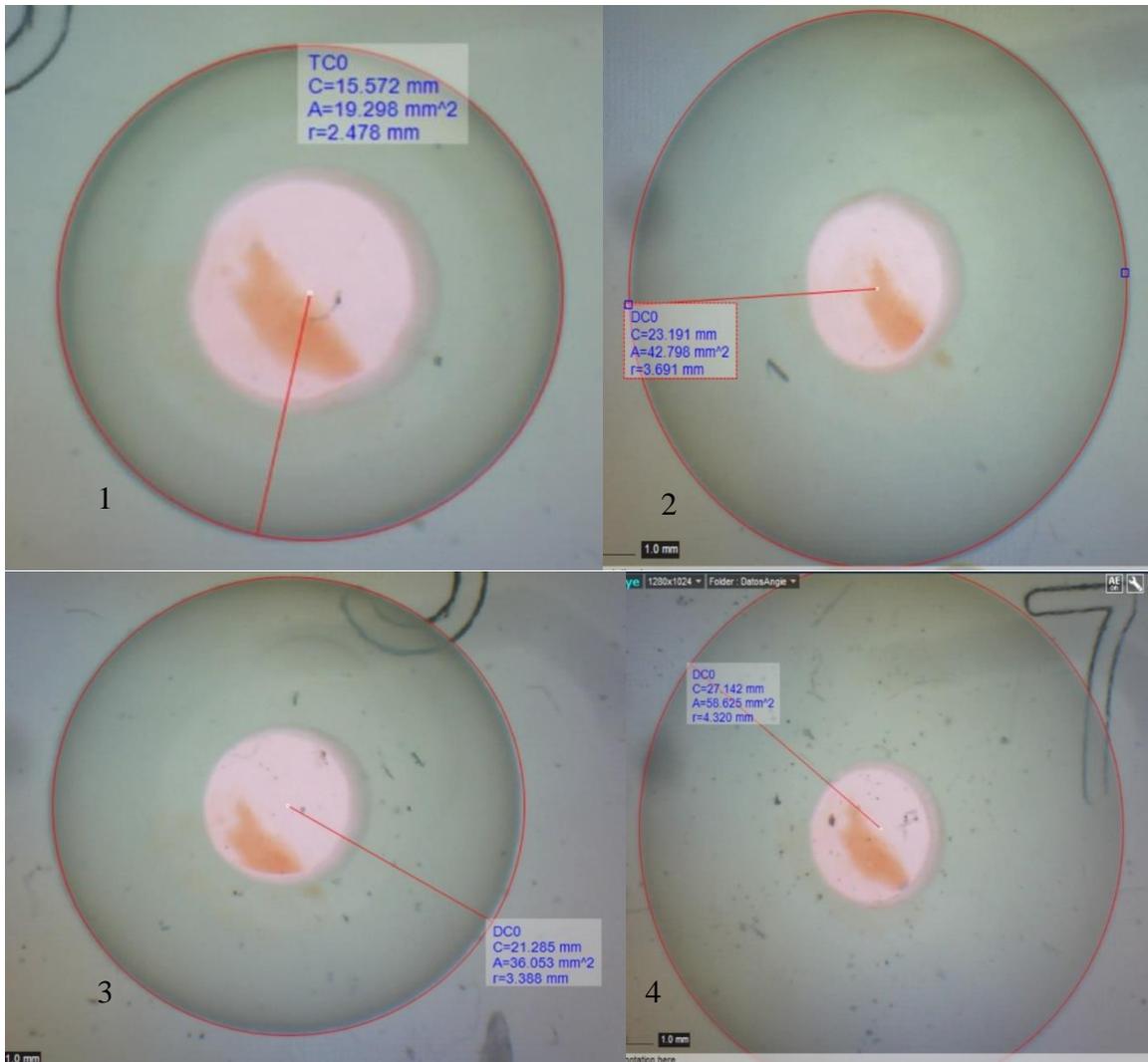


Se hace la lectura, midiendo el diámetro del anillo formado y se calculan los resultados según la concentración del control brindado.

Fuente: Triple J Farms, 2022.

Apéndice 2

Imágenes proyectadas en una computadora para la medición del diámetro de los anillos precipitados, utilizando el software Dinocapture 2.0.



Fuente: elaboración propia.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES DE
GRADUACIÓN
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**

Atenas, 19/10/2023.

Señores/as

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores/as:

Nombre de sustentantes	Cédula
Angie Yoseth Bolaños Rodríguez	2-0730-0721

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado:

Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras alimentadas con leche de transición y leche entera.

El cual se presenta bajo la modalidad de:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación

Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 13/09/2023, autorizamos a la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, para que este trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Autorizamos	SI	No
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X	
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X	
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X	
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X	
Consulta electrónica con texto protegido	X	
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X	
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X	

Por otra parte, declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, se exime de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma
Angie Yoseth Bolaños Rodríguez	2-0730-0721	

Día: 19/10/2023