

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Efecto de la pasteurización de calostro de diferente calidad sobre la absorción de inmunoglobulinas en terneras Holstein.

Ericka Melissa Salazar Acosta

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2017

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

| | |
|---|--------------------------|
| _____ | Director de tesis |
| Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph. D. | |
| _____ | Miembro del tribunal |
| Ing. Augusto Rojas Bourrillón, M. Sc. | |
| _____ | Miembro del tribunal |
| Ing. Carlos Campos Granados, Lic. | |
| _____ | Miembro del tribunal |
| Ing. Michael López Herrera, M. Sc. | |
| _____ | Sub-directora de Escuela |
| Ing. Catalina Salas Durán, Ph. D. | |
| _____ | Sustentante |
| Ing. Ericka Salazar Acosta, Bach. | |

DEDICATORIA

*A Dios por darme la fuerza y el entendimiento para
continuar cada día.*

*A mis padres, por ser la ayuda, el soporte y el apoyo
incondicional en cada etapa vivida.*

AGRADECIMIENTO

En primera instancia quiero agradecer a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida; los sueños que se trabajan con esfuerzo y dedicación se cumplen, y puedo dar fe de ello.

Mis padres, Alfonso Salazar Rojas y Monique Acosta Sotillo son quienes después de Dios han estado conmigo en las buenas y en las malas, en las alegrías y tristezas, y por lo tanto son a quienes nunca me alcanzará la vida para terminar de agradecerles cada una de las grandes acciones que han hecho por mí. Gracias por guiarme por el buen camino y gracias por no dejarme sola en mis peores momentos.

Mis hermanos, tíos, abuelos y demás familiares, así como mis amigos y amigas, que me acompañaron en todo el proceso, siempre animándome y entendiendo cada paso que di en el estudio.

Agradezco a don Jorge Alberto Elizondo Salazar, profesor, mentor y ejemplo para mi vida, por todo su apoyo, confianza y conocimiento brindado.

A la Hacienda La Holanda, principalmente a don Arturo Barboza y Rodolfo Camacho, protagonistas de este arduo trabajo realizado y colaboradores incondicionales para que este trabajo pudiera culminarse con éxito.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|--|--------|
| HOJA DE APROBACIÓN..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| ÍNDICE GENERAL..... | v |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVOS..... | 3 |
| a. General:..... | 3 |
| b. Específicos:..... | 3 |
| MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 1. Producción y composición del calostro bovino..... | 4 |
| 2. Factores que afectan la calidad del calostro..... | 7 |
| 3. Absorción de Inmunoglobulinas..... | 9 |
| 4. Factores que afectan la Transferencia de Inmunidad Pasiva (TIP)..... | 11 |
| 5. Pasteurización de Calostro..... | 13 |
| 6. Refractómetro Brix..... | 16 |
| 7. Kit de Inmuno Difusión Radial..... | 17 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 18 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 23 |
| 1. Calidad Nutricional y Microbiológica del calostro..... | 23 |
| 2. Efecto del tratamiento sobre PST, °Brix e IgG en suero sanguíneo..... | 25 |
| 3. Peso y talla de terneras desde el nacimiento hasta 8 semanas de vida..... | 30 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 36 |
| LITERATURA CITADA..... | 38 |
| ANEXOS..... | 45 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|---|--------|
| 1. Composición nutricional del calostro en el primer ordeño..... | 6 |
| 2. Carga bacteriana en muestras de calostro antes y después de la pasteurización..... | 14 |
| 3. Composición de calostro según distintos tratamientos..... | 15 |
| 4. Calidad nutricional del calostro suministrado de acuerdo al tratamiento..... | 23 |
| 5. Calidad microbiológica del calostro según cada tratamiento..... | 24 |
| 6. Contenido de Inmunoglobulinas G por Litro de Calostro según tratamiento..... | 24 |
| 7. Proteína sérica total (g/L) determinada por refractómetro de mano y digital, según tratamiento..... | 25 |
| 8. Grados Brix determinados por refractómetro digital, según tratamiento..... | 27 |
| 9. Inmunoglobulinas G determinadas por medio del kit IDR en suero sanguíneo, según tratamiento..... | 28 |
| 10. Peso vivo en kilogramos, por semana de vida y tratamiento..... | 30 |
| 11. Ganancia diaria de peso (GDP) en gramos, por semana de vida y tratamiento..... | 31 |
| 12. Circunferencia torácica (cm), por semana de vida y tratamiento..... | 32 |
| 13. Altura a la cruz (cm), por semana y tratamiento..... | 33 |
| 14. Altura a la cadera (cm), por semana y tratamiento..... | 34 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Evolución de la concentración de IgG de vacas lecheras en los 16 primeros ordeños post-parto..... | 4 |
| 2. Absorción intestinal de Inmunoglobulinas provenientes del calostro..... | 10 |
| 3. Coeficiente de correlación y de determinación entre las variables grados Brix e IgG..... | 29 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexo | Página |
|---|--------|
| 1. Instrucciones de uso del kit de IDR de Triple J Farms..... | 45 |

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de la pasteurización de calostro bovino de distinta calidad sobre la absorción de inmunoglobulinas (Igs) en terneras Holstein recién nacidas, mediante dos etapas de trabajo que se basaron en una primer fase de recolección de calostros aleatoria, provenientes de vacas sanas de la Zona Alta de Vásquez de Coronado, San José, Costa Rica, y la segunda fase de suministro de calostro y análisis de suero sanguíneo. Una vez obtenidos 140 L de calostro requerido, se procedió a la separación del mismo según su calidad, considerando la clasificación de buena calidad a valores iguales o mayores de 50g de Igs/L de calostro y de mala calidad a valores entre 10 y 45g de Igs/L. Se realizó un pool de calostros con el fin de separar cuatro tratamientos que serían de 3,6 litros cada uno, los cuales estarían clasificados en Alta Calidad Pasteurizado, Alta Calidad sin Pasteurizar, Baja Calidad Pasteurizado y Baja Calidad sin Pasteurizar. Se realizó un análisis de calidad inmunológica, nutricional y microbiológica a cada tratamiento y posteriormente se suministraron los calostros a 28 terneras (7 animales por tratamiento) de manera aleatoria por medio de un alimentador esofágico. Seguidamente, en un lapso de 24 a 36 horas después de suministrado, se realizó una venopunción yugular con el fin de extraer aproximadamente 10ml de sangre de las terneras. La sangre se analizó 24 horas después de ser extraída, centrifugada y separándose el suero sanguíneo únicamente; se realizó la lectura por medio de distintos refractómetros que proveyeron una lectura de la concentración de la proteína sérica total (g/dL de suero sanguíneo) y grados Brix. Además con el kit de Inmunodifusión Radial se determinó la concentración sérica de IgGs (g/L). Las terneras tratadas fueron evaluadas y medidas en peso, altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica desde su nacimiento hasta las 8 semanas posteriores al mismo. El análisis de la información se efectuó por medio de un diseño factorial 2x2 y su correspondiente ANDEVA para cada variable estudiada. Los resultados demostraron que la calidad microbiológica y nutricional del calostro pasteurizado fue el esperado de acuerdo a la metodología aplicada; el calostro pasteurizado mejoró la absorción de IgGs en las terneras según tratamiento ACCP, ACSP, BCCP y BCSP respectivamente, con datos en suero sanguíneo de PST (g/L) de $6,7 \pm 0,5$; $5,50 \pm 0,5$; $4,7 \pm 0,3$ y $4,0 \pm 0,2$; grados Brix (%) de $10,4 \pm 0,7$; $8,8 \pm 0,7$; $8,2 \pm 0,6$ y $7,6 \pm 0,3$ e IgGs (g/L) de $22,8 \pm 3,8$; $15,6 \pm 1,8$; $8,0 \pm 0,7$ y $3,9 \pm 0,9$; todas con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$); los datos de peso y talla no tuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. Se concluyó que la calidad y pasteurización del calostro afecta significativamente la Transferencia de Inmunidad Pasiva (TIP) que se dé en las terneras, influyendo en su salud, aunque no directamente en su crecimiento.

INTRODUCCIÓN

El calostro se define como la primera secreción láctea de los mamíferos obtenida después del parto (Campos et al. 2007), cuya principal importancia consiste en la transferencia de inmunidad pasiva a la cría que lo ingiere. El manejo en el suministro de calostro a terneras en lecherías especializadas, se ha venido incrementando y especializando en los últimos tiempos, por lo que nueva investigación que convenga a los productores de la importancia de dicha práctica en sus fincas, es de gran utilidad para el sector lechero del país.

La composición habitual de un calostro, en términos de inmunoglobulinas, se basa en un 70 a un 80% de Inmunoglobulinas (Ig) G, de un 10-15% de Ig M y de un 10 a un 15% de Ig A, por lo que se convierten en un alimento indispensable para activar la inmunidad de los recién nacidos, además de proveer energía, vitaminas liposolubles (A, D y E) y sales minerales, así como estimular los movimientos intestinales mediante su efecto laxante en la eliminación del meconio (Campos et al. 2007).

Durante las primeras 24 horas de vida, el intestino delgado permite el paso intacto de moléculas grandes, como las inmunoglobulinas, por lo que un consumo temprano y de una alta calidad del calostro es el factor independiente de mayor importancia para obtener mayores índices de sobrevivencia y menos enfermedades en terneras (Elizondo 2007a). El contenido de IgG presente en suero sanguíneo se determina mediante valores de proteína sérica total; según un estudio realizado por Sánchez et al. (2012), una concentración menor a 5,5 g/dL en Proteína Sérica Total (PST), se considera como falla en la adquisición de inmunidad pasiva en las terneras (FTIP).

El método utilizado para el suministro de dicho calostro es de gran relevancia cuando se busca obtener los mejores niveles de transferencia de inmunidad pasiva (TIP), por este motivo es que Elizondo (2008) describe las principales ventajas del uso del alimentador esofágico en la alimentación de terneras recién nacidas, dentro de las cuales se encuentran el control sobre el tiempo y cantidad de calostro que se suministra y por lo tanto asegurar que consuman una cantidad adecuada en su primera toma.

Las bacterias presentes en el calostro son capaces de unirse a las Igs e impedir la adherencia óptima en las mucosas intestinales, de esta manera al reducir la carga microbiológica, se refleja una disminución de la población de patógenos en el intestino y así los anticuerpos estarán libres para ser absorbidos. De igual manera las bacterias también se unen a los receptores no específicos en los enterocitos neonatales, por lo que entre más bacterias hayan, se disminuyen los receptores disponibles para las Igs (Elizondo y Heinrichs 2009a).

Por lo anteriormente citado, la pasteurización es una técnica práctica que permite la reducción significativa del contenido bacterial en el calostro; Elizondo et al. (2009) demostraron que la temperatura y el tiempo óptimo para disminuir el conteo microbiano sin afectar la viscosidad ni el contenido de inmunoglobulinas G en calostro, corresponden a 60°C durante 30-60 minutos, respectivamente.

Las fallas en la transferencia de inmunidad pasiva están correlacionadas con pérdidas económicas debido a la susceptibilidad a enfermedades, muerte de terneras y por lo tanto un impacto negativo en la futura producción de la explotación lechera (McGuirk y Collins 2004), ya que la mayoría de pérdidas neonatales en los sistemas se relacionan con bajas concentraciones séricas de IgG, pudiéndose aseverar que hubo un inadecuado calostrado de las crías, reflejándose por tanto en una inadecuada ingestión y/o absorción, excesivo tiempo transcurrido post-parto para la toma del calostro, o bien problemas en la formación de calostro de las madres bovinas.

