



**INSTITUTO
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA**

URUGUAY



**MANEJO DEL CALOSTRADO
EN EL TERNERO NEONATO:
HERRAMIENTAS PARA UNA
CRIANZA MÁS SALUDABLE
Y EFICIENTE**

Agosto, 2017

Boletín de
Divulgación

114

INIA

MANEJO DEL CALOSTRADO EN EL TERNERO NEONATO: HERRAMIENTAS PARA UNA CRIANZA MÁS SALUDABLE Y EFICIENTE

**Autores: Alejandro Mendoza¹
Darío Caffarena²
Santiago Fariña³
Tatiana Morales⁴
Federico Giannitti⁵**

¹Ing. Agr. (M.Sc, Ph.D), Programa de Investigación en Producción de Leche. INIA La Estanzuela.

²Dr. Vet., Plataforma de Salud Animal, INIA La Estanzuela.

³Ing. Agr. (PhD), Programa de Investigación en Producción de Leche. INIA La Estanzuela.

⁴Dr. Vet. (MSc.), Programa de Investigación en Producción de Leche. INIA La Estanzuela.

⁵Dr. Vet., Plataforma de Salud Animal, INIA La Estanzuela.

Título: MANEJO DEL CALOSTRADO EN EL TERNERO NEONATO:
HERRAMIENTAS PARA UNA CRIANZA MÁS SALUDABLE Y
EFICIENTE

Autores: Alejandro Mendoza
Darío Caffarena
Santiago Fariña
Tatiana Morales
Federico Giannitti

Boletín de Divulgación N° 114

©2017, INIA

ISBN 978-9974-38-378-4

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación
no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.T.V., PhD. José Luis Repetto - Vicepresidente



Ing. Agr., MSC., Diego Payssé Salgado

Ing. Agr. Jorge Peñagaricano



Ing. Agr. Pablo Gorriti

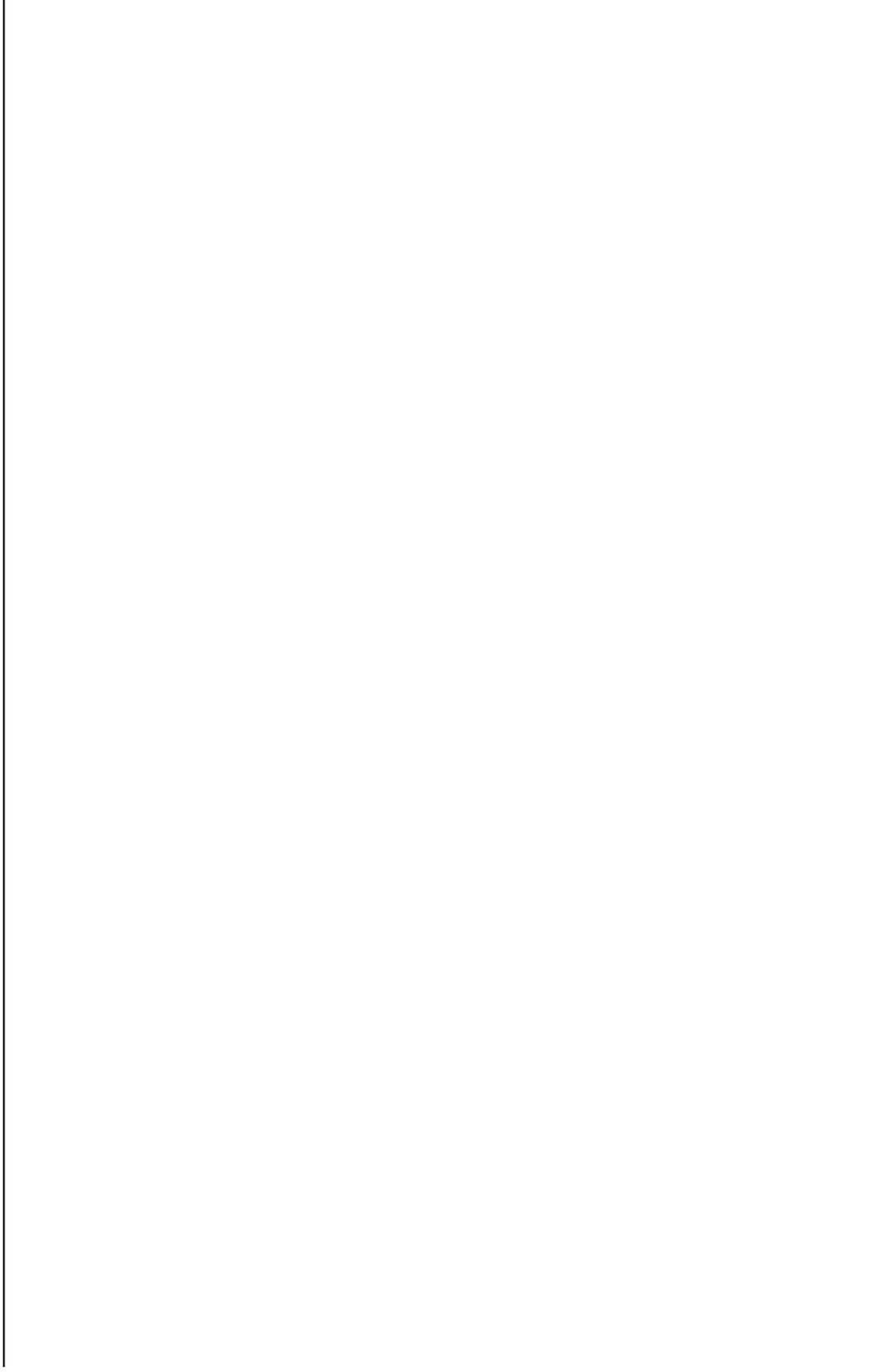
Ing. Agr. Alberto Bozzo



CONTENIDO

Página

1. IMPORTANCIA DEL CALOSTRO PARA EL RECIÉN NACIDO.....	1
2. CALOSTRADO NATURAL Y ARTIFICIAL DEL TERNERO	1
3. FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSFERENCIA PASIVA DE INMUNIDAD	7
a. Cantidad de calostro	7
b. Calidad del calostro	8
c. Momento de suministro de calostro	11
4. ALMACENAMIENTO E HIGIENE DEL CALOSTRO	12
5. USO DE SUPLEMENTOS O SUSTITUTOS DEL CALOSTRO	15
6. EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALOSTRADO	16
7. CONCLUSIÓN	19
8. SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES	19
9. BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXO Nº 1. CALOSTRADO ARTIFICIAL DEL TERNERO USANDO SONDA BUCOESOFÁGICA	27
ANEXO Nº 2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CALOSTRO USANDO DENSÍMETRO	30
ANEXO Nº 3. USO DEL REFRACTÓMETRO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL CALOSTRO	31
ANEXO Nº 4. USO DEL REFRACTÓMETRO PARA EVALUAR EL DE NIVEL TRANSFERENCIA PASIVA DE INMUNIDAD..	33