El propósito de la presente investigación consiste en medir la absorción de IgG en suero sanguíneo en terneras de la raza Holstein, mediante el suministro de calostro de diferentes calidades, pasteurizado y sin pasteurizar, con el fin de determinar la eficacia en la pasteurización y mejorar la transferencia de inmunidad pasiva en fincas de lechería especializada.

OBJETIVOS

a. General:

Determinar el efecto de la pasteurización y la concentración de inmunoglobulinas del calostro sobre la transmisión de inmunidad en terneras Holstein recién nacidas.

b. Específicos:

1. Identificar la concentración de inmunoglobulinas presente en calostro recolectado y pasteurizado.
2. Cuantificar la cantidad de inmunoglobulinas absorbidas por las terneras según la calidad y pasteurización de calostro suministrado.
3. Determinar las diferencias en los valores de proteína sérica total e inmunoglobulinas en suero sanguíneo según el tratamiento aplicado.

MARCO TEÓRICO

1. Producción y composición del calostro bovino.

1.1. Producción de calostro.

El calostro es producido en la glándula mamaria mediante el proceso llamado calostrogénesis, aproximadamente 21 días antes del parto, sin embargo el transporte de inmunoglobulinas del suero sanguíneo a la glándula mamaria se da ciertas semanas antes del inicio de ésta bajo la influencia de las hormonas lactogénicas, principalmente la prolactina, y los factores de regulación local, donde los receptores epiteliales de la glándula mamaria facilitan la transferencia de dichas inmunoglobulinas (McGuirk y Collins 2004). Cerca de 500 g/semana de IgG pueden ser transferidas durante la calostrogenésis hasta que se da la inducción final de prolactina para la síntesis del calostro justo antes del parto, cuando se da la interrupción abrupta de transferencia de IgGs de la sangre a la glándula mamaria, al parir (McGuirk y Collins 2004).

La calidad del calostro que se produce inicialmente en el parto posee una evolución en su composición de inmunoglobulinas, ya que conforme la vaca es ordeñada el porcentaje de anticuerpos disminuye rápidamente, de tal manera en el segundo ordeño posee entre un 60 a un 70% de las Igs iniciales (Berra et al. 1999). En la Figura 1, se observa la cantidad de IgG presente en los primeros ocho días de lactancia de vacas recién paridas.

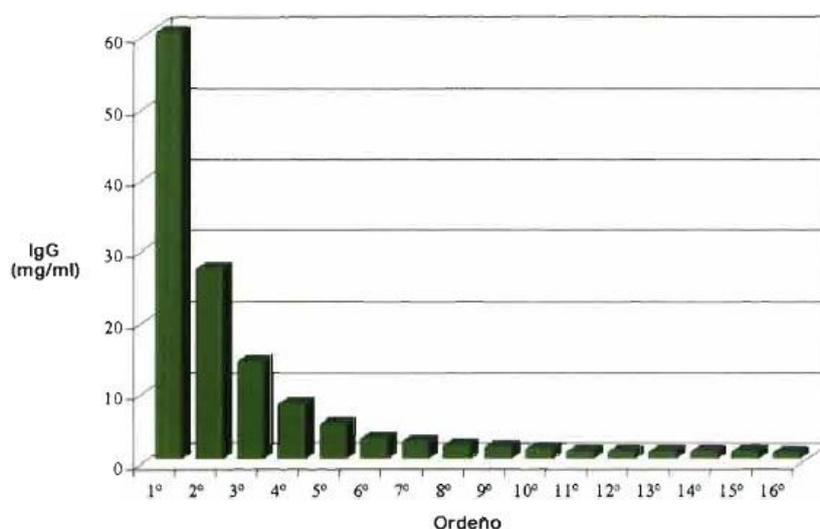


Figura 1. Evolución de la concentración de IgG de vacas lecheras en los 16 primeros ordeños post-parto (Álvarez 2002).

Elizondo (2015) indica que los principales factores que influyen sobre la concentración de Igs son el número de parto, la vacunación y el largo del período seco de las vacas lecheras, coincidiendo con Berra et al. (1999) los cuales afirman que las vacas más viejas generalmente tienen un porcentaje más alto de anticuerpos que las novillas en su primer parto, debido a que han sido expuestas a mayor cantidad de microorganismos que las jóvenes, así con cada exposición a las enfermedades el sistema inmune crea defensas que se verán reflejadas en una mayor variedad y cantidad de anticuerpos circulantes en el suero sanguíneo y por ende en el calostro.

Pritchett et al. (1991) determinaron los factores de mayor influencia en vacas Holstein, sin embargo no hubo mucha diferencia con lo reportado por Elizondo (2015) y Berra et al. (1999), determinando el número de parto de la vaca y el volumen del calostro al primer ordeño como las variables más significativas en correlación con la concentración de IgG, así como otros factores de importancia tales como la estación en la que se dé el parto, la duración del período seco y el intervalo entre partos. El volumen de producción del calostro es extremadamente variable, con rangos reportados de entre 2,8 a 26,5 L; una primera producción láctea menor a 8,5 L está asociada a una alta concentración de IgG generalmente (McGuirk y Collins 2004), lo que permitiría guardar cierta cantidad de dicho calostro de mejor calidad al considerar que la cría consume entre 3 y 4 L del mismo, que es lo recomendado.

1.2. Composición del Calostro.

El calostro sobrepasa la calidad nutritiva de la leche entera en casi todos sus componentes, por ejemplo, supera dos veces la cantidad de sólidos totales con una diferencia de 21-27% de un calostro promedio a 12-13% en una leche común, aproximadamente 4 veces las proteínas totales, 24 veces las inmunoglobulinas, 100 veces la tripsina y 2 veces la energía y la grasa, sin embargo la lactosa si se mantiene en menor proporción en el calostro que en la leche (Matamala 2014).

Elizondo (2015) indica que el calostro también provee al neonato carbohidratos, grasas y proteínas que funcionan como combustible metabólico, a la vez que aporta vitaminas y minerales que funcionan como cofactores en

procesos enzimáticos. La composición nutricional promedio contenida en un calostro se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición nutricional del calostro en el primer ordeño.

| Componente | Contenido |
|--------------------|-----------|
| Sólidos totales, % | 23,9 |
| Grasa, % | 6,7 |
| Proteína, % | 14,0 |
| Anticuerpos, % | 6,0 |
| Lactosa, % | 2,7 |
| Minerales, % | 1,1 |
| Vitamina A, µg/dL | 295,0 |

Fuente: Adaptado de Campos et al. (2007).

La calidad del calostro, aparte de los valores nutricionales antes mencionados, también es clasificada de acuerdo a su concentración de Igs por litro de calostro. Los diferentes tipos de inmunoglobulinas poseen funciones que las diferencian entre sí; la IgG presente en un 85% del total de Igs, identifica y actúa en la destrucción de patógenos tanto en torrente sanguíneo como en otras partes del cuerpo, la IgM con un 7% de presencia, permanece en sangre para actuar como primera línea de defensa en casos de septicemia o invasiones bacterianas y por último la IgA que representa un 5%, es la encargada de brindar protección a la mucosa intestinal y prevenir la adherencia de invasores patógenos (Casas y Canto 2015; Elizondo 2007c).

El origen de estas inmunoglobulinas (G, M y A) varía en el organismo de la vaca; la IgG se produce en la sangre, ya que es de origen humoral, y cruza la barrera mamaria mediante un mecanismo de transporte específico; las Igs A y M corresponden a inmunoglobulinas de origen local, por lo que son sintetizadas directamente en glándula mamaria (Casas y Canto 2015); y a pesar de sus importantes roles, la IgG presenta una cantidad predominante en comparación de las demás inmunoglobulinas, por lo que su concentración en suero sanguíneo la convierte en un punto de referencia para conocer el éxito de la transferencia de inmunidad pasiva, además que su concentración está asociada con la sobrevivencia y salud de las crías en el hato bovino (Elizondo 2007a).

Álvarez (2002) menciona que gracias a la acción nutritiva e inmunológica del calostro, los terneros tienen asegurado el aporte y la asimilación de nutrientes necesarios para su mantenimiento y crecimiento inicial, tanto como la acción inmunoprotectora durante las primeras 24 horas de vida, esencial para enfrentar el mundo repleto de patógenos que rodea a la cría.

En la actualidad, el uso del calostrómetro es una de las principales herramientas para estimar la calidad del calostro, sin embargo también existe la posibilidad de estimar ésta mediante una ecuación de regresión desarrollada por Fleenor y Stott en 1980 la cual es expresada de la siguiente manera: $Y = 254,716 X - 261,451$ ($r = 0,84$), donde Y es la concentración de Igs (%) y X la gravedad específica (Elizondo 2015).

2. Factores que afectan la calidad inmune del calostro.

Diferentes factores afectan la calidad del calostro y a continuación se muestran aquellos que están involucrados en los cambios de concentración inmunológica que sufre el calostro independientemente de la vaca que lo produce (Álvarez 2002, Elizondo 2007a, Fortín y Perdomo 2009, Matamala 2014 y Elizondo 2015):

▪ Número de Parto y/o Lactancia:

Como se mencionó anteriormente, las vacas de primer y segundo parto generalmente sintetizan un calostro con menor contenido de IgG. Las vacas de tercer parto en adelante han demostrado ser las que mayor concentración de anticuerpos depositan en sus calostros, de hasta 96 mg IgG/ml en promedio según Elizondo (2015).

Sánchez et al. (2012) mencionan este factor y atribuyen diferentes concentraciones en el calostro producido, el cuál varía significativamente por el factor de número de parto, donde conforme aumenta el número de parto así mismo incrementa la concentración de Ig/L de calostro y evidenciándose que las novillas son las que poseen, en promedio y proporción con el resto de vacas del hato, un contenido menor de inmunoglobulinas.

▪ Número de ordeño post-parto:

Acorde a lo observado en la Figura 1, conforme aumenta el número de ordeño así se va disminuyendo la concentración inmunológica del calostro producido; se comenta que el calostro es denominado como tal hasta el tercer a quinto día post-

parto (6-10 ordeños post-parto), luego es comúnmente llamado leche de transición; sin embargo al segundo día o cuarto ordeño la concentración de IgGs es casi la mitad que la producida el día 1.

- Intervalo entre el parto y el primer ordeño:

Una demora en la extracción del primer calostro implica una reducción significativa de hasta dos unidades porcentuales en la concentración de IgG. El goteo y “preordeños” antes del parto afectan negativamente la calidad del calostro, no solo desde el punto de vista inmune sino también sanitario debido al aumento en las probabilidades de aparición de mastitis; también es posible una reabsorción de las Igs de la madre, pasando de nuevo a vía sanguínea.

- Volumen producido:

Entre mayor sea el volumen de calostro secretado, menor será la concentración de Igs y demás componentes por un efecto de dilución en el mismo.

- Época del parto:

Se ha considerado que la época de parición influencia la calidad que presentará el calostro en las vacas, estimando que las altas temperaturas ambientales afectan la calostrogénesis, ya que el calor dificulta la transferencia de Igs del suero sanguíneo a la glándula mamaria para ser depositadas en el calostro.

- Partos prematuros:

Durante el parto se da una liberación de corticoides que frena el traspaso de Igs del suero a la glándula mamaria, de esta manera si el parto se adelanta, es posible que la vaca se encuentre en el momento de calostrogénesis y aún no se haya dado la transferencia total de las Igs al calostro.

- Vacunación y enfermedades de la vaca:

Tanto la vacunación en vacas gestantes como la superación de una enfermedad por parte de la madre, va a generar producción de anticuerpos en la vaca y así su posterior transferencia al calostro; no obstante en ciertos estudios se ha evidenciado que algunas patologías como la retención de placenta han afectado la presencia de Igs en el calostro debido a la presencia de glucocorticoides.