PRÓLOGO

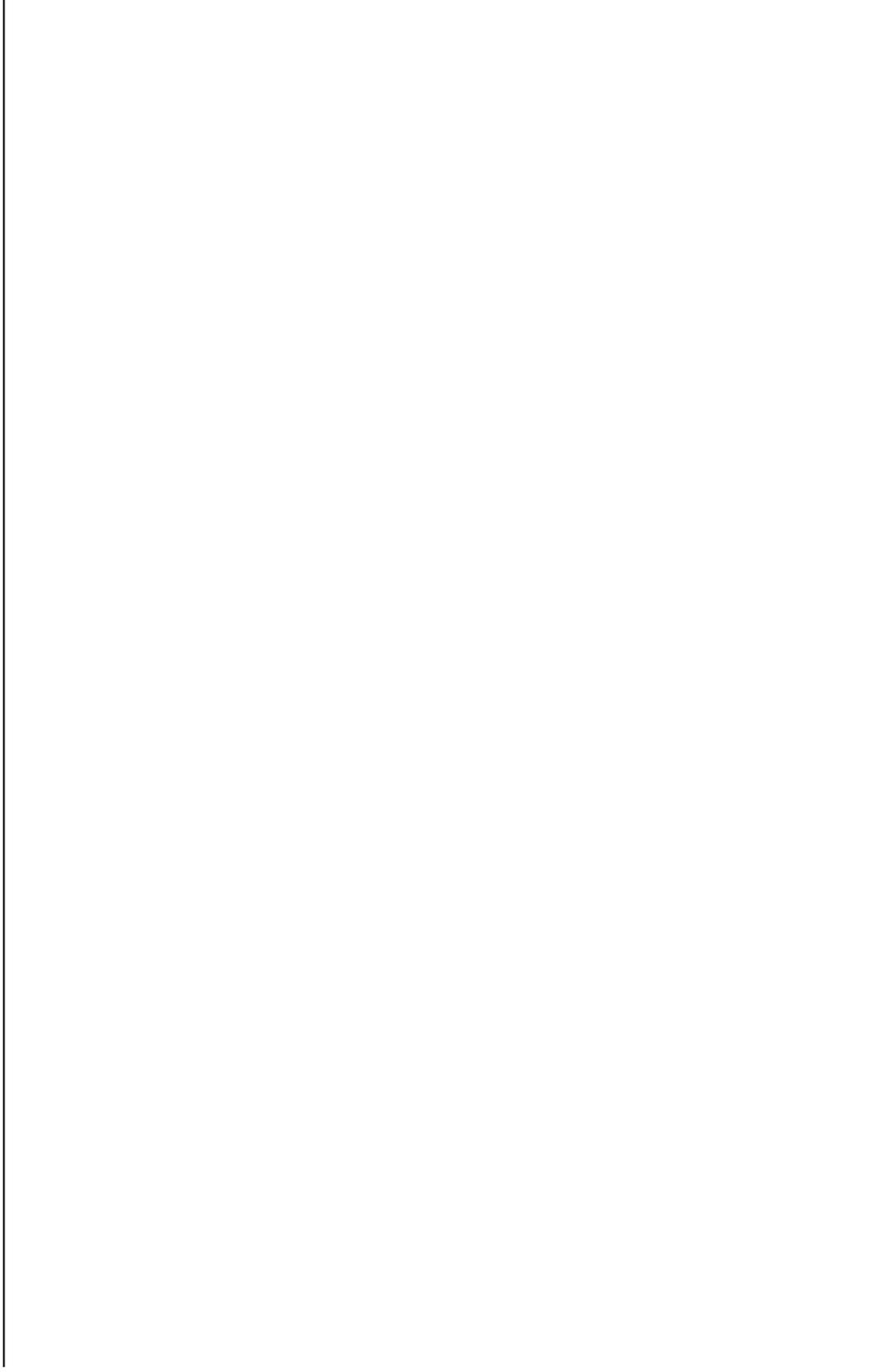
El presente boletín de divulgación está dirigido a productores lecheros, y a técnicos asesores vinculados con la crianza de terneros, y específicamente con el manejo del calostro de los mismos. Este documento viene así a cubrir un faltante en el catálogo de publicaciones de INIA, que hasta ahora no había abordado este tema, de fundamental importancia para su crianza. Con este objetivo, los autores revisaron la información disponible sobre el tema, tratando de recopilar aquella que fuera lo más actualizada posible. Asimismo, han trasladado a este documento la experiencia de la aplicación de estas «buenas prácticas de manejo» del calostro en la Unidad de Lechería de INIA «La Estanzuela» durante los últimos 5 años.

El documento está estructurado en 6 capítulos que cubren los aspectos más importantes del manejo del calostro en los tambos. Se ha tratado de presentar la información de la forma más didáctica posible, poniendo énfasis en incluir, hasta donde fuera posible, recomendaciones que surgen de la misma, y prácticas que fueron resumidas en un capítulo específico. Al mismo tiempo, se mantuvieron en el texto las referencias bibliográficas (que están identificadas entre paréntesis), pensando en aquellas personas que quieran ubicar y acceder a los textos originales para profundizar más extensamente en la información presentada.

Para determinadas maniobras prácticas, como la evaluación de la calidad del calostro, o la evaluación del nivel de calostro del ternero, o la forma de utilizar una sonda bucoesofágica, se decidió ampliar la información en anexos separados, que se presentan al final del boletín. En cada uno de ellos se describe, paso a paso, cada una de estas maniobras, con un importante apoyo fotográfico para facilitar la comprensión de las mismas.

Los autores agradecen especialmente al Ing. Agr. Ernesto Restaino y al Sr. Amado Vergara por su apoyo en la edición de este boletín, y al Sr. Bruno López, responsable del área de crianza de terneros en la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, por sus valiosos aportes prácticos, y desean que este boletín sea una herramienta útil que permita mejorar el manejo del calostro de los terneros, lo que en última instancia contribuirá a mejorar el bienestar de los animales y la productividad de los tambos.

Los autores



MANEJO DEL CALOSTRADO EN EL TERNERO NEONATO: HERRAMIENTAS PARA UNA CRIANZA MÁS SALUDABLE Y EFICIENTE

1. IMPORTANCIA DEL CALOSTRO PARA EL TERNERO RECIÉN NACIDO

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto y es de fundamental importancia para la salud y supervivencia del ternero neonato. Está constituido por una mezcla de secreciones lácteas y constituyentes del suero sanguíneo, principalmente inmunoglobulinas (anticuerpos) y otras proteínas, que se acumulan en la glándula mamaria en las últimas semanas antes del parto (28). Como se observa en el Cuadro 1, el calostro obtenido en el primer ordeño luego del parto tiene mayor concentración de proteínas totales que la leche, destacándose una concentración muy alta de inmunoglobulinas, particularmente de inmunoglobulina G (**IgG**). La IgG es producida por el sistema inmune y es el principal tipo de anticuerpo presente en la circulación sanguínea y fluidos corporales. Ayuda a combatir las infecciones mediante unión directa a los microorganismos patógenos (virus, bacterias, protozoos, hongos), y por lo tanto tiene una función fundamental para mantener el estado de salud. La concentración de IgG en el calostro puede llegar a ser hasta 66 veces mayor que la existente en la leche; sin embargo, dicha concentración puede variar significativamente entre vacas (61).

Como se indica en el Cuadro 1, la densidad y concentración de energía, proteínas (incluidas las inmunoglobulinas y la IgG), minerales, vitaminas y factores de crecimiento presentes en el calostro son significativamente mayores que las de la leche. Todos estos componentes, presentes en alta concentración en el calostro, resultan de extrema importancia para los terneros neonatos, a un punto tal que pueden representar la diferencia entre la vida y la muerte. Los principales cambios de composición entre el calostro y la leche normal ocurren en los primeros ordeños luego del parto; a la secreción obtenida en estos ordeños se la denomina comúnmente «leche de transición». Estos cambios continúan en menor medida por aproximadamente 5 semanas, y como puede apreciarse en el Cuadro 1, la calidad composicional de la leche de transición es considerablemente inferior que la del calostro.

Debido a la naturaleza de la placenta de los rumiantes, las inmunoglobulinas presentes en la sangre de la madre no traspasan la barrera materno-fetal para llegar a la sangre del feto durante la gestación, y por lo tanto los terneros nacen desprovistos de cantidades suficientes de anticuerpos circu-

Cuadro 1. Composición química del calostro, leche de transición y leche entera de vacas Holstein (28).

	Calostro	Leche de transición		Leche entera
	1 ^{er} ordeño	2 ^o ordeño	3 ^{er} ordeño	6 ^o ordeño
Densidad relativa	1,056	1,040	1,035	1,032
Sólidos totales, %	23,9	17,9	14,1	12,9
Grasa, %	6,7	5,4	3,9	4,0
Proteína total, %	14,0	8,4	5,1	3,1
Caseínas, %	4,8	4,3	3,8	2,5
Inmunoglobulinas, %	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG, g/dL	3,2	2,5	1,5	0,06
Lactosa, %	2,7	3,9	4,4	5,0
IGF-I, µg/L	341	242	144	15
Insulina, µg/L	65,9	34,8	15,8	1,1
Minerales, %	1,11	0,95	0,87	0,74
Calcio, %	0,26	0,15	0,15	0,13
Magnesio, %	0,04	0,01	0,01	0,01
Zinc, mg/100 mL	1,22	-	0,62	0,30
Manganeso, mg/100 mL	0,02	-	0,01	0,004
Hierro, mg/100 g	0,20	-	-	0,05
Cobalto, µg/100 g	0,50	-	-	0,10
Vitamina A, µg/100 mL	295	190	113	34
Vitamina E, µg/g de grasa	84	76	56	15
Riboflavina, µg/mL	4,83	2,71	1,85	1,47
Vitamina B12, µg/100 mL	4,9	-	2,5	0,6
Ácido fólico, µg/100 mL	0,8	-	-	0,2
Colina, mg/mL	0,70	0,34	0,23	0,13

lantes. Por ende, los terneros neonatos representan una categoría de alto riesgo para la adquisición de enfermedades infecto-contagiosas. La ingesta de calostro materno por el ternero neonato constituye la principal fuente de anticuerpos, que son fundamentales para combatir infecciones por diversos

microorganismos patógenos que ocurren frecuentemente durante las primeras horas de vida (38). La absorción de las inmunoglobulinas calostrales maternas intactas a través del intestino delgado del ternero sólo ocurre durante las primeras 24 horas de vida, período en el cual el intestino delgado del ternero es permeable a la absorción de macromoléculas. Este pasaje de inmunidad de la madre al ternero es comúnmente denominado «transferencia pasiva de inmunidad» (TPI).