- Raza de la vaca y duración del período seco:

Diversos estudios se han llevado a cabo entre distintas razas con el fin de conocer el efecto de esta variable en la concentración de Ig en el calostro, y se ha llegado a la conclusión que la raza Holstein posee menor concentración principalmente asociada a una dilución, no obstante en Costa Rica no se han encontrado diferencias consistentes entre razas (Elizondo 2015). Si el período seco es muy corto, o sea menor a tres semanas, no habrá tiempo suficiente para acumular Ig en la glándula mamaria, por lo que la calidad del calostro será menor.

- Alimentación de la vaca:

Algunos estudios han indicado que la alimentación de la vaca no influye directamente en la calidad del calostro que esta producirá, sin embargo también se han reportado datos (Elizondo 2015) donde una mala nutrición provocará una disminución en el volumen del calostro producido y la calidad del mismo, por lo que se recomiendan dietas con valores de 14-15% de proteína cruda como mínimo en período seco.

3. Absorción de Inmunoglobulinas.

Los bovinos poseen un tipo de placenta llamada sindesmocorial, la cual evita que se transfieran inmunoglobulinas al feto antes de nacer, y por lo tanto es de vital importancia que la cría bovina consuma mediante el calostro la mayor cantidad de éstas, en las primeras horas de vida (Ameri y Wilkerson 2008). Debido a dicha condición, los terneros son considerados hipo o agammaglobulinémicos, por lo que la absorción de inmunoglobulinas calostrales es esencial para la adquisición de inmunidad pasiva (Francisco y Quigley 1993), ya que según estudios realizados por Ameri y Wilkerson (2008), en pruebas de inmunodifusión radial en sueros de terneros precalostrados, la cantidad de IgG es indetectable.

Durante las primeras 24 horas de vida, el intestino delgado permite el paso intacto de moléculas grandes, como lo son las inmunoglobulinas, por lo que un consumo temprano y de una alta calidad del calostro es el factor independiente de mayor importancia para obtener mayores índices de sobrevivencia y menos enfermedades en terneras (Elizondo 2007a).

El intestino del ternero recién nacido absorbe de manera no selectiva las moléculas de elevada dimensión, además de las Igs de distintas clases (IgA, IgG e IgM);

también son absorbidas las seroalbúminas, betalactoglobulinas, alfa-lactoalbúmina y también otro tipo de macromoléculas, lo que pone en evidencia una gran variabilidad en la eficacia de la absorción; se ha comprobado que la absorción intestinal es más elevada para las IgG (65% aproximadamente) que para las IgM (aproximadamente un 17%) (Ballarini 1993).

Con el fin de ejemplificar de mejor manera dicho proceso de absorción, a continuación se muestra el mecanismo realizado en la zona intestinal (Figura 2).

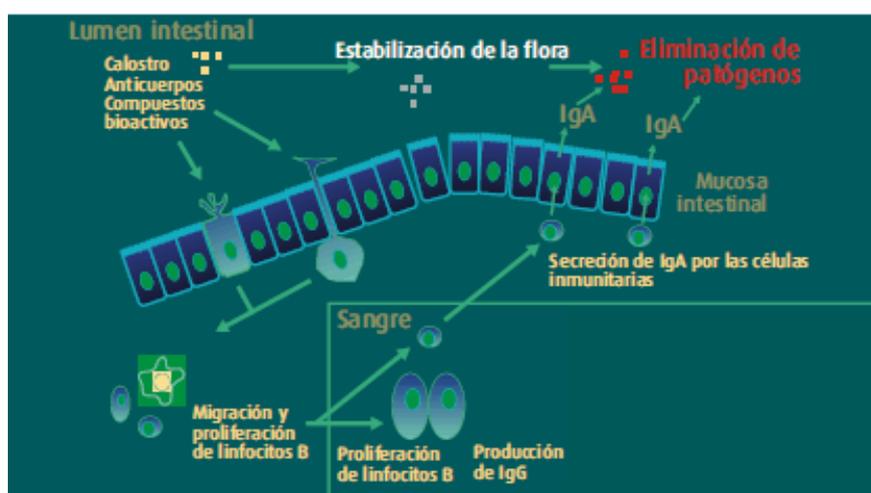


Figura 2. Absorción intestinal de Inmunoglobulinas provenientes del Calostro

Fuente: Adaptado de Jean-Philippe (2012).

Una vez absorbidas las Igs en el intestino delgado, se cuestiona a dónde se dirigen éstas, a lo que Quigley (2001) indica que el metabolismo posterior a la absorción duodenal de las IgGs se focaliza en tres escenarios: la excretada vía orina, vía heces y la que es enviada a torrente sanguíneo. En promedio la cantidad diaria que es excretada en la orina corresponde a un 2,52% y la mayoría de estas IgGs se encuentran completamente catabolizadas, en el excremento se encuentran un 1,5% donde la mayoría de inmunoglobulinas no han sido degradadas para ser expulsadas, es decir que el 4,02% de IgGs absorbidas se excreta diariamente por los terneros (Quigley 2001).

La absorción de una buena cantidad y calidad de calostro en el tiempo adecuado va a mejorar la presencia de Igs en suero sanguíneo y por lo tanto una correcta transferencia de inmunidad pasiva (Elizondo 2007a). Elizondo (2007b)

indica que la absorción se eficientiza al consumir un mayor volumen de calostro con alta concentración de Igs. En este trabajo también se determinó que la cantidad de IgG absorbidas fue dos veces mayor en terneras suministradas con calostro de alta calidad, que en aquellas terneras que habían ingerido un mal calostro. A su vez se puede decir que el suministrar 4L en lugar de 2L de calostro en el menor tiempo posible no satura los mecanismos de absorción intestinales; las IgGs poseen resistencia a la degradación proteolítica en el tracto digestivo, confirmando una vez más su capacidad de absorción en intestino delgado (Quigley 2001).

La proteína o albúmina sérica corresponde al 52% de la composición de proteínas totales en el plasma sanguíneo, desempeñando funciones fisiológicas de suma importancia en el transporte de ligandos endógenos y exógenos (Espinosa y Bonilla 2011). El contenido de IgG presente en suero sanguíneo se determina mediante valores de proteína sérica total; según un estudio realizado por Sánchez et al. (2012), una concentración menor a 5,5 g/dL se considera como falla en la adquisición de inmunidad pasiva en las terneras.

Francisco y Quigley (1993) indican que debe de tomarse con precaución el suministro inicial de calostro en la primera toma, ya que a pesar de que la concentración de Igs sérica y la concentración de Igs calostrales es curvilínea, ésta curva podría tornarse cuadrática, es decir que así como aumenta la absorción al haber mayor concentración de Igs, llegará a un punto de máximo de inflexión donde empezará a descender el valor absorbido por saturación. Al ingerir una gran cantidad de inmunoglobulinas en la primera toma, debido al cese de la absorción macromolecular y de esta manera una reducción en la eficiencia de absorción en las tomas subsiguientes. Estos autores proponen por lo tanto, verificar la calidad del calostro que se brindará, con la finalidad de dar lo necesario y no más de lo requerido por la cría.

4. Factores que afectan la Transferencia de Inmunidad Pasiva (TIP).

De la misma manera en que se explicaron los factores que afectaban la calidad y cantidad del calostro producido, Aricada et al. (2004), Sánchez et al. (2012), Elizondo y Rodríguez (2013), González et al. (2014), Luque (2014), Menares (2011) y Arroyo y Elizondo (2014) indicaron las principales fallas en la TIP, denominándose

así a las condiciones y eventos que perjudican la absorción de IgGs en los terneros bovinos.

- Cantidad y calidad del calostro suministrado:

El ofrecimiento de calostro de mala calidad y de insuficiente cantidad es la primera causa de falla en la TIP en terneras, sin contar las fallas que puedan haber en la absorción intestinal del mismo. Es recomendable que las crías consuman al menos 2,8-3 L de calostro como mínimo en casos de no conocerse la calidad del mismo, y en caso de conocerse, se consideraría una buena calidad valores de ≥ 50 g Ig/L.

- Raza de la cría:

Diversos estudios han demostrado que las principales diferencias entre razas se deben a cambios en el peso vivo de los neonatos, demostrándose que por lo general las crías Holstein son más grandes y con mayor volumen de plasma sanguíneo, presentando menores valores de proteína sérica total (PST) que las de la raza Jersey.

- Método de alimentación del calostro:

Entre el amamantamiento directo de la vaca, el chupón y el uso del alimentador esofágico hay gran variabilidad en el consumo y por ende en la absorción de Igs por parte de los terneros, pudiéndose asegurar que los animales calostrados con alimentador esofágico tuvieron una mejor TIP, seguidos por los de chupón y por último los que fueron amamantados por sus madres.

- Tamaño del Hato:

Específicamente el tamaño del hato no es lo que ocasione las fallas en la TIP sino más bien el manejo de los animales, sin embargo Arroyo y Elizondo (2014) demostraron que las crías provenientes de fincas con menos de 100 y más de 300 animales en total fueron las que obtuvieron menores valores de PST con evidencia estadística altamente significativa.

- Sexo de la cría:

Aunque no sea de gran relevancia el cambio que hay entre la absorción de machos y hembras, sí se han podido apreciar distinciones en PST, siendo los machos los más desfavorecidos al recibir la TIP debido a dos principales motivos: poseen mayor peso y por lo tanto un efecto de dilución por el mayor volumen de

plasma sanguíneo presente en los mismos, así como la poca importancia de estos en los sistemas de lechería especializada por lo que no son inmunizados generalmente.

- Período de tiempo transcurrido entre el nacimiento y el consumo de calostro:

Entre más tiempo transcurra, menor será la capacidad intestinal de absorción de Igs por lo que se recomienda que el suministro del calostro sea entre las 0 y 12 horas post nacimiento como máximo, no obstante los mejores valores en la TIP se expresan en animales alimentados a las 0 horas (30 minutos aproximadamente) y hasta las 2 horas subsiguientes, luego de 6 horas aumenta el riesgo de FTIP.

5. Pasteurización de Calostro.

La pasteurización consiste en una técnica que permite la reducción significativa en el contenido bacteriano del calostro, por lo que la transmisión microbiana por esta vía hacia las crías se verá minimizada si se pone en práctica dicha técnica; sin embargo en el pasado se consideraba que al efectuar esta práctica se afectaría negativamente la concentración de IgG e incrementaría la viscosidad del mismo (Elizondo y Heinrichs 2009b), no obstante, Elizondo et al. (2009) desmienten dicha afirmación y comprueban que no hay cambios drásticos en las propiedades físicas y nutricionales en el calostro que haya sido pasteurizado.

Además de la importancia encontrada con respecto a la optimización en la absorción de Igs, la pasteurización elimina factores patógenos de enfermedades como la enfermedad de Johne's, Salmonellosis, *Mycoplasma* y *E. coli* genérica (Kirk 2003). En el caso de la *Neospora*, se ha determinado que la principal vía de infección corresponde a la transmisión vertical o transplacentaria, descartándose que se logre la infección de terneros alimentados con calostro proveniente de vacas infectadas (Martínez et al. 2012). En el Cuadro 2 se proporciona evidencia de la importancia en reducción de la carga microbiana en el calostro.

Cuadro 2. Carga bacteriana en muestras de calostro antes y después de la pasteurización.

| Lote de pasteurización | Coliformes Totales, UFC 100 mL ⁻¹ | | Coliformes fecales, UFC 100 mL ⁻¹ | |
|------------------------|---|---------|---|---------|
| | Antes | Después | Antes | Después |
| 1 | 167 | 2 | 163 | 0 |
| 2 | 250 | 0 | 112 | 1 |
| 3 | 12 | 6 | 8 | 0 |

Fuente: Adaptado de González et al. (2015).

Elizondo et al. (2009) demostraron que la temperatura y el tiempo óptimos para disminuir el conteo microbiano sin afectar la viscosidad ni el contenido de inmunoglobulinas G en calostro, corresponden a 60°C durante 30-60 minutos respectivamente, y González et al. (2014) demostraron igualmente que a 60°C por 60 minutos se reducen significativamente las bacterias presentes en el calostro sin afectar la transferencia de inmunidad pasiva, y que para optimizar dicha TIP se deben ofrecer cuatro tomas, de las cuales dos sean en las primeras seis horas de vida.

En relación con la carga de bacterias en el calostro después del proceso de pasteurización, es evidente una reducción significativa en el número de bacterias del mismo, por lo que dicha disminución influye en una mayor absorción de Igs. Las bacterias presentes en el calostro pueden unirse a los receptores no específicos en los enterocitos de terneras recién nacidas, por lo tanto el número de receptores disponibles para la absorción de Ig disminuye (González et al. 2014). Además se pueden unir a las Ig libres en el lumen intestinal o bloquear directamente la entrada y el transporte de las moléculas de Ig a través de las células intestinales, interfiriendo por tanto en la absorción pasiva de Ig del calostro.

Es importante recalcar que el perfil nutricional del calostro varía al encontrarse altamente contaminado con bacterias y/o tratado térmicamente (pasteurizado); es por este motivo que Elizondo y Heinrichs (2009a) investigaron acerca de dicha composición y los resultados de estos análisis se encuentran en el Cuadro 3, con el fin de visualizar los posibles cambios que presentará el calostro suplementado a las terneras que haya sido tratado térmicamente.

Cuadro 3. Composición de calostro según distintos tratamientos.

| Parámetros y Componentes | Tratamiento del Calostro | | |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| | Sin pasteurizar-bajo en bacterias. | Sin pasteurizar-alto en bacterias. | Pasteurizado |
| Gravedad específica, g/mL | 1,071 | 1,071 | 1,072 |
| pH | 6,11 | 4,83 | 6,11 |
| Grasa, % | 5,69 | 5,93 | 5,67 |
| Proteína, % | 16,79 | 16,82 | 16,46 |
| Lactosa, % | 9,47 | 8,51 | 9,51 |
| Cenizas, % | 4,79 | 4,77 | 4,72 |
| Ca, mg/kg | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| P, mg/kg | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| Mg, mg/kg | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Na, mg/kg | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| K, mg/kg | 0,15 | 0,17 | 0,15 |
| Vit E, µg/g | 1,55 | 2,24 | 2,13 |

Fuente: Adaptado de Elizondo y Heinrichs (2009a).

Entre los valores que más varían, se encuentra por supuesto el pH que entre más bacterias haya consumiendo lactosa, incrementa el nivel de ácido láctico y esto consecuentemente hace que disminuya el pH en el calostro que se encuentra sin pasteurizar y muy contaminado; además es posible afirmar que la teoría antes mencionada es evidente pues el nivel de lactosa en ese mismo tratamiento es menor que en los demás.

Con respecto al valor nutricional, también se evidencia que los nutrientes no se ven comprometidos por la presencia de bacterias o por el efecto de un calentamiento, por lo que teóricamente el calostro que se vaya a pasteurizar permanecerá con la misma composición nutricional sin variar significativamente entre tratamientos.

6. Refractómetro Brix

El calostro además de poseer grasa, proteína, lactosa y demás minerales, está ampliamente conformado por azúcares que le permiten completar la nutrición a la ternera en sus primeras horas de vida, dichos componentes son considerados sólidos solubles que pueden ser medidos fácilmente por un refractómetro Brix. Según Lozic (2013), la escala de grados Brix se utiliza para indicar el contenido de azúcar de una solución, pero esta escala ha sido adaptada para su uso en las explotaciones pecuarias, específicamente en lecherías, pues se ha demostrado mediante diversas investigaciones (Biemann et al. 2010, Lozic 2013, Quigley et al. 2013, Chahin 2014, Deelen et al. 2014) que el uso de este refractómetro permite correlacionar la cantidad de Inmunoglobulinas G presente en el calostro con respecto a los grados Brix determinados en el mismo.

Los grados Brix miden la concentración de sacarosa, sin embargo cuando es utilizada en líquidos alternativos a su uso tradicional, en este caso el calostro, aproxima el porcentaje de sólidos séricos totales y lo traduce indirectamente en contenido de IgG presente en suero sanguíneo; permitiendo entonces una herramienta de fácil acceso para ser utilizada en el monitoreo inmunológico de terneras en finca (Hernández et al. 2016).

Este tipo de refractómetros puede ser utilizado directamente en calostro, o bien en suero sanguíneo para determinar de manera correlacionada el valor de inmunoglobulinas, alternativamente al uso de la variable proteína sérica total (PST) que tradicionalmente es medido en finca. Hernández et al. (2016) indica que el porcentaje de grados Brix posee una alta correlación con respecto al valor de PST, la cual tuvo un $R=0,91$, no obstante cuando se trata del valor de IgG como tal, la correlación disminuye a un $R=0,79$. Si se trata de la medición directa del calostro, se desean valores de 18 a 22° Brix (Biemann et al. 2010, Lozic 2013) que son semejantes a determinar un calostro de buena calidad de 50 Ig/L en adelante. Las correlaciones entre Igs y Brix para calostro fueron de $R= 0,89$ para Chahin (2014).

7. Kit de Inmuno Difusión Radial

En el ámbito sanitario, tal y como se mencionó con anterioridad, la falla en la transmisión de inmunidad pasiva lleva incluso a la muerte a las terneras mal calostradas. Por lo que en la actualidad, aparte de los métodos tradicionales que se conocen y que han sido definidos en este documento, se cuenta con la inmunodifusión radial, la cual permite conocer de manera más precisa y exacta la calidad de TIP que cada ternera obtuvo por medio del análisis en suero sanguíneo.

Según Ameri y Wilkerson (2008), el kit de IDR consiste en un método que utiliza tipos específicos de anticuerpos que miden directamente el suero sanguíneo bovino para obtener el dato de Igs o IgG dependiendo de su exactitud, y por ende en la actualidad se considera parte de las herramientas bioquímicas más valiosas con las que se cuenta.

Entre los kits que se comercializan a nivel mundial se encuentran los de la casa comercial de Triple J Farms, los cuáles están conformados por platos diseñados con distintos pozos precipitantes, en donde es colocada una muestra patrón con un contenido conocido de Ig, y posteriormente se completan los mismos con muestras de suero sanguíneo (Triple J Farms 2017).

Cada pozo forma un anillo en que se mide su diámetro con la finalidad de correlacionar la distancia de los mismos de acuerdo a su nivel de anticuerpos. Existen, aparte del bovino, kit para caprinos, llamas, alpacas, equinos y ovinos, lo que indica que a nivel de investigación, la salud calostrál e inmunológica de neonatos ha adquirido relevancia en los últimos años.

Parte de la utilidad de este tipos de kits en la industria bovina, consiste en que permite un grado de precisión y exactitud más elevado con respecto a la predicción de inmunoglobulinas, pues no sólo mide IgG total sino también diferencia entre IgG1, IgM e IgA (Leyan et al. 2004), no obstante, Lee et al. (2008) indican que a pesar de poderse hacer diferencia entre tipos de Igs, la concentración de IgG sigue siendo el predictor por excelencia en cuanto a niveles de inmunidad se trata.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento:

La recolección del calostro y el suministro del mismo se efectuó en la Finca La Holanda, lechería especializada, ubicada en Las Nubes de Coronado, San José, Costa Rica; temperatura promedio de 20°C, 1750 m.s.n.m y aproximadamente una humedad relativa del 85% en promedio (IMN 2016).

Manejo del Calostro:

Se inició con la recolección de calostro de vacas recién paridas; este se colectó en el primer ordeño realizado en la finca posterior al parto, o bien máximo 12 horas después del parto. Se pesó el calostro de cada una de las vacas ordeñadas y se determinó su valor de Ig/L (Biogenics 1980), además se tomaron datos tales como identificación, edad, número de parto, y raza de cada vaca ordeñada; el calostro colectado fue congelado en la finca antes mencionada y cuando se alcanzó el espacio máximo de disponibilidad, se trasladó a los congeladores de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata.

Cuando fueron recolectados 140 L de calostro, se procedió a la separación del calostro según su calidad, considerando la clasificación de buena calidad inmunitaria, a valores iguales o mayores de 50 g de Igs/L y de mala calidad a valores entre 10 y 45g de Igs/L; se realizó un pool de calostros, ya descongelados, con el fin de separar los tratamientos propuestos, primero dos de 70 litros cada uno de buena y mala calidad, posteriormente se separaron en cuatro de 35 litros cada uno y se realizó la pasteurización de los calostros que así lo requiriesen por un período de 30 minutos a 60°C en la pasteurizadora comercial marca Milk Works®, para luego ser congelados de nuevo y trasladarlos a la finca La Holanda para ser suministrados a las terneras al momento de nacer.

Tratamientos:

- Calostro de alta calidad pasteurizado. (ACCP)
- Calostro de alta calidad sin pasteurizar. (ACSP)
- Calostro de baja calidad pasteurizado. (BCCP)
- Calostro de baja calidad sin pasteurizar. (BCSP)

Calidad microbiológica y Nutricional:

De cada tratamiento efectuado, se seleccionaron dos muestras de 50mL cada una, las cuales fueron refrigeradas. Las muestras de cada tratamiento fueron llevadas al laboratorio de microbiología de alimentos perteneciente a la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica, donde mediante la metodología explicada por Pouch y Ito (2003), se obtuvieron los niveles de coliformes totales, fecales y *E. coli* presentes en las muestras de calostro de cada tratamiento. Los valores de grasa, proteína (PC), lactosa y sólidos totales (ST) fueron analizados con el Milkoscan™ de FOSS.

Manejo de las terneras:

Se utilizaron un total de 28 terneras de la raza Holstein (7 por tratamiento). Las terneras fueron separadas de sus madres 20-30 minutos después del nacimiento sin haber sido amamantadas y se ofrecieron 3,5 L de calostro/ ternera en las primeras dos horas de nacidas mediante un alimentador esofágico; las terneras se fueron asignando a los diferentes tratamientos de manera aleatoria conforme iban naciendo.

Posteriormente al nacimiento, se llevó a cabo un seguimiento semanal durante 8 semanas, de peso y talla, mediante una romana electrónica y cinta métrica para obtener datos de circunferencia torácica (cm), altura a la cruz (cm), altura a la cadera (cm) y peso en kilogramos. Las terneras consumieron diariamente 4 L de reemplazador, preiniciador, heno y agua *ad libitum*.

Determinación de proteína sérica, grados Brix e Igs en suero sanguíneo:

De 24 a 36 horas pos-alimentación del calostro a las terneras, se procedió a tomar una muestra de sangre, mediante el método propuesto por Trotz-Williams et al. (2008), de venopunción yugular, tomando una muestra de aproximadamente 10ml de sangre de las terneras.

La sangre se almacenó en frascos sin anti-coagulante y se manejaron de acuerdo al método propuesto por Johnson et al. (2007), en el cual las muestras se almacenaron a una temperatura aproximada de 4°C por un período de tiempo no mayor a 24 horas. Una vez que se cumplió ese período de tiempo, se centrifugó cada una de las muestras a 3000 rpm durante 15 minutos.