Luego de las 24 horas de vida el tracto digestivo del ternero deja de ser permeable a la absorción de macromoléculas intactas, las proteínas (tales como la IgG) presentes en la luz intestinal son digeridas y reducidas a sus péptidos y aminoácidos constituyentes, y se dice coloquialmente que hubo un «cierre de la permeabilidad intestinal», luego del cual la TPI deja de tener lugar. Es así que la TPI es un evento fisiológico que se da por única vez en toda la vida del animal en sus primeras 24 horas de vida. Es importante remarcar que, dentro de esa ventana de 24 horas, la permeabilidad intestinal y eficiencia de absorción de IgG es mayor en las primeras horas de vida, y disminuye gradualmente con el correr de las horas, siendo relativamente baja a las 24 horas de vida. Esto tiene implicancias prácticas, como se menciona más adelante en este texto (Sección 3: Factores que afectan la TPI).

La concentración de IgG en el suero sanguíneo de los terneros neonatos puede usarse como un indicador de éxito en la TPI. Se considera que hubo una falla en la TPI cuando la concentración de IgG en el suero es menor a 10 g/L cuando se mide entre las 24 y 48 horas de vida del ternero (28), aunque en términos prácticos la medición se puede extender hasta las 72 horas. Como se muestra en la Figura 1, una adecuada ingesta de calostro de alta calidad en las primeras horas de vida es el factor individual que incide en mayor medida en la salud y sobrevivencia del ternero hasta aproximadamente los 2 meses de edad. En otras palabras, los terneros que no reciben una adecuada TPI son más susceptibles a la mayoría de las enfermedades neonatales y tienen una mayor probabilidad de morir (18, 55, 71).

Se ha reportado que entre 30 y 40 % de las muertes de terneras en las primeras 3 semanas de vida están relacionadas con fallas en la TPI (64, 68). Además, aunque los mecanismos no están totalmente comprendidos, algunos trabajos proponen que una adecuada ingesta de calostro de alta calidad podría tener efectos positivos a largo plazo, tales como una mejor ganancia de peso durante la cría y recría (26) y una mayor producción de leche en la primera lactancia (16, 22).

Además del rol crucial de proveer inmunidad, el alto contenido de sólidos totales del calostro hace que sea una fuente rica de energía para el ternero recién nacido. Esto es de gran importancia si el mismo nace expuesto a bajas temperaturas ambientales, ya que las escasas reservas corporales y la poca cobertura pilosa limitan su capacidad para mantener la homeotermia. Cuando la temperatura ambiente cae por debajo de 15 °C o supera los 25 °C, el ternero debe gastar mayor energía para mantener su temperatura corporal (49).

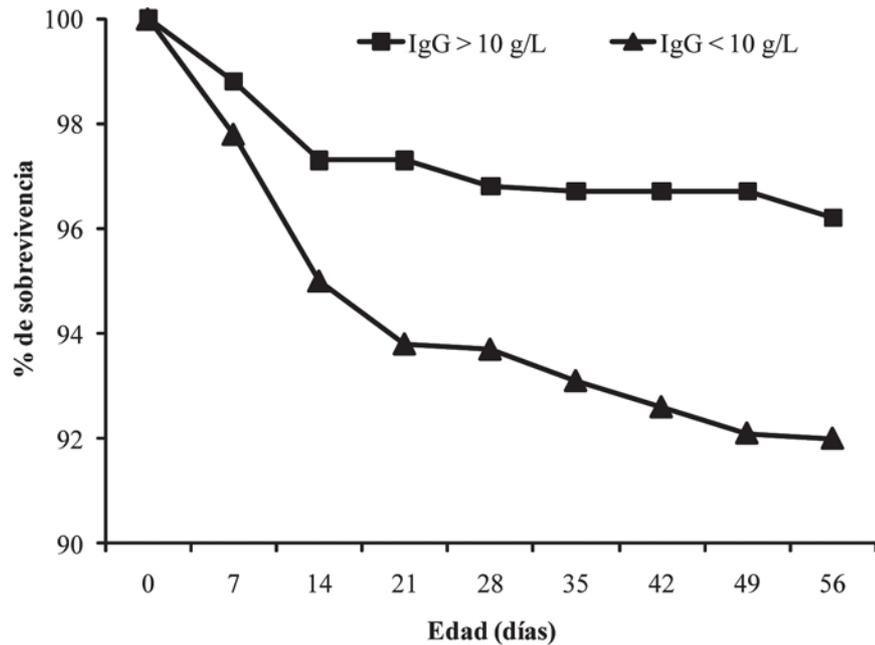


Figura 1. Supervivencia de terneros según la concentración de IgG en suero (47).

El calostro también contiene diversos minerales y vitaminas, así como una serie de componentes con actividad antimicrobiana (lactoferrina, lisozima, lactoperoxidasa) y factores de crecimiento, tales como el factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I), que estimulan el desarrollo de la mucosa del tracto gastrointestinal (5, 72). Asimismo, el calostro contiene otras hormonas tales como la insulina, que intervienen en el metabolismo de los carbohidratos. Además, se postula que los leucocitos presentes en el calostro pueden jugar un papel importante en el estado inmunitario de los terneros, aumentando su resistencia a enfermedades y, por ende, resultando en la cría de animales más sanos (35).

2. CALOSTRADO NATURAL Y ARTIFICIAL DEL TERNERO

En las condiciones productivas de muchos tambos de Uruguay, es práctica común que los terneros recién nacidos se dejen con sus madres por un período variable, que puede ir desde unas pocas horas a más de 1 día. Este sistema de calostrado se denomina «calostrado natural», ya que se realiza con nula o mínima intervención del hombre. Bajo este sistema de manejo, el ternero puede lograr una adecuada TPI. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este sistema no se tiene control sobre los 3 factores más importantes que definen el éxito de la TPI, a saber: la cantidad y calidad del calostro que el ternero ingiere, y el momento en que el mismo es ingerido por primera vez. Por lo tanto, el calostrado natural no permite tomar acciones correctivas que tiendan a resolver los problemas que puedan presentarse, en caso de no lograrse una adecuada TPI.

Dada la importancia del calostrado en la eficiencia de la crianza y supervivencia de las terneras, se han desarrollado sistemas de «calostrado artificial», que permiten tener un mayor control de las distintas etapas del proceso y tomar medidas correctivas en caso de ser necesario. Estos sistemas implican la obtención artificial de calostro de las vacas (ordeño manual o mecánico) para poder determinar su volumen y calidad antes de ser suministrada al ternero por métodos artificiales (generalmente sonda bucoesofágica o mamadera). Estos sistemas requieren de personal idóneo en las secciones de parto y guachera, y del acceso a instalaciones y equipamiento que permitan el manejo de los animales (vacas y terneros) y del acceso a equipos de refrigeración (heladeras o freezers) que permitan conservar el calostro y confeccionar «bancos» de calostro. La elección del sistema de calostrado más adecuado para cada tambo dependerá de la realidad de cada establecimiento en particular.

Estudios desarrollados en condiciones experimentales (7, 25) y naturales (1, 62) concluyeron que la TPI es mayor en terneros calostrados artificialmente que en aquellos que mamaron calostro directamente de sus madres. En este sentido, se ha observado que hasta 60 % de los terneros que permanecen con su madre durante 24 horas luego del parto no recibieron una adecuada TPI (2, 69). Adicionalmente, los terneros que quedan con la madre tienen un mayor riesgo de exposición a distintos microorganismos mientras buscan y succionan los pezones de la madre, y particularmente un mayor riesgo de exposición a la materia fecal materna, que puede representar una importante fuente de infección por microorganismos patógenos.

Como mínimo, debería calostrarse artificialmente a todo ternero que no tiene capacidad de mamar, o si su madre es una vaca de primera cría, está enferma, fue ordeñada en el parto, o por algún motivo no se deja amamantar (por ejemplo, una vaca muy dolorida luego del parto y que no atiende al ternero, o con ubres o pezones muy grandes que dificultan el acceso del ternero a los mismos).

El calostrado artificial puede hacerse con una mamadera (Figura 2) o una sonda bucoesofágica (Figura 3), y es una técnica fácil de realizar con un



Figura 2. Uso de mamadera para suministrar calostro.