Una vez centrifugadas, se tomó una o dos gotas del líquido sobrenadante del tubo (suero sanguíneo) y se procedió a realizar la lectura por medio de un refractómetro de mano (Atago Master-SUR/N α , Bellevue, Washington, USA), el cual provee una lectura de la concentración de la proteína sérica total (g/dL de suero sanguíneo), el Palm Abbe Refractómetro Digital marca MISCO para obtener datos de proteína sérica total y grados Brix, y el Refractómetro Digital Portátil marca Reichter para obtener únicamente el valor de grados Brix.

Con un Kit de Inmunodifusión Radial (Triple J Farms) se determinó además la concentración sérica de Igs G, lo cual se llevó a cabo en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata, por lo que las muestras no fueron llevadas a ningún laboratorio para realizar análisis de sangre específicos.

Descripción del análisis estadístico y análisis de la información:

Los datos se analizaron por medio del procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 2004), mediante un Diseño Factorial de 2x2 y su correspondiente Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar los promedios de los tratamientos para la variable de respuesta de proteína sérica total, grados Brix y la concentración de IgGs en suero medido con el kit de IDR. La comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Tukey en aquellas variables que resultaron significativas ($P < 0,05$).

Con el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute, 2004) se determinó la significancia de los efectos del tratamiento en las variables de crecimiento con medidas repetidas, donde la ternera se utilizó como la variable aleatoria.

Para los datos recolectados de calostro, se seleccionaron tres muestras por tratamiento y se realizó únicamente estadística descriptiva, con la finalidad de agrupar la información según sus medias, principalmente. Se presentó una covarianza para el peso al nacimiento en las terneras.

Las ecuaciones utilizadas para determinar el modelo estadístico de los efectos, fueron las siguientes:

- **Proteína Sérica**

$$Y_{ij} = \mu + C_i + P_j + (C_i \times P_j) + \varepsilon_{ij}$$

Y= Concentración de Proteína Sérica en suero sanguíneo

μ = media general

C_i = efecto de la calidad de calostro

P_j = efecto de la pasteurización de calostro

$C_i \times P_j$ = efecto de la interacción entre ambas variables

ε_{ij} = error experimental

- **Grados Brix**

$$Y_{ij} = \mu + C_i + P_j + (C_i \times P_j) + \varepsilon_{ij}$$

Y= Concentración de Grados Brix en suero sanguíneo

μ = media general

C_i = efecto de la calidad de calostro

P_j = efecto de la pasteurización de calostro

$C_i \times P_j$ = efecto de la interacción entre ambas variables

ε_{ij} = error experimental

- **IgG en Suero Sanguíneo**

$$Y_{ij} = \mu + C_i + P_j + (C_i \times P_j) + \varepsilon_{ij}$$

Y= Concentración de IgG en suero sanguíneo

μ = media general

C_i = efecto de la calidad de calostro

P_j = efecto de la pasteurización de calostro

$C_i \times P_j$ = efecto de la interacción entre ambas variables

ε_{ij} = error experimental

- **Variables de Crecimiento:** Altura a la cruz (cm), Altura a la cadera (cm), Circunferencia Torácica (cm) y Peso Vivo (kg)

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Y = variable

μ = media general

t_i = efecto del i ésimo tratamiento

ε_{ij} = error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Calidad Nutricional y Microbiológica del Calostro

Los niveles de grasa, proteína (PC), lactosa y sólidos totales (ST) y los valores resultantes se encuentran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Calidad nutricional del calostro suministrado de acuerdo al tratamiento.

| Tratamiento | Grasa % | DE | PC % | DE | Lactosa % | DE | ST % | DE |
|-------------------|------------------|-----|-------------------|-----|------------------|-----|-------------------|-----|
| ACCP ¹ | 5,7 ^a | 0,1 | 13,0 ^a | 0,1 | 3,1 ^b | 0,1 | 23,2 ^a | 0,3 |
| ACSP ² | 5,8 ^a | 0,1 | 13,0 ^a | 0,1 | 3,0 ^b | 0,1 | 23,1 ^a | 0,3 |
| BCCP ³ | 3,6 ^b | 0,1 | 7,7 ^b | 0,1 | 3,8 ^a | 0,1 | 16,2 ^b | 0,3 |
| BCSP ⁴ | 3,7 ^b | 0,1 | 7,6 ^b | 0,1 | 3,8 ^a | 0,1 | 16,1 ^b | 0,3 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización.

DE= Desviación Estándar. Medias con letras distintas (a,b) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

Es posible apreciar la diferencia entre los tratamientos alto y bajo, sin embargo la pasteurización no tuvo efecto en su calidad nutricional, tal y como lo indican Elizondo y Heinrichs (2009a). Se puede observar que la cantidad de dichos nutrientes resulta similar a lo reportado por Fortín y Perdomo (2009), Araúz et al. (2011) y Campos et al. (2007), quienes indican que los sólidos totales fluctúan entre 24 y 14%.

Con respecto a la microbiología del mismo y a la eficacia obtenida en la pasteurización, en el Cuadro 5 se puede apreciar el número más probable de bacterias por mililitro de muestra y en el Cuadro 6 se presentan los datos de calidad inmunológica de los mismos.

Cuadro 5. Calidad microbiológica del calostro según cada tratamiento (NMP/ml).

| Tratamiento | Coliformes Totales | Coliformes Fecales | <i>E. coli</i> |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ACCP ¹ | 1,8 ^a | <1,8 ^a | <1,8 ^a |
| ACSP ² | >1600 ^b | >1600 ^b | >1600 ^b |
| BCCP ³ | 1,8 ^a | <1,8 ^a | <1,8 ^a |
| BCSP ⁵ | >1600 ^b | >1600 ^b | >1600 ^b |

NMP: número más probable. Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. Medias con letras distintas (a,b) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

De acuerdo con los valores presentados en el Cuadro 5, es evidente que la pasteurización se realizó de manera exitosa pues el conteo bacteriano es significativamente menor en los tratamientos pasteurizados, que en aquellos que no fueron manejados térmicamente. Lo que coincide con quienes indican (Elizondo y Heinrichs 2009a) que durante el tratamiento térmico, la temperatura y tiempo indicado bajan las concentraciones de bacterias de manera significativa tal y como se pudo corroborar en este trabajo.

Tal como se mencionó en la metodología, el calostro recolectado por vaca fue analizado individualmente, sin embargo los tratamientos se hicieron mediante un pool del mismo, y fue preciso analizar su calidad inmunológica post-mezcla con el fin de conocer exactamente el contenido de inmunoglobulinas de cada tratamiento a analizar; dicha información se encuentra detallada en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Contenido de Inmunoglobulinas G en calostro según tratamiento.

| Tratamiento | IgG (g/L) | DE |
|-------------------|-------------------|-----|
| ACCP ¹ | 60,4 ^a | 3,7 |
| ACSP ² | 56,2 ^a | 2,5 |
| BCCP ³ | 22,5 ^b | 2,2 |
| BCSP ⁴ | 20,1 ^b | 3,5 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. DE= Desviación Estándar. Medias con letras distintas (a,b) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

Kirk (2003) afirma que la disminución en la concentración de IgG en muestras pasteurizadas comparada con aquellas que no lo han sido, es completamente normal debido a la sensibilidad de éstas a los cambios de temperatura; la disminución va de un 23 a un 58% menos en la concentración de IgG.

Elizondo y Heinrichs (2009b) también indicaron y citaron otros estudios donde la disminución en el contenido de IgG en calostro se da al procederse a pasteurizar los mismos, aunque en el mismo ensayo mencionado no hubo diferencias entre contenidos de IgGs si se logra cumplir la temperatura de 60°C por 30 minutos, demostrándose dicha teoría con los datos presentes en el Cuadro 6, donde hubo pérdidas de 6,96% entre tratamientos Altos y de 10,66% en los Bajos.

En caso de que no se cumpla con una pasteurización a 30 minutos, se corre el riesgo de perder viabilidad en los leucocitos e IgGs del calostro, pues González et al. (2014) indicaron que el hecho de haber efectuado la pasteurización por 60 minutos, provocó una pérdida significativa de inmunoglobulinas, además otros factores como el aumento de más de 1°C por minuto adicional, así como un agitación constante y un rápido calentamiento y enfriamiento en el manejo de los calostros, hará que el contenido de IgGs disminuya.

2. Efecto del tratamiento sobre variables de PST, °Brix e IgG en suero sanguíneo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de PST, grados Brix e IgGs, a partir del suministro de calostro a 28 terneras Holstein y su posterior análisis en suero sanguíneo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Proteína sérica total (g/L) según tratamiento.

| Tratamiento | PST, g/L | EEM |
|-------------------|------------------|-----|
| ACCP ¹ | 6,7 ^a | 0,5 |
| ACSP ² | 5,5 ^b | 0,5 |
| BCCP ³ | 4,7 ^c | 0,3 |
| BCSP ⁴ | 4,0 ^d | 0,2 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= error estándar de la media. Medias con letras distintas (a,b,c,d) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

La división de tratamientos por calidad y por pasteurización, resultó útil en cuanto a valores de PST en las terneras y además se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos, pues de acuerdo a lo esperado la absorción se vería incrementada en aquellas terneras que consumiesen los calostros tratados térmicamente, de acuerdo al Cuadro 7.

La pasteurización del calostro mejoró los valores de PST de las terneras, esta mejora se observa aún con calostros de baja calidad inmunológica. Este comportamiento indica que todos los animales que consumieron calostros pasteurizados, presentan una transferencia de inmunidad pasiva (TIP) normal, según Arroyo y Elizondo (2014).

El valor mínimo aceptable de PST para considerar que hubo fallas en la TIP en terneras, es de 5,5g/L (Arroyo y Elizondo 2014), lo que demuestra que todos los animales que fueron suministrados con calostros de baja calidad no obtuvieron el mínimo de inmunoglobulinas requeridas, es decir hubo FTIP, no obstante se puede recalcar que el efecto de la pasteurización fue el esperado ya que el nivel de PST fue mayor en el tratamiento de baja calidad con pasteurización en comparación al de baja calidad sin pasteurización.

Aquellos animales que consumiesen calostro pasteurizado mejorarían su TIP, y esto se pudo ver reflejado en el Cuadro 7, al demostrarse que incluso los que consumieron calostro de baja calidad pero pasteurizado, aumentaron su nivel de PST considerablemente, respecto de los que consumieron el bajo no pasteurizado.

Con relación a la determinación de sólidos solubles en suero sanguíneo, las muestras fueron analizadas y se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos. Como se puede observar en el Cuadro 8, entre mayor fue la calidad del calostro suministrado, mayor fue el nivel de grados Brix en suero.

Cuadro 8. Grados Brix determinados por refractómetro digital, según tratamiento.

| Tratamiento | Brix, % | EEM |
|-------------------|-------------------|-----|
| ACCP ¹ | 10,4 ^a | 0,7 |
| ACSP ² | 8,8 ^b | 0,7 |
| BCCP ³ | 8,2 ^b | 0,6 |
| BCSP ⁴ | 7,6 ^b | 0,3 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= Error estándar de la media. Medias con letras distintas (a,b,) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

Los niveles reportados como adecuados en casos similares al realizado en este ensayo, indican que los valores intermedios entre 8,5% y 9,2% de grados Brix, están acorde a lo que se busca en una TIP exitosa (Hernández et al. 2016), por lo que utilizando dicho criterio, se llega a la conclusión que únicamente los animales que consumieron un calostro de alta calidad, sobrepasaron el límite entre un fallo y un éxito en su transmisión de inmunidad pasiva.

Deelen et al. (2014) indicaron que para una media de PST correspondiente a 6,0 g/L, el valor equitativo en términos de grados Brix sería 9,2%, lo cual tiene coherencia con lo encontrado en este ensayo, al encontrarse cierta similitud en los valores. Dicho de otra forma, es posible apreciar que el uso de datos como el de grados Brix corresponde a otra alternativa poco utilizada en la investigación lechera y que presenta información útil y de fácil lectura como lo hace el uso de datos de PST o incluso IgGs en la práctica.

De acuerdo a lo reportado por Elsohaby et al. (2015), un valor porcentual de grados Brix $< 7,8\%$ puede ser utilizado para determinar fallas en la TIP, permitiendo aclarar que al igual a lo visto en el Cuadro 7 con valores de PST, en grados Brix también el tratamiento con menor rango en el que los animales sufrieron un fallo en la TIP fue el de Bajo sin Pasteurización, el cual conforme se va analizando la información se confirma cada vez más el beneficio de pasteurizar calostros de baja calidad para incrementar su valor inmunoprotector para los neonatos.

La absorción de IgGs en terneras consumiendo calostros pasteurizados fue completamente exitosa ($p < 0,0001$) y se ajusta a la hipótesis planteada, que indicaba un aumento en el nivel de IgGs en calostros pasteurizados. Se confirma que la pasteurización de calostro, tal y como también fue demostrado por Elizondo

y Heinrichs (2009a), aumenta la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas en terneras en comparación a aquellos calostros que no han sido pasteurizados. El efecto de los tratamientos sobre la concentración de IgGs se aprecia en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Inmunoglobulinas G determinadas por medio del kit IDR en suero sanguíneo, según tratamiento.

| Tratamiento | IgG, g/L | EEM |
|-------------------|-------------------|-----|
| ACCP ¹ | 22,8 ^a | 3,8 |
| ACSP ² | 15,6 ^b | 1,8 |
| BCCP ³ | 8,0 ^c | 0,7 |
| BCSP ⁴ | 3,9 ^d | 0,9 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= Error estándar de la media. Medias con letras distintas (a,b,c,d) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

Francisco y Quigley (1993) indican que los niveles de IgG son variables dependiendo de la calidad del calostro, no obstante las horas transcurridas entre el nacimiento y la primera toma serán determinantes en el nivel inmunológico que posea la ternera. Según Elizondo y Heinrichs (2009b), las concentraciones de IgGs resultantes en suero sanguíneo después del suministro de calostros de buena calidad (aproximadamente 70 Ig/L) en el ensayo citado, corresponde a 23,4 g/L que indica un 33% de absorción de Igs en calostro pasteurizado, caso contrario a aquellos que no fueron tratados térmicamente, con 19,6 Ig/L, lo que corresponde a un 28% de absorción para ese caso.

Si se realiza el mismo análisis de la información con los datos colectados en los Cuadros 6 y 9 de la presente investigación, se puede hacer el cálculo de absorción para cada tratamiento, con lo cual se obtiene un 37,7% en ACCP, 27,7% en ACSP, 35,5% en BCCP y 19,4% en BCSP, demostrándose una vez más la importancia de efectuar la pasteurización en calostros, donde además de la preocupación por su valor nutricional e inmunológico, se debe de prestar atención a la competencia inmunológica con las bacterias presentes en el mismo. Se detectó que en aquellos tratamientos donde no hubo ningún tipo de tratamiento térmico se disminuyó considerablemente la absorción de inmunoglobulinas.

Con respecto al nivel de IgGs obtenido por medio del Kit IDR, es posible realizar un análisis de correlación de Pearson entre los grados Brix y las IgGs, para terminar de examinar la igualdad en datos entre estas variables.

Como se puede apreciar en la Figura 3, de acuerdo a la regresión lineal realizada, el valor de $R=0,4874$ y $R^2=0,2376$ ($p<0,05$), lo que equivale a un coeficiente de correlación y de determinación poco significativo para ser considerado un dato de importancia estadística, en especial si se compara con correlaciones como las encontradas por Deelen et al. (2014), Hernández et al. (2016) y Elsohaby et al. (2015), que fueron de $R= 0,93$, $R=0,63$, $R=0,79$, respectivamente.

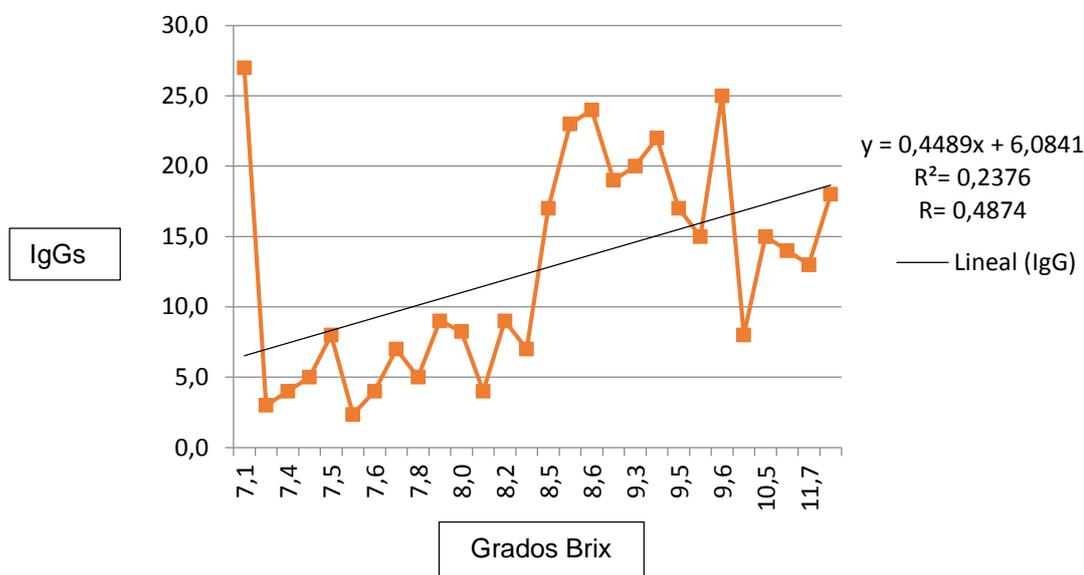


Figura 3. Coeficiente de correlación y de determinación entre las variables grados Brix e IgG.

La posible causa de tan baja la correlación entre las variables, es por el poco número de muestras realizadas en el ensayo, pues al compararlo con otros “n” en experimentos similares, está por debajo de los mismos (28 animales en comparación a 60), no obstante Flodr et al. (2012) también encontraron bajos niveles de correlación entre estas mismas variables pero en un ensayo ejecutado en alpacas, a lo que llegó a la conclusión de que es limitada la predicción de IgGs según grados Brix, en esa especie animal.

3. Datos de peso y talla de terneras desde el nacimiento hasta las 8 semanas de vida.

A continuación se muestran los resultados de las variables de peso y talla en las terneras utilizadas; los datos fueron agrupados según peso (kg), ganancia diaria de peso (g), circunferencia torácica, altura a la cruz y altura a la cadera (cm), con respecto al tratamiento recibido, durante las primeras 8 semanas de vida.

La información fue separada por variable con la finalidad de ordenar mejor los datos, ya que a pesar de que para ninguna variable de crecimiento se encontraron diferencias significativas, es importante determinar la posible discusión para cada una de ellas. A continuación se presentan los valores obtenidos.

Cuadro 10. Peso vivo en kilogramos, por semana de vida y tratamiento.

| Semana | ACCP ¹ | EEM | ACSP ² | EEM | BCCP ³ | EEM | BCSP ⁴ | EEM |
|--------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
| 0 | 38,3 ^a | 2.1 | 31,0 ^b | 2.1 | 41,1 ^a | 2.1 | 36,7 ^a | 2.3 |
| 1 | 39,9 ^a | 2.2 | 31,7 ^b | 2.2 | 41,7 ^a | 2.2 | 37,0 ^a | 2.3 |
| 2 | 41,2 ^a | 2.2 | 32,7 ^b | 2.2 | 43,1 ^a | 2.2 | 38,1 ^a | 2.2 |
| 3 | 43,3 ^a | 2.2 | 34,8 ^b | 2.2 | 44,2 ^a | 2.4 | 39,8 ^a | 2.4 |
| 4 | 44,8 ^a | 2.2 | 37,4 ^b | 2.2 | 45,9 ^a | 2.5 | 42,6 ^a | 2.4 |
| 5 | 46,2 ^a | 2.2 | 39,4 ^b | 2.3 | 48,6 ^a | 2.6 | 46,4 ^a | 2.4 |
| 6 | 48,8 ^a | 2.2 | 41,3 ^b | 2.3 | 51,2 ^a | 2.7 | 49,6 ^a | 2.4 |
| 7 | 52,2 ^a | 2.2 | 44,6 ^b | 2.4 | 54,9 ^a | 2.8 | 52,6 ^a | 2.5 |
| 8 | 54,8 ^a | 2.2 | 48,6 ^b | 2.6 | 56,6 ^a | 2.9 | 55,4 ^a | 2.5 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= error estándar de la media. Medias con letras distintas (a,b) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

Puede notarse como solamente hay una diferencia de los tratamientos con respecto al tratamiento Alto sin, que se da desde el nacimiento y que siguió durante la duración del ensayo. Entonces no se debe a efectos del calostro suministrado, sino a la diferencia del peso promedio al nacimiento de los animales que estuvieron en ese grupo, siendo el peso al nacimiento una covariable en el experimento, por lo que no se considera que hayan diferencias significativas entre tratamiento.

Cabe destacar que los animales fueron seleccionados al azar y la asignación de tratamientos fue completamente aleatorio, así que se recalca que las menores ganancias en el tratamiento ACSP, es producto de la casualidad.

Vargas y Elizondo (2014) indicaron que los pesos promedio de los animales de su investigación, raza Holstein, fueron de 45 y 58 kg para el primer y segundo mes de vida, muy similar a lo encontrado en este trabajo, que corresponde a 45 y 55 kg respectivamente, sin embargo Cueva (2014) habla de pesos en Holstein de 75 kg a los dos meses de vida, lo cual dejaría en desventaja a las terneras utilizadas en este ensayo.

Otra posible explicación con respecto a los bajos pesos en comparación a lo reportado en la literatura, puede ser por consecuencia de acciones ajenas a este experimento. Bar-Peled et al. (1997) indican que las terneras alimentadas con reemplazador suelen tener menores pesos que las que logran mamar directamente de sus madres o al menos son alimentadas con leche entera, por lo que al utilizarse reemplazador en la finca donde se ejecutó este experimento, esta condición puede que haya ocasionado un crecimiento más lento.

De acuerdo a las ganancias de peso diarias, los datos encontrados fueron igual de variables, y se describen en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Ganancia diaria de peso (GDP) en gramos, por semana de vida y tratamiento.

| Semana | ACCP ¹ | EEM | ACSP ² | EEM | BCCP ³ | EEM | BCSP ⁴ | EEM |
|--------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
| 1 | 192 | 84 | 91 | 73 | 90 | 60 | 59 | 40 |
| 2 | 159 | 84 | 143 | 74 | 195 | 96 | 154 | 82 |
| 3 | 250 | 83 | 329 | 80 | 190 | 116 | 250 | 83 |
| 4 | 216 | 76 | 412 | 82 | 263 | 119 | 389 | 83 |
| 5 | 187 | 76 | 294 | 83 | 395 | 120 | 350 | 83 |
| 6 | 352 | 76 | 270 | 93 | 425 | 120 | 454 | 83 |
| 7 | 465 | 74 | 464 | 113 | 517 | 120 | 432 | 83 |
| 8 | 366 | 74 | 521 | 156 | 252 | 120 | 400 | 83 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= error estándar de la media.