Figura 3. Uso de sonda bucoesofágica para suministrar calostro

poco de práctica (ver anexo N° 1). La principal ventaja de usar una sonda bucoesofágica es la mayor rapidez en el suministro de un gran volumen de calostro al ternero. Por ejemplo, una toma de 4 L de calostro usando sonda puede llevar entre 3 y 6 minutos, mientras que el tiempo de administración del mismo volumen usando mamadera es al menos el doble, y no todos los terneros son capaces de tomar esa cantidad de una sola vez (11). Si bien se ha planteado que la eficiencia aparente de absorción de IgG sería menor cuando se usa una sonda en lugar de una mamadera, particularmente cuando se usan volúmenes «bajos» de calostro (29), en términos prácticos no habría diferencias importantes sobre la TPI lograda entre ambos métodos de administración cuando se ofrece un volumen similar de calostro (11, 21).

3. FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSFERENCIA PASIVA DE INMUNIDAD

Como ya fue mencionado en la sección 1, a nivel individual, se considera que la TPI fue exitosa si la concentración de IgG en el suero sanguíneo del ternero es mayor a 10 g/L entre las 24 y 72 horas de vida. El éxito o fracaso del calostro del ternero depende de 3 grandes factores: a) la cantidad de calostro suministrada, b) la calidad del calostro, y c) el momento en que se suministra el mismo.

a. Cantidad de calostro

A mayor volumen de calostro suministrado, mayor es la cantidad de IgG ingerida por el ternero. Como regla general, se ha establecido que una ingesta mínima de entre 150 y 200 g de IgG permitiría que un ternero de 40 kg logre una adecuada inmunidad (10). Sin embargo, la cantidad de IgG absorbida también depende de su concentración en el calostro (calidad del calostro), así como del momento en que es provista. Como normalmente en condiciones de campo la calidad del calostro que consumen los terneros que maman directamente de sus madres es desconocida, y no es posible asegurar que el ternero que permanece con su madre consuma esa cantidad mínima de IgG en el momento adecuado, las recomendaciones más recientes sugieren retirar al ternero de la vaca lo antes posible luego del parto, y suministrarle artificialmente un volumen de calostro en una única toma equivalente a 8,5-10 % de su peso (3,5 a 4 L en un ternero de 40 kg) (12, 28). Este método asegura que todos los terneros reciban una cantidad de calostro adecuada.

Sin embargo, hay que recalcar que no es posible establecer un programa de calostro del ternero basado únicamente en brindar una recomendación fija del volumen de calostro a usar, sino que, como se discutirá a continuación, también se deben tener en cuenta la calidad del mismo, y el momento en que es ofrecido, ya que de este depende la eficiencia aparente de absorción (**EAA**) de IgG.

A modo de ejemplo, en el Cuadro 2 se simulan situaciones donde se modifica simultáneamente la cantidad (volumen) y calidad de calostro ofrecido (expresada en términos de concentración de IgG en g/L), y la eficiencia de absorción de IgG, y se calcula su impacto en la TPI. Si se asume que un ternero de 40 kg tiene un volumen de plasma equivalente a 8-9 % de su peso al nacer (9, 52), y que es preciso alcanzar una concentración sérica mínima de IgG de 10 g/L, se desprende que deben absorberse en el intestino como mínimo unos 34 g de IgG ($40 \times 0,085 \times 10$). Se puede observar que esos 34 g de IgG pueden lograrse suministrando volúmenes relativamente bajos de calostro (2 L) de alta calidad (70 g de IgG/L), ofrecidos en el período recomendado cuando la EAA aún es relativamente alta. Sin embargo, dar el mismo volumen de calostro de igualmente alta calidad, pero en el momento inadecuado (baja EAA), no resulta en una adecuada TPI. Por lo tanto, estos 3

Cuadro 2. Simulación de la transferencia pasiva de inmunidad lograda en terneros a los que se ofrece calostro en distinta cantidad y calidad, y con distinta eficiencia aparente de absorción (EAA) de IgG.

Volumen de calostro (L)	Concentración de IgG (g/L) ¹	EAA (%) ²	Cantidad de IgG absorbida, g	Transferencia de inmunidad adecuada ³
2	35	15	11	NO
2	35	30	21	NO
2	70	15	21	NO
2	70	30	42	SÍ
3	35	15	16	NO
3	35	30	32	NO
3	70	15	32	NO
3	70	30	63	SÍ
4	35	15	21	NO
4	35	30	42	SÍ
4	70	15	42	SÍ
4	70	30	84	SÍ

¹Un calostro con 35 o 70 g/L de IgG simula un calostro de «baja» o «alta» calidad, respectivamente.

²Una eficiencia de 30 o 15 % simula la oferta de la primera toma de calostro antes o después de 6 h de vida, respectivamente.

³Se considera que se logró una adecuada transferencia pasiva de inmunidad si la cantidad de IgG absorbida fue mayor a 34 g; ver texto por más detalles.

factores deben tenerse en cuenta al definir un programa de calostro artificial.

b. Calidad del calostro

Se considera que un calostro tiene calidad suficiente para proveer inmunidad pasiva a un ternero si tiene una concentración de IgG mayor a 50 g/L. Sin embargo, hay muchos factores que pueden alterar la calidad del calostro, y esta que además no depende únicamente de la concentración de IgG. De forma sintética, la concentración de IgG del calostro disminuye en las siguientes situaciones:

- cuanto más joven es la madre, ya que ha estado con una menor exposición a patógenos específicos del tambo (34),
- a mayor volumen de calostro producido, ya que la concentración de IgG tiende a diluirse (34),

- en vacas sometidas a estrés calórico en el parto, ya que el calostro tiene una menor concentración de IgG (48),
- en vacas que tuvieron un período seco de menos de 3 semanas o no tuvieron período seco (28, 66),
- en vacas con mastitis clínica, porque producen un menor volumen de calostro (37) y los terneros logran una menor inmunidad pasiva (23),
- en vacas que se ordeñaron antes del parto (6),
- las vacas de raza Holstein producirían calostro con menor concentración total de inmunoglobulinas que las de raza Jersey y Ayrshire (46), o menor concentración de IgG que las de raza Guernsey (65), lo que podría deberse a diferencias genéticas y/o a un efecto de dilución según el volumen de calostro producido.

Es importante resaltar que la vacunación de las vacas gestantes en el momento adecuado aumenta la concentración de anticuerpos en el calostro para distintos patógenos causantes de enfermedades en el ternero (28), y esto es particularmente importante para prevenir la diarrea neonatal, un síndrome multifactorial de alta relevancia en las primeras semanas de vida.

Es escasa la información referida a los efectos de la nutrición preparto sobre la calidad del calostro. Algunos autores reportaron que modificar el nivel de aporte de energía o proteína preparto no afectó el volumen del calostro, su composición ni su concentración de IgG (19, 57), pero otros reportaron que terneros consumiendo calostro de vacas sometidas a una restricción de energía y/o proteína preparto alcanzaron menores niveles de IgG en suero a las 24 horas de vida (4, 31). Dentro del rango de dietas típicas usadas en el parto, es poco probable que la nutrición tenga un efecto marcado sobre la concentración de IgG en el calostro.

A su vez, el estrés sufrido por la vaca por diversos motivos puede tener efectos directos sobre el feto que está siendo gestado. Por ejemplo, se ha reportado que los terneros que nacen de vacas que padecieron estrés calórico durante el final de la gestación tienen menos habilidad para adquirir inmunidad pasiva (40). También se han reportado menores concentraciones de IgG en terneros nacidos en partos distócicos (67).

La técnica de inmunodifusión radial es considerada el método de referencia para determinar la concentración de IgG, tanto en calostro como en suero. A pesar de su simplicidad, se trata de una técnica laboriosa y costosa, lo que limita su aplicación fuera del laboratorio (27). Debido a esta dificultad es que se han desarrollado otros métodos para evaluar indirectamente la calidad del calostro o su concentración de IgG en condiciones de campo, los cuales se describen a continuación:

- **Apreciación visual.** Es la forma más simple, pero menos objetiva, de evaluar la calidad del calostro. Los calostros de buena calidad generalmente

son cremosos, homogéneos, de color amarillo intenso y sin presencia de sangre o grumos. Este método no permite estimar la concentración de IgG en el calostro.

- **Densidad relativa.** Se determina con el uso de un calostrómetro o densímetro, siendo una medición rápida y de muy bajo costo (**ver anexo N° 2**). Se considera que un calostro es de alta calidad (>50 g/L de IgG) si tiene una densidad relativa mayor a 1,050 (24, 42). Algunos densímetros ya tienen una escala con la conversión del valor de densidad a concentración de IgG, correspondiéndose los valores mayores a 50 g/L con el color verde de la escala. La lectura de la densidad varía según la temperatura del calostro, debiéndose realizar a una temperatura cercana a 20 °C. Si la lectura se hace a temperaturas menores a 20 °C, se tiende a sobreestimar la calidad del calostro, y viceversa (39). Otros factores que pueden hacer variar la densidad del calostro son la concentración total de sólidos y la edad del animal (42).
- **Refractometría.** Se utilizan refractómetros portátiles, tanto ópticos como digitales, que miden grados Brix (Figura 4), los cuales estiman indirectamente la concentración de IgG en el calostro (**ver anexo N°3**). En calostros de vacas de raza Holstein, una lectura de 22° Brix se corresponde con concentraciones de IgG mayores a 50 g/L (3, 36, 45, 54), mientras que en ganado Jersey el punto de corte estaría en una lectura de 18° Brix (45).