A pesar de las diferencias numéricas, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Las medias de GDP en orden de calidad de tratamiento fueron de 273,4 g, 315,5 g, 290,9 g y 311,0 g (ACCP, ACSP, BCCP, BCSP respectivamente), que como es posible determinar, no tienen coherencia con la cantidad de IgGs absorbidas.

Yepes y Prieto (2011) midieron la correlación existente entre la calidad de calostro, PST y ganancias de peso en terneras, mostrando niveles bajos de correlación con $R=0,27$ por lo que a pesar de que en este trabajo no se hicieron análisis de este tipo, se pudieron apreciar pocas diferencias estadísticamente significativas para las diferentes calidades calostrales trabajadas.

Con respecto a las GDP, los datos encontrados en este experimento, van de los 273 g por semana en promedio, hasta los 315 g, lo que resulta muy por debajo de lo reportado en la literatura donde se habla de hasta 690 g al día en Colombia (Yepes y Prieto 2011), pero no tan alejado de lo reportado por Vargas y Elizondo (2014), Costa Rica, que hablan de GDPs de 370 g.

Probablemente el dato tan elevado encontrado por Yepes y Prieto (2011) se deba al factor raza, pues aparte de la Holstein, fueron usadas razas como Simmental y Ayrshire que son conocidas por su gran corpulencia. La circunferencia torácica presentó una distribución muy similar a peso vivo, GDP, altura a la cruz y altura a la cadera, igualmente sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p<0,005$).

Cuadro 12. Circunferencia torácica (cm), por semana de vida y tratamiento.

| Semana | ACCP ¹ | EEM | ACSP ² | EEM | BCCP ³ | EEM | BCSP ⁴ | EEM |
|--------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
| 0 | 72,3 | 1,6 | 69,3 | 1,4 | 73,5 | 1,7 | 71,8 | 1,5 |
| 1 | 73,5 | 1,6 | 70,1 | 1,4 | 73,8 | 2,2 | 72,1 | 1,6 |
| 2 | 74,5 | 1,6 | 71,9 | 1,5 | 75,2 | 2,5 | 73,8 | 1,7 |
| 3 | 76,4 | 1,6 | 74,2 | 1,6 | 76,2 | 3,0 | 75,8 | 1,7 |
| 4 | 77,2 | 1,6 | 75,2 | 1,7 | 78,0 | 3,4 | 78,0 | 1,8 |
| 5 | 78,8 | 1,6 | 76,4 | 1,8 | 80,0 | 3,7 | 80,3 | 1,8 |
| 6 | 80 | 1,5 | 77,7 | 1,9 | 81,5 | 3,8 | 82,8 | 1,8 |
| 7 | 82,6 | 1,5 | 79,7 | 2,1 | 85,4 | 4,0 | 85,0 | 1,9 |
| 8 | 84,4 | 1,6 | 83,8 | 2,7 | 87,4 | 4,1 | 87,5 | 1,9 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= error estándar de la media.

Gómez (2016) indicó que la circunferencia torácica (CT) en terneras Holstein debe de ser al menos de 90 cm al cumplirse los 60 días de vida, sin embargo en este trabajo se lograron valores máximos de 87,5 cm, lo cual no está tan alejado de dicho dato. Generalmente la información referente a circunferencia torácica suele relacionarse con la de peso vivo mediante ecuaciones, tal y como lo mencionan

Heinrichs et al. (2007) la correlación suele ser muy alta y la desviación entre un dato y otro varía entre 2,19 cm y 2,74 cm en vacas de 42 a 590 kg de peso vivo, no obstante, y aunque no era parte de esta investigación, se utilizaron dos cintas diferentes para medir la CT y la variabilidad fue poca, sin embargo el dato de peso que indicaban las mismas resultó muy diferente del registrado en la balanza tradicional.

Hoffman (1997) indica que las mediciones de crecimiento corporal como las contempladas en este ensayo, son de vital importancia para la determinación objetiva de buena salud del hato y futuras vacas lecheras en caso de terneras, por lo que a pesar de no ser el eje central de esta tesis, esta información revela antecedentes interesantes si se quisiera mantener un control continuo de los animales experimentados durante su lactación. En el Cuadro 13 y 14 se encuentra la información de altura a la cruz y altura a la cadera en centímetros.

Cuadro 13. Altura a la cruz (cm), por semana y tratamiento.

| Semana | ACCP ¹ | EEM | ACSP ² | EEM | BCCP ³ | EEM | BCSP ⁴ | EEM |
|--------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
| 0 | 77,1 | 1,4 | 75,6 | 1,3 | 79,3 | 1,4 | 77,3 | 1,4 |
| 1 | 77,8 | 1,4 | 76,6 | 1,3 | 80,0 | 1,5 | 78,6 | 1,4 |
| 2 | 78,5 | 1,4 | 78,2 | 1,3 | 81,0 | 1,6 | 80,4 | 1,4 |
| 3 | 80,6 | 1,3 | 79,7 | 1,4 | 81,5 | 1,7 | 81,1 | 1,5 |
| 4 | 82,0 | 1,3 | 81,2 | 1,4 | 82,9 | 1,8 | 83,1 | 1,5 |
| 5 | 82,8 | 1,3 | 82,4 | 1,4 | 84,4 | 1,8 | 84,4 | 1,5 |
| 6 | 84,0 | 1,3 | 83,3 | 1,4 | 85,4 | 1,8 | 85,9 | 1,5 |
| 7 | 85,6 | 1,3 | 84,8 | 1,5 | 86,4 | 1,8 | 87,4 | 1,5 |
| 8 | 87,6 | 1,3 | 87,5 | 1,7 | 88,4 | 1,8 | 88,9 | 1,5 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= error estándar de la media.

Según la altura a la cruz, los datos fueron completamente normales, ya que el primer y segundo mes de vida alcanzaron medidas de 82 y 87 cm, que comparadas con lo reportado por Vargas y Elizondo (2014) son muy similares, a pesar de que en este ensayo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Ellos indicaron 85 ± 3 , 91 ± 4 cm a las 4 y 8 semanas, así como Moore y Clark (2009) reportan 82 y 87, respectivamente.

Cuadro 14. Altura a la cadera (cm), por semana y tratamiento.

| Semana | ACCP ¹ | EEM | ACSP ² | EEM | BCCP ³ | EEM | BCSP ⁴ | EEM |
|--------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
| 0 | 80,7 | 1,3 | 78,6 | 1,3 | 82,3 | 1,4 | 81,0 | 1,4 |
| 1 | 81,9 | 1,3 | 79,8 | 1,3 | 84,0 | 1,5 | 82,0 | 1,4 |
| 2 | 82,6 | 1,3 | 81,2 | 1,3 | 85,7 | 1,5 | 83,3 | 1,4 |
| 3 | 84,9 | 1,3 | 82,5 | 1,4 | 85,6 | 1,6 | 84,0 | 1,4 |
| 4 | 85,4 | 1,3 | 83,7 | 1,4 | 87,1 | 1,6 | 86,3 | 1,4 |
| 5 | 86,8 | 1,3 | 85,0 | 1,4 | 88,6 | 1,7 | 88,0 | 1,5 |
| 6 | 88,2 | 1,3 | 85,9 | 1,4 | 89,6 | 1,7 | 89,5 | 1,5 |
| 7 | 90,0 | 1,3 | 87,2 | 1,5 | 91,6 | 1,7 | 90,8 | 1,5 |
| 8 | 91,2 | 1,3 | 89,9 | 1,7 | 93,1 | 1,6 | 91,8 | 1,5 |

Especificaciones de Tratamiento: 1= Alta calidad con Pasteurización, 2= Alta calidad sin Pasteurización, 3= Baja calidad con Pasteurización, 4= Baja calidad sin Pasteurización. EEM= error estándar de la media.

Castro y Elizondo (2012) también indicaron que para la variable altura a la cadera y a la cruz los datos suelen ser muy variables en animales jóvenes de la raza Holstein, y por ese motivo generalmente los tratamientos aplicados no presentan diferencias significativas. La altura a la cadera varió de 78 a 88 cm en las primeras 8 semanas de vida de las terneras (Castro y Elizondo 2012), lo cual es similar a lo encontrado en este trabajo que varía de 79 a 93 cm en el mismo período de tiempo.

Al contar con la información completa de crecimiento, es posible determinar que los animales siguieron un crecimiento completamente normal sin importar el tratamiento aplicado, indicando que aún con fallas evidentes en la TIP, todas las terneras del experimento continuaron su evolución de manera natural, tal y como se evidencia en los datos mostrados del Cuadro 10 al 14.

En términos de sanidad con relación al crecimiento de terneras, era de esperar que se enfermaran o presentaran menor peso aquellas que consumieron calostro de baja calidad sin pasteurizar, pero según el análisis de datos esto no fue así, y se confirma al evidenciarse que si hay un buen desarrollo en el hato de terneras, significa que hay salud intestinal principalmente, pues de lo contrario las diarreas y timpanismo minimizarían su crecimiento (Görgülü et al. 2003).

Campos (2013) indica que la sanidad de las terneras con respecto a su TIP está principalmente relacionada con neumonía y diarreas, principalmente colibacilosis y enfermedades respiratorias en general (Villouta et al. 1978), no obstante en este trabajo no se colectaron datos de patologías presentes en los animales tratados, por lo que no es posible haber realizado dicho análisis de información.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un buen calostrado desde las dos primeras horas de vida es esencial para aprovechar al máximo la absorción de inmunoglobulinas presentes en los receptores intestinales de los neonatos, por lo que si se asegura una buena calidad en dicho calostro, se incrementará el porcentaje de absorción de Igs presentes.

La pasteurización es una herramienta sencilla, útil y de fácil acceso para lograr mejorar la calidad inmunoprotectora de calostros, incluso aquellos con menor valor nutricional, ya que en este trabajo se pudo concluir que la disminución en las poblaciones bacterianas del calostro permiten aumentar el contenido de Igs en sangre, en comparación de aquellos que tienen altos niveles de coliformes en general. No está de más indicar que la temperatura y tiempo recomendado para lograr una pasteurización exitosa es de 60°C por 30 minutos. Se recomienda realizar una valoración económica con respecto al beneficio inmunitario adquirido, que justifique el uso de la pasteurización como rutina en las fincas, debido al alto costo energético y monetario que este representaría en un país como Costa Rica, donde la conversión energía-calor es muy alta.

La concentración de PST, IgG y grados Brix en suero sanguíneo fueron estadísticamente significativas, por lo que una disminución en la calidad del calostro hará que se promueva la falla en la TIP. En este caso los tratamientos Alto con y Alto sin cumplieron satisfactoriamente la TIP esperado, no así los dos correspondientes a baja calidad, sin embargo es importante destacar que la pasteurización aún en calostros de bajo calibre, permite mejorar la transferencia de inmunidad pasiva y que al comparar el tratamiento bajo con y el bajo sin, el primero resultó muy cerca de los valores mínimos deseados.

El crecimiento de terneras en términos de peso, CT, GDP, altura a la cruz y altura a la cadera no se vio afectado por el tratamiento suministrado, lo que denota que en esta investigación el crecimiento de las terneras estuvo más influenciado por la dieta dada postcalostrado y no por el nivel de IgGs absorbidas.

Como recomendación, se insta a todas las personas involucradas en el ámbito lechero a prestar más atención a la calidad de calostro producido por sus vacas e ingerido por sus terneras, tomando en consideración el método de alimentación y

el tiempo postparto transcurrido. Además de no olvidar la pasteurización como opción de mejora a calostros con bajo nivel de anticuerpos, asegurándose de igual manera la disminución en la transferencia de enfermedades por medio del calostro.