Los calostros que no cumplen con los requisitos de calidad adecuada pueden usarse para alimentar terneros de mayor edad, pero no deberían usarse para administrar a los terneros neonatos. Es recomendable combinar la apreciación visual con métodos de estimación de la concentración de IgG y la historia clínica de la vaca para lograr una mejor estimación de la calidad del calostro. Por ejemplo, una vaca con mastitis y alto recuento de células somáticas tendrá un calostro de alta densidad, sin que el mismo represente un calostro de buena calidad.



Figura 4. Refractómetro óptico (arriba) y digital (abajo).

c. Momento de suministro de calostro

El momento en que se suministra el calostro tiene un efecto marcado sobre la eficiencia aparente de absorción (**EAA**) de IgG y por lo tanto sobre la TPI. La EAA se estima de forma práctica de la siguiente forma: [IgG en plasma (g/L) x volumen de plasma (L)]/consumo de IgG (g).

Para lograr una buena EAA de IgG, el calostro debe ser ingerido en las primeras 3 a 6 horas de vida, y no más allá de las 12 horas, ya que luego de este período las inmunoglobulinas son degradadas por las secreciones digestivas del ternero, y la pared intestinal se vuelve relativamente impermeable a la absorción de macromoléculas intactas, como la IgG («cierre de la permeabilidad intestinal»). En la Figura 5 se observa que la EAA declina a razón de 0,66 % por cada hora de atraso (56). También es de destacar que, en el mejor de los casos, la EAA no supera el 25 a 27 % (50, 56), es decir, la absorción de IgG es naturalmente un proceso poco eficiente. En términos prácticos, cuanto antes se suministre el calostro al ternero, mayor será la eficiencia de absorción de IgG hacia la circulación sanguínea, y por ende mayores las chances de lograr una TPI exitosa.

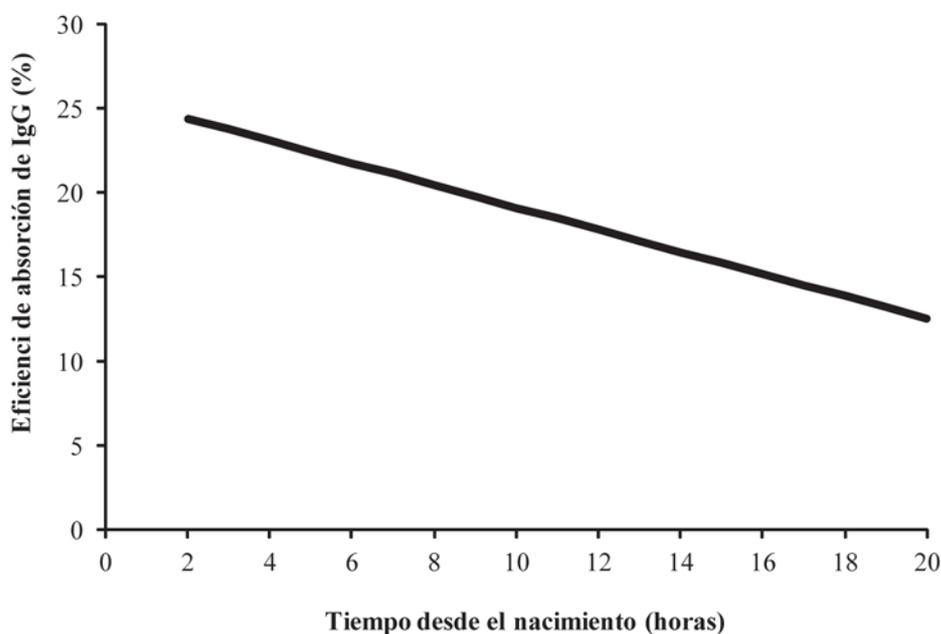


Figura 5. Efecto del tiempo desde el nacimiento hasta la primera ingesta de calostro en la eficiencia aparente de absorción de IgG. La recta de mejor ajuste es $Y = -0,66x + 25,7$ ($R^2 = 0,99$) (56).

4. ALMACENAMIENTO E HIGIENE DEL CALOSTRO

El almacenamiento de calostro refrigerado o congelado para su posterior uso (banco de calostro) se hace necesario en los sistemas de calostrado artificial. Como la mayoría de las vacas sanas produce una cantidad de calostro superior a la que necesita un ternero recién nacido para alcanzar una adecuada TPI, el almacenamiento del calostro en exceso es una forma práctica de aprovecharlo para ser utilizado en terneros con riesgo de tener fallas en la TPI, o incluso como parte de la alimentación líquida de terneros de mayor edad. Si se almacena calostro se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- hay que medir la calidad del calostro de forma de almacenar sólo el calostro de buena calidad, y si no se tiene ninguna forma objetiva de hacerlo, se debería coleccionar únicamente el calostro de primer ordeño de vacas adultas y sanas (sin presencia de sangre o grumos).
- la concentración de IgG en el calostro disminuye 3,7 % por cada hora que pasa luego del parto, por lo que se recomienda coleccionarlo dentro de las primeras dos horas, y no más allá de 6 horas del mismo (41, 43).
- se aconseja almacenar calostro de vacas individuales en vez de armar un «pool» con el calostro de distintas vacas, ya que calostros de alta calidad pueden ser diluidos con calostros de calidad inferior (44). Además, esta práctica aumenta el riesgo de exposición de los terneros a patógenos que puedan estar presentes en el calostro de al menos una vaca.
- el calostro se debe refrigerar a 4 °C o menos (14) o congelar no más allá de 1 hora desde su obtención (28).

La higiene del calostro es muy importante, ya que distintas bacterias presentes en el mismo pueden afectar la absorción de inmunoglobulinas a nivel intestinal y causar enfermedades a los terneros (33). Por este motivo se debe tener particular cuidado en coleccionar y manipular calostro en recipientes limpios y desinfectados, para minimizar la contaminación bacteriana. Es recomendable que el calostro tenga un recuento bacteriano total menor a 100.000 UFC/mL, y un recuento total de coliformes menor a 10.000 UFC/mL (38). Por ello es conveniente enviar muestras de calostro que se vaya a almacenar al laboratorio para análisis microbiológico. La contaminación de calostro con microorganismos puede ocurrir durante la recolección, manipuleo, almacenamiento, descongelación y administración, por lo que se recomienda maximizar las medidas y condiciones higiénicas durante todas estas etapas.

Si bien la concentración de IgG en calostro refrigerado en heladera permanece estable hasta por 1 semana, el recuento bacteriano total puede alcanzar valores inaceptables luego de tan solo 2 días de refrigeración, y por ese motivo debería ser consumido dentro de 48 horas si no se usan conservantes (28). Un conservante que se puede usar es una solución al 50 % de

sorbato de potasio, que se agrega al calostro inmediatamente luego de ser colectado, en una proporción de 10 mL por cada litro de calostro. De esta forma, la vida útil del calostro mantenido en heladera se prolonga hasta al menos 4 días (60).

Si se va a congelar el calostro, se debería almacenar preferiblemente en bolsas que se venden para ese propósito, o en su defecto en botellas previamente higienizadas, pero hay que tener en cuenta que el descongelado en botellas es más dificultoso. Es conveniente rotular el envase, indicando la fecha de obtención y la calidad si se hubiera evaluado, junto con otros datos que podrían ser de utilidad como el número de la vaca (Figura 6). El calostro puede conservarse congelado hasta por 1 año, siempre que no hayan ocurrido procesos de descongelado en el medio. Para su uso se debe descongelar a baño María a no más de 60 °C de temperatura, ya que de otro modo puede ocurrir la desnaturalización de la IgG (28).



Figura 6. Botellas conteniendo calostro congelado en un freezer.

Otro método para reducir la carga bacteriana y la presencia de bacterias/virus patógenos en el calostro es la pasteurización. Se ha demostrado que al utilizar calostro pasteurizado se produce una mayor absorción aparente de inmunoglobulinas, en comparación con animales alimentados con calostro sin pasteurizar (20). Si bien los motivos específicos aún no se conocen, se hipotetiza que existiría una competencia entre la IgG y las bacterias por los receptores en las células epiteliales del intestino, o que habría una unión entre las bacterias y la IgG, que reduciría su disponibilidad para su posterior absorción (20, 59).

Para evitar riesgos de desnaturalización de la IgG y cambios en la fluidez del calostro, la pasteurización debería hacerse a menor temperatura (60 °C) y por más tiempo (60 minutos), que cuando se pasteuriza leche de descarte usando un pasteurizador en batch o LT-LT (pasteurización lenta) (Figura 7). El calostro pasteurizado, si se almacena refrigerado en un recipiente limpio y tapado, tiene una vida útil de 8 a 10 días (28).



Figura 7. Pasteurizador de calostro.

En cuanto a los aspectos microbiológicos es importante mencionar que el calostro puede ser una fuente de microorganismos patógenos para el ternero. Varias bacterias patógenas incluidas *Salmonella* sp., *Escherichia coli*, y *Mycobacterium avium paratuberculosis* (agente causal de paratuberculosis o enfermedad de Johne) pueden ser transmitidas por medio del calostro al ternero (32, 58). También es importante destacar que el final de la gestación y el parto son momentos de «estrés inmunológico» para las vacas, debido a las altas demandas inmunológicas que requiere la producción de calostro. Durante este período las vacas pueden eliminar mayores concentraciones de microorganismos con la materia fecal, entre ellos, microorganismos que son importantes causas de diarrea neonatal en terneros, tales como *Cryptosporidium parvum* (17). Además, vacas adultas clínicamente normales pueden eliminar rotavirus y coronavirus (13), que también causan diarrea neonatal en los terneros. Estos conceptos son fundamentales para entender el posible rol del calostro en la transmisión de enfermedades, y la importancia de evitar la contaminación de calostro con materia fecal de las vacas, tanto al momento de la recolección, como durante el almacenaje, manipulación y administración a los terneros.

5. USO DE SUPLEMENTOS O SUSTITUTOS DEL CALOSTRO

Los suplementos o sustitutos de calostro representan formulaciones comerciales. Hay diversas situaciones en las que se pueden usar suplementos o sustitutos de calostro, tales como la falta de calostro fresco o almacenado, o cuando se quiere evitar la transmisión de algunas enfermedades que pueden transmitirse por el calostro, entre otras. Mientras que los suplementos sólo aportan una cantidad adicional de IgG por dosis (usualmente 50 g de IgG o menos) y ningún otro nutriente (y por lo tanto no reemplazan al calostro materno), una dosis típica de sustituto de calostro aporta unos 100 g de IgG, además de energía, proteínas, minerales y vitaminas, lo que teóricamente le permite al ternero lograr una adecuada inmunidad y satisfacer los requerimientos de nutrientes en el primer día de vida (8). Sin embargo, como fuera señalado anteriormente, las recomendaciones actuales apuntan a ofrecer entre 150 y 200 g de IgG lo antes posible luego del nacimiento.

Los reportes sobre el uso de sustitutos de calostro, tanto de origen lácteo (calostro materno) como de suero bovino, han presentado resultados variables. Su empleo podría ser efectivo si se provee en una única dosis elevada (usualmente mayor a la recomendada por el fabricante) lo antes posible luego del parto, lo que hace necesario considerar la relación costo-beneficio de esta práctica (8). Como regla general, la primera elección en un programa de calostrado debe ser el calostro materno de alta calidad, antes que los sustitutos o suplementos.

6. EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALOSTRADO

Se considera que la TPI fue exitosa si la concentración de IgG en suero del ternero medida entre las 24 y 72 horas de vida es mayor a 10 g/L. Como fuera mencionado antes, la técnica de inmunodifusión radial es el método de referencia para determinar dicha concentración en suero. Sin embargo, debido al costo y al tiempo que insume esta determinación, se han desarrollado otros métodos para su evaluación a campo, como son los refractómetros. Un refractómetro es un aparato portátil que mide la refracción de la luz al pasar a través de un líquido que es debida a diferencias en la densidad del mismo. Las diferencias en la refracción de la luz son debidas a variaciones en la concentración de sólidos totales, que en muestras de suero están mayormente representados por las proteínas totales, que a su vez están correlacionadas positivamente con la concentración de inmunoglobulinas, y específicamente de IgG (28). Por lo tanto, la medición obtenida con el refractómetro permite estimar indirectamente la concentración de IgG en el suero del ternero (**ver anexo N° 4**). Algunos refractómetros tienen una escala que permite leer los resultados directamente en términos de concentración expresados en g/dL, mientras que otros expresan los resultados en °Brix.

Se ha reportado que una estimación mínima de 5,2 g/dL de proteínas totales en suero de terneros sanos y bien hidratados, o de 5,5 g/dL en terneros enfermos, se corresponde con concentraciones de IgG en suero mayores a 10 g/L, que es el punto de corte de una adecuada TPI (30, 38). Estos valores se corresponden con 8,4 y 8,5° Brix (15, 30), respectivamente, en los refractómetros que ofrecen una lectura en esta escala. En todos los casos hay que conocer el rango de temperatura en que trabaja el refractómetro para no realizar una lectura errónea, ya que algunos corrigen automáticamente por la temperatura ambiente, mientras que otros no. La medición debería ser realizada idealmente en terneros que hayan consumido calostro al menos 6 horas antes (38), y que tengan entre 24 y 72 horas de vida, ya que la relación entre IgG y proteínas totales es más débil en animales de mayor edad (51). En circunstancias excepcionales (por ejemplo, si no hubiera terneros disponibles de esa edad para realizar la medición), la estimación podría realizarse en animales de hasta 7 días de vida.

Asociado a lo anterior, varios trabajos (18, 63, 70) han reportado que la concentración de proteínas totales en suero estuvo negativamente asociada al riesgo de mortalidad en terneros (Figura 8).

Sin embargo, la relación entre proteínas totales e IgG en suero es dependiente, a su vez, de la relación IgG/proteínas totales en el calostro, o en el sustituto o suplemento de calostro utilizado. En la Figura 9 se puede observar que, al alimentar terneros con calostro maternal, la concentración de proteínas totales en suero que se corresponde con una concentración de IgG de 10 g/L fue de 5,3 g/dL (similar al punto de corte mencionado anteriormente de 5,2 g/dL). Sin embargo, cuando se alimentaron con un sustituto de calostro, la concentración de proteínas totales en suero que se correspondió con una

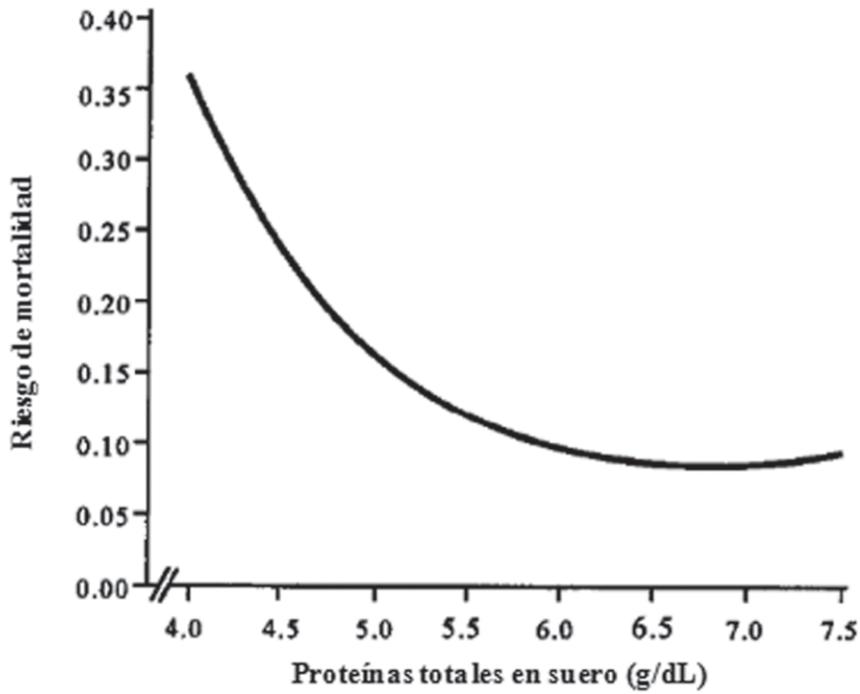


Figura 8. Relación entre la concentración de proteínas totales en suero y el riesgo de mortalidad de terneras entre el nacimiento hasta 6 meses de vida (18).

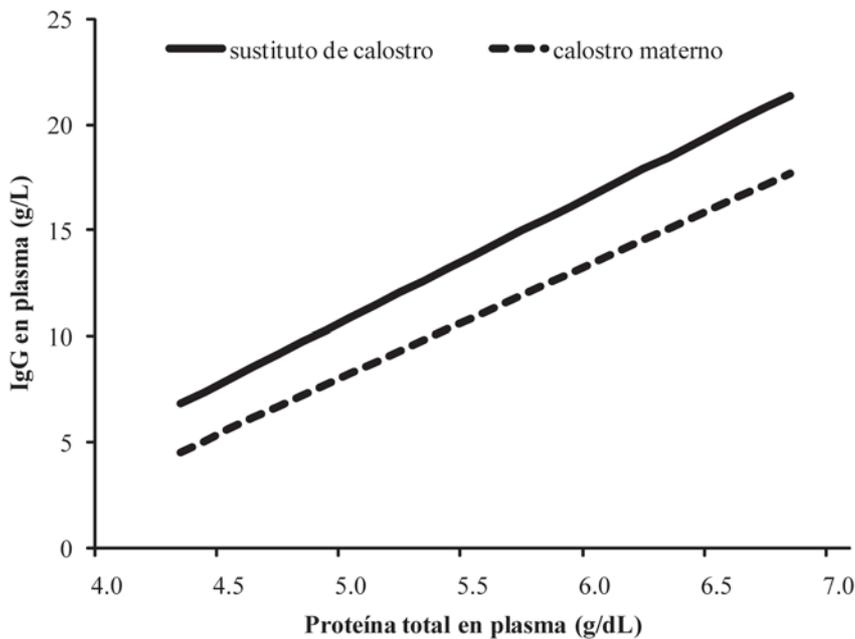


Figura 9. Relación entre la concentración de proteínas totales y la concentración de IgG en plasma de terneros alimentados con calostro materno o sustituto de calostro. La recta de mejor ajuste al usar calostro materno es $Y = 5,26x - 18,07$ ($R^2 = 0,72$) y al usar sustituto de calostro es $Y = 5,83x - 18,27$ ($R^2 = 0,62$) (53).

concentración de IgG de 10 g/L fue de 4,9 g/dL. Es decir, en este caso la estimación de las proteínas totales en suero usando un refractómetro podría llevar a una conclusión equivocada, ya que, según el criterio anterior, un valor de 4,9 g/dL de proteínas totales en suero significaría que hubo falla en la TPI. Por lo tanto, hay que tener la precaución de que cuando no se usa calostro materno, o este tiene alguna característica que lleva a sospechar que su composición sea atípica, la relación entre proteínas totales e IgG en suero puede no ser la misma que para el calostro materno promedio. En estas circunstancias, la determinación de IgG por medición directa a través de inmunodifusión radial representa una alternativa más adecuada que la refractometría.

Actualmente se disponen de otras técnicas para evaluar la TPI en condiciones de campo, como ser: el test de coagulación por glutaraldehído, la determinación de la actividad sérica de la enzima gamma-glutamyltransferasa, y el test de turbidez con sulfato de zinc. Sin embargo, la refractometría es un método fácil de usar, rápido, económico y preciso, que no requiere de mayores herramientas para su realización a campo, con excepción de la adquisición de un refractómetro.

Se debe señalar que la medición de las proteínas totales en suero puede no ser un indicador preciso del grado de TPI logrado en un solo ternero, sino que su mayor utilidad es cuando se hace referencia a una población de terneros. En este sentido, una forma práctica de evaluar la TPI a nivel del rodeo general de terneros en el campo es obtener muestras de suero sanguíneo de 12 terneros que hayan consumido calostro al menos 24 horas antes y que tengan idealmente entre 1 y 3 días de vida, y no más de 1 semana de vida (38, 51). Las muestras de sangre se dejan coagular a temperatura ambiente hasta que el coágulo se retraiga y desuere, se extrae el suero y se evalúa la concentración de proteínas séricas. Esta medición puede hacerse en una misma visita, pero en tambos con pocos terneros en la crianza se pueden acumular los resultados de análisis sucesivos hasta acumular resultados de 12 individuos.

Se considera que hay una adecuada TPI en el predio si al menos 80% de los terneros evaluados presentan concentraciones séricas de proteínas totales iguales o mayores a 5,5 g/dL (38). Otros autores mencionan una meta de que al menos 90 % de los terneros evaluados deberían tener concentraciones de proteínas totales en suero iguales o mayores a 5 g/dL (28), o lecturas iguales o mayores a 8,5° Brix. Valores inferiores indican que el plan de calostrado debería ser revisado.

7. CONCLUSIÓN

El calostrado es el factor individual más importante que determina la salud y la supervivencia de los terneros neonatos. Para asegurar una adecuada TPI, los terneros deben consumir una cantidad suficiente de calostro de buena calidad tan pronto como sea posible luego del nacimiento, ya que la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas desciende abruptamente pocas horas luego del mismo. En los sistemas de producción actuales se considera que el calostrado artificial con calostro materno, si bien es más demandante de trabajo, ofrece beneficios en comparación con el calostrado natural, que redundan en una TPI más eficiente. La evaluación de la calidad del calostro y el monitoreo del calostrado mediante la estimación de las proteínas totales presentes tanto en el calostro como en el suero de los terneros recientemente calostrados, son prácticas fácilmente aplicables a nivel de campo, que permiten detectar problemas en el calostrado y tomar medidas preventivas y/o correctivas para mejorar la salud y supervivencia de las terneras, y con ello la eficiencia global del tambo.

8. SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES

1. En los establecimientos en los que sea posible, es altamente recomendable instaurar un programa de calostrado artificial como rutina. Si se decide que el ternero permanezca con la madre luego del parto (calostrado natural), supervisar que consuma calostro dentro de las 6 horas de vida.
2. Incluso en los sistemas de calostrado natural, se aconseja calostrear artificialmente al ternero si este no mama calostro, si la vaca no se deja amamantar, o es una vaca de primer parto (sin experiencia), o una vaca que tuvo mastitis al parto, un período seco muy corto, o padeció estrés calórico en el parto.
3. Cuando se realice calostrado artificial, suministrar una cantidad de calostro equivalente al 10 % del peso al nacimiento (4 litros para un ternero de 40 kilos) dentro de las 6 horas del nacimiento.
4. Se puede calostrear al ternero con una mamadera o una sonda bucoesofágica; ambos métodos permiten lograr resultados similares en cuanto a la inmunidad que logra el ternero.
5. Se puede armar un «banco» de calostro para dar a los terneros ordeñando el primer calostro de vacas adultas y sanas, dentro de las 2 horas luego del parto, en recipientes limpios y desinfectados. Las vacas no deben haber tenido un período seco menor a 3 semanas, y deben haber sido vacunadas en el último tercio de la gestación. Descartar calostros con grumos, sangre, heces u otros elementos contaminantes.

6. Si se usa un densímetro para evaluar la calidad del calostro a almacenar, éste tendría que tener una densidad relativa mayor a 1,050, o una concentración de inmunoglobulina G mayor a 50 g/L. Si se usa un refractómetro que mida en °Brix, debería tener una lectura mayor a 22° Brix para vacas Holando y 18° Brix para Jersey.
7. Para que sea apto para suministrar a los terneros, el calostro debería tener un recuento bacteriano total menor a 100.000 UFC/mL, y un recuento total de coliformes menor a 10.000 UFC/mL.
8. El calostro se debe refrigerar o congelar dentro de 1 hora de obtenido. Si se refrigera en heladera, se debe consumir dentro de 48 horas, excepto que se adicionen preservantes como el sorbato de potasio a razón de 10 mL por litro de calostro, en cuyo caso la vida útil en refrigeración se extiende a 4 días. Si se congela en botellas o bolsas limpias, puede conservarse hasta por 1 año. Para usar, se descongela a baño María a no más de 60 °C para evitar la desnaturalización de las inmunoglobulinas.
9. Se puede evaluar si un ternero está bien calostrado midiendo el nivel de proteínas totales en el suero sanguíneo entre las 24 y 72 horas de vida, o excepcionalmente hasta 1 semana de vida. Si la lectura es $\geq 5,2$ g/dL de proteínas totales, u 8,5° Brix, se considera que hubo una correcta TPI.
10. Se considera que el programa de calostrado del tambo es adecuado si en una muestra de 12 terneros, al menos 80% de los animales presentan concentraciones séricas de proteínas totales iguales o mayores a 5,5 g/dL, o al menos 90% de los animales presentan concentraciones iguales o mayores a 5 g/dL o lecturas iguales o mayores a 8,5° Brix. Valores inferiores indican que el plan de calostrado debe ser revisado.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Beam A, Lombard J, Koprak C, Garber L, Winter A, Hicks J, Schlater J. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. *J Dairy Sci* 92:3973–3980.
2. Besser TE, Gay CC, Pritchett L. 1991. Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *J Am Vet Med Assoc* 198: 419–422.
3. Biemann 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. *J Dairy Sci* 93:3713–3721.
4. Blecha F, Bull RC, Olson DP, Ross RH, Curtis S. 1981. Effects of prepartum protein restriction in the beef cow on immunoglobulin content in blood and colostrum whey and subsequent immunoglobulin absorption by the neonatal calf. *J Anim Sci* 53:1174–1180.
5. Blum JW, Hammon H. 2000. Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest Prod Sci* 66:151–159.
6. Brandon MR, Lascelles AK. 1975. The effect of pre-partum milking on the transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows. *Aust J Exp Biol Med Sci* 53:197–204.
7. Brignole TJ, Stott GH. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *J Dairy Sci* 63:451–456.
8. Cabral RG, Chapman CE, Erickson PS. 2013. Review: Colostrum supplements and replacers for dairy calves. *Prof Anim Sci* 29:449–456.
9. Cabral RG, Chapman CE, Kent EJ, Erickson PS. 2015. Estimating plasma volume in neonatal Holstein calves fed one or two feedings of a lacteal-based colostrum replacer using Evans blue dye and hematocrit values at various time points. *Can J Anim Sci* 95:293–298.
10. Chigerwe M, Tyler JW, Schultz LG, Middleton JR, Steevens BJ, Spain JN. 2008. Effect of colostrum administration by use of oroesophageal intubation on serum IgG concentrations in Holstein bull calves. *Am J Vet Res* 69:1158–1163.
11. Chigerwe M, Coons DM, Hagey JV. 2012. Comparison of colostrum feeding by nipple bottle versus oroesophageal tubing in Holstein dairy bull calves. *J Am Vet Med Assoc* 241:104–109.
12. Conneely M, Berry DP, Murphy JP, Lorenz I, Doherty ML, Kennedy E. 2014. Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:6991–7000.
13. Crouch CF, Acres SD. 1984. Prevalence of rotavirus and coronavirus antigens in the feces of normal cows. *Can J Comp Med* 48: 340–342.
14. Cummins C, Lorenz I, Kennedy E. 2016. Short communication: The effect of storage conditions over time on bovine colostrum immunoglobulin G concentration, bacteria, and pH. *J Dairy Sci* 99:4857–4863.
15. Deelen SM, Ollivett TL, Haines DM, Leslie KE. 2014. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *J Dairy Sci* 97:3838–3844.

16. Denise SK, Robison JD, Stott GH, Armstrong DV. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J Dairy Sci* 72:552–554.
17. De Waele V, Berzano M, Speybroeck N, Berkvens D, Mulcahy GM, Murphy TM. 2012. Peri-parturient rise of *Cryptosporidium* oocysts in cows: new insights provided by duplex quantitative real-time PCR. *Vet Parasitol* 189:366–368.
18. Donovan GA, Dohoo IR, Montgomery DM, Bennett FL. 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prev Vet Med* 34:31–46.
19. Drackley JK. 2011. The other side of the transition: Effects on colostrum and calf. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort-Wayne, Indiana, USA. pp: 71–77.
20. Elizondo-Salazar JA, Heinrichs AJ. 2009. Feeding heat treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J Dairy Sci* 92:3265–3273.
21. Elizondo-Salazar JA, Jones CM, Heinrichs AJ. 2011. Technical note: Feeding colostrum with an esophageal feeder does not reduce immunoglobulin G absorption in neonatal dairy heifer calves. *Prof Anim Sci* 27:561–564.
22. Faber SN, Faber NE, McCauley TC, Ax RL. 2005. Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Prof Anim Sci* 21:420–425.
23. Ferdowsi Nia E, Nikkhah A, Rahmani HR, Alikhani M, Mohammad Alipour M, Ghorbani GR. 2010. Increased colostrum somatic cell counts reduce pre-weaning calf immunity, health and growth. *J Anim Physiol Anim Nut* 94:628–634.
24. Fleenor WA, Stott GH. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci* 63:973–977.
25. Franklin ST, Amaral-Phillips DM, Jackson JA, Campbell AA. 2003. Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *J Dairy Sci* 86:2145–2153.
26. Furman-Fratczak K, Rzasca A, Stefaniak T. 2011. The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *J Dairy Sci* 94:5536–5543.
27. Gapper LW, Copestake DEJ, Otter DE, Indyk HE. 2007. Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrums and dietary supplements: a review. *Anal Bioanal Chem* 389:93–109.
28. Godden S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin Food Anim* 24:19–39.
29. Godden S, Haines DM, Konkol K, Peterson J. 2009. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *J Dairy Sci* 92:1758–1764.
30. Hernandez D, Nydam DV, Godden SM, Bristol LS, 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. *Vet J* 211: 82–87.
31. Hough RL, McCarthy FD, Kent HD, Eversole DE, Wahlberg ML. 1990. Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. *J Anim Sci* 68:2622–2627.
32. Houser BA, Donaldson SC, Kehoe SI, Heinrichs AJ, Jayarao BM. 2008. A survey of bacteriological quality and the occurrence of *Salmonella* in raw bovine colostrum. *Foodborne Pathog Dis* 5: 853–858.

33. James RE, Polan CE, Cummins KA. 1981. Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of [Iodine-125] α -globulin in vivo by intestinal segments of neonatal calves. *J Dairy Sci* 64:52–61.
34. Kehoe SI, Heinrichs AJ, Moody ML, Jones CM, Long MR. 2007. Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrums. *Prof Anim Sci* 27:176–180.
35. Langel SN, Wark WA, Garst SN, James RE, McGilliard ML, Petersson-Wolfe CS, Kanevzky-Mullarky I. 2015. Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: The neonatal period. *J Dairy Sci* 98:1–12.
36. Løkke MM, Engelbrecht R, Wiking L. 2016. Covariance structures of fat and protein influence the estimation of IgG in bovine colostrum. *J Dairy Res* 83: 58–66.
37. Maunsell FP, Morin DE, Constable PD, Hurley WL, McCoy GC, Kakoma I, Isaacson RE. 1998. Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows. *J Dairy Sci* 81:1291–1299.
38. McGuirk SM, Collins M. 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Vet Clin Food Anim* 20: 593–603.
39. Mechor GD, Gröhn YT, McDowell LR, Van Saun RJ. 1992. Specific gravity of bovine colostrum immunoglobulins as affected by temperature and colostrum components. *J Dairy Sci* 75:3131–3135.
40. Monteiro APA, Tao S, Thompson IM, Dahl GE. 2014. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostrum and calf factors. *J Dairy Sci* 97:6426–6439.
41. Moore M, Tyler JW, Chigerwe M, Dawes ME, Middleton JR. 2005. Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 226:1375–1377.
42. Morin DE, Constable PD, Maunsell FP, McCoy GC. 2001. Factors associated with colostrum specific gravity in dairy cows. *J Dairy Sci* 84:937–943.
43. Morin DE, Nelson SV, Reid ED, Nagy DV, Dahl GE, Constable PD. 2010. Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostrum IgG concentrations in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 237:420–428.
44. Morrill KM, Conrad E, Lago A, Campbell J, Quigley J, Tyler H. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrums on dairy farms in the United States. *J Dairy Sci* 95:3997–4005.
45. Morrill K, Robertson K, Spring M, Robinson A, Tyler H. 2015. Validating a refractometer to evaluate immunoglobulin G concentration in Jersey colostrum and the effect of multiple freeze–thaw cycles on evaluating colostrum quality. *J Dairy Sci* 98:595–601.
46. Muller LD, Ellinger DK. 1981. Colostrum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J Dairy Sci* 64:1727–1730.
47. NAHMS. National Animal Health Monitoring System. 1993. Transfer of maternal immunity to calves. National Dairy Heifer Evaluation Project. USDA, APHIS, Veterinary Services. Disponible en: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/ndhep/NDHEP_Immunity.pdf. Acceso: 11/3/16.
48. Nardone A, Lacetera N, Bernabucci U, Ronchi B. 1997. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J Dairy Sci* 80:838–844.

49. NRC. National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition. Washington D.C. National Academy Press. 381 p.
50. Osaka I, Matsui Y, Terada F. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *J Dairy Sci* 97:6608–6612.
51. Quigley JD. 1998. Using a refractometer. Disponible en: Calf Notes.com (<http://www.calfnotes.com>). Acceso: 10/3/16.
52. Quigley JD, Drewry JJ, Martin KR. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J Dairy Sci* 81:1308–1312.
53. Quigley JD, Kost CJ, Wolfe TM. 2002. Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer. *J Dairy Sci* 85:1243–1248.
54. Quigley JD, Lago A, Chapman C, Erickson P, Polo J. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci* 96:1148–1155.
55. Robison JD, Stott GH, DeNise SK. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in dairy heifers. *J Dairy Sci* 71:1283–1287.
56. Roche JR, Dennis NA, Macdonald KA, Phyn CVC, Amer PR