Un banco de calostro no puede faltar en una finca lechera que se preocupe por la salud de su hato bovino, ya que siempre debe de haber un respaldo de calidad en caso de ausencia de calostros adecuados al momento de un parto; además se debe de insistir en que la salud de la lechería inicia desde la crianza de terneras, y será la única garantía de tener vacas sanas en un futuro próximo.

A partir de lo observado en este trabajo, se abren las oportunidades de investigar más a fondo temas como la diferencia que ejerce el peso al nacimiento como covariable en la absorción de IgGs, tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el suministro de calostro y la correlación más precisa entre los valores de PST y °Brix con respecto a IgG, según el aparato utilizado para determinar la variable; además se recomienda ejecutar el experimento en otras razas como la Jersey o Pardo Suizo con la finalidad de conocer las diferencias entre razas, así como la ubicación del mismo en otras altitudes (bajura), por lo que se insta a investigadores y estudiantes a analizar dichos temas propuestos y responder estas preguntas a través del tiempo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez P. 2002. Alimentación calostrual de terneros: aspecto práctico. Mundo Ganadero. Edición Diciembre (1): 46-53.
- Ameri y Wilkerson. 2008. Comparison of two comercial radial inmunodiffusion assys for detection of bovine immunoglobulin G in newborn calves. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 20(1): 333-336. California, Estados Unidos.
- Araúz E., Fuentes A., Batista J., Ramón J., Caballero S. 2011. Potencial calostropoietico en vacas multíparas $\frac{3}{4}$ pardo suizo x $\frac{1}{4}$ cebú y perfil químico, inmunológico y energético del calostro secretado en las primeras seis horas después del parto. Revista Electrónica Veterinaria. 12(9): 1-28.
- Aricada H., Bedoya R., García A., Heredia C., Maldonado A., Peláez C., Ceballos A. 2004. Competencia inmunológica en la primera semana de vida en terneros mantenidos bajo dos sistemas de producción de leche. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria. 17(2): 167-172.
- Arroyo J., Elizondo J. 2014. Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. Agronomía Mesoamericana. 25(2): 279-285.
- Bar-Peled U., Robinzon B., Maltz E., Tagari H., Folman Y., Bruckental I., Voet H., Gacitua H., Lehrer A. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein Heifer Calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. Journal of Dairy Science. 80(10): abstract.
- Ballarini G. 1993. Inmunidad del calostro en el ternero. Revista Mundo Ganadero..12(1): 54-59.
- Berra G., Osacar G., Mate A. 1999. Novedades sobre calostro. Sitio Argentino de Producción Animal. Revista Infortambo. 128(1): 1-4.
- Bielmann V., Gillan J., Perkins N., Skidmore A., Godden S., Leslie K. 2010. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 93:3713-3721.
- Biogenics. 1980. Colostrometer™. Florence, OR, USA.

- Campos C. 2013. Suplementación con pared celular y cultivo de levaduras en vacas preparto y su efecto sobre la calidad del calostro y el estado inmunológico de las terneras. TFG para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Campos R., Fairut A., Loaiza V., Giraldo L. 2007. El calostro: Herramienta para la cría de terneros. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Departamento de Ciencia Animal. Proyecto de investigación (1): 2.
- Casas M., 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. (1): 1-3.
- Castro P., Elizondo J. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*. 23(2): 343-352.
- Chahin J. 2014. Determinación de la calidad de calostro mediante la calibración de un refractómetro Brix en vacas Holstein a pastoreo. TFG para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Cueva D. 2014. Efecto de dos aditivos prebióticos y probióticos en el crecimiento y condición corporal en terneras Holstein Friesian, Tumbaco, Pichincha. TFG para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Deelen S., Ollivett T., Haines D., 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.
- Elizondo J. 2007a. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana* 18 (2): 271-281.
- Elizondo J. 2007b. Importancia y manejo del calostro en el ganado de leche. Curso RAPCO en Ganado lechero. (1): 1-11.
- Elizondo J. 2007c. Importancia del calostro en la crianza de terneras. *Revista ECAG Informa*. 39(1): 53-55.

- Elizondo J. 2008. Suministro de calostro con alimentador esofágico. *Revista ECAG Informa*. 44(1). 35-38.
- Elizondo J., Heinrichs A. 2009a. Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrums with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*.92(1):4565-4571.
- Elizondo J., Heinrichs A. 2009b. Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *Journal of Dairy Science*. 92(1): 3265-3273.
- Elizondo J., Jayarao B., Heinrichs A. 2009. Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *Journal of Dairy Science*. 93(1): 961-967.
- Elizondo J., Rodríguez J. 2013. Transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería que reciben calostro por dos métodos diferentes. *Nutrición Animal Tropical*. 7(1): 1-13.
- Elizondo J. 2015. Concentración de inmunoglobulinas totales en calostros de vacas en explotaciones lecheras de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 26 (1): 27-32.
- Elsohaby I., McClure J., Keefe G. 2015. Evaluation of Digital and Optical Refractometers for assessing failure of transfer of passive immunity in Dairy Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 29(1): 721-726.
- Espinosa J., Bonilla A. 2011. Implementación de un método de análisis para la determinación de albúmina sérica humana y bovina por espectroscopia de fluorescencia. TFG para optar por el grado de Químico. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. (1): 13.
- Flodr H., Wheeler J., Kruger P., Olazábal J., Rosadio R. 2012. Pruebas de Campo para evaluar calidad calostrual en La Alpaca. *Rev. Inv. Perú*. 23(2): 307-316.
- Francisco A., Quigley J. 1993. Serum immunoglobulin concentrations after feeding maternal colostrum plus colostrual supplement to dairy calves. *American Journal of Veterinary Research*. 54(7): 1051-1054.

- Fortín A., Perdomo J. 2009. Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de IgG y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad. TFG para optar por el grado de licenciatura. Zamorano, Honduras.
- Gómez O. 2016. Evaluación de la adición de levadura y xilanasa sobre la respuesta productiva de becerros lactantes al destete. TFG para optar por el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- González R., González J., Peña B., Reyes J., Robles P. 2014. Transferencia de inmunidad pasiva en becerras Holstein alimentadas con calostro pasteurizado. *Revista Agrofaz*.14(1): 1-6.
- González R., Rodríguez K., Requejo L., González J., Peña B., Núñez L., Macías J., Robles P. 2015. Efecto de la pasteurización sobre la carga bacteriana en calostro bovino. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 12º Congreso Internacional de MVZ especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera.
- Görgülü M., Siuta A., Yurtseven S., Öngel E., Kutlu H. 2003. Efecto de probióticos en el comportamiento y salud de terneros en crecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(2): 125-129.
- Heinrichs A., Erb H., Rogers G., Cooper J., Jones C. 2007. Variability in Holstein heifer heart-girth measurements and comparison of prediction equations for live weight. *Preventive Veterinary Medicine*. 78(3-4): 333-338.
- Hernández D., Nydam D., Godden S., Bristol L., Kryzer A., Ranum J., Schaefer D. 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(1): 82-87.
- Hoffman P. 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. *Journal of Animal Science*. 75(3): 836-845.
- Instituto Meteorológico Nacional. 2016. Condiciones actuales del tiempo. Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionPatio.html>. Consultado el día 1 de Mayo del 2016.

- Jean-Philippe C. 2012. Análisis de los estudios sobre la efectividad de suplementar con calostro. Nestlé, Purina PetCare. Disponible en: <http://argos.portalveterinaria.com/noticia/6143/articulos-archivo/analisis-de-los-estudios-sobre-la-efectividad-de-suplementar-con-calostro.html>. Consultado el día 2 de Junio del 2016.
- Johnson J., Godden S., Molitor T., Ames T. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immunity and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90(1): 5189-5198.
- Kirk J. 2003. Pasteurization of colostrum. *Extension Veterinarian*. University of California Davis, Tulare, California. (1): 1-2.
- Lee S., Jaekal J., Bae C., Chung B., Yun S., Gwak, Noh G., Lee D. 2008. Enzyme-Linked immunorbent assay, single radial immunodiffusion, and indirect methods for the detection of failure of transfer of passive immunity in Dairy Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine.* 22(1): 212-218.
- Leyan V., Wittwer F., Contreras P., Phil M., 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(1): 2. Valdivia, Chile.
- Lozic S. 2013. Calibración de refractómetro Brix para la determinación del contenido de Inmunoglobulina G en calostro bovino. TFG para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Luque M. 2014. Niveles séricos de Inmunoglobulinas G en terneros neonatos de la raza Brown Swiss con diferentes formas de administración de calostro. XXXVII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Abancay, Perú. 1(1): 310-313.
- Martínez D., Jacobo R., Cipoloni F., Martínez I., Echaide I. 2012. Transmisión transplacentaria de *Neosporacanium* en bovino de cría de la Provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Veterinaria* 23(1): 43-45.
- Matamala N. 2014. Evaluación en terreno de la calidad del calostro en vacas de lecherías de alta producción, medido a través de dos métodos. TFG para

optar por el grado de Médico Veterinario. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. (1): 3

McGuirk S., Collins M. 2004. Managing the production, storage and delivery of colostrum. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 20(3): 593-603.

Menares C. 2011. Efecto del uso de calostro comercial sobre la inmunidad pasiva en terneros Holstein nacidos en invierno. TFG para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Moore R., Clark B. 2009. Consejos de lechería criando terneros. Mississippi State University Extension Service. (1): 4.

Pouch F., Ito K. 2003. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4th Edition. American Public Health Association.

Pritchett L., Gay C., Besser T., Hancock D. 1991. Management and production factors influencing Immunoglobulin G₁ concentration in Colostrum from Holstein Cows. *Journal of Dairy Science.* 74(7): 2336-2341.

Quigley J. 2001. Transferencia de inmunoglobulinas hacia el intestino. *Calf Notes.* Disponible en: <http://www.calfnotes.com/pdf/CN060e.pdf>. Consultado el día: 2 de Junio del 2016.

Quigley J., Lago A., Chapman C., Erickson P., Polo J. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science.* 96(1):1148-1155.

Sánchez J., Elizondo J., Arroyo G. 2012. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Año I. *Agronomía Mesoamericana* 23(2): 321-327

SAS Institute. 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.

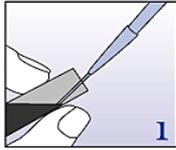
Triple J Farms. 2017. Radial Immunodiffusion Plates Procedure. Disponible en: <https://kentlabs.com/jjj/triple-j-farms-product-information/rid-plate-procedure/>. Consultado el día: 24 de Julio, 2017.

Trotz-Williams, L., Leslie, K., Peregrine, A. 2008. Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *J. Dairy Sci.* 91: 3840-3849.

- Vargas A., Elizondo J. 2014. Determinación de consumo de alimento balanceado y agua, y medidas de crecimiento en terneras Holstein en una finca lechera comercial. *Nutrición Animal Tropical*. 8 (2):36-50.
- Villouta G., González M., Prado R., Rusch K. 1978. Concentración de inmunoglobulinas séricas postcalostrales en terneros y presentación de enfermedades hasta los dos meses de edad en predios de la zona central. *Revista Agricultura Técnica*. 38(1): 161-165.
- Yepes M., Prieto C. 2011. Relación de la concentración de proteína sérica, la calidad de calostro y la ganancia de peso en terneros lactantes en hatos de la sabana de Bogotá. TFG para optar por el grado de Zootecnista. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Instrucciones de uso del kit de IDR de Triple J Farms.



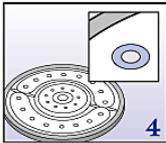
Recolectar el suero con una pipeta de 5 μ L



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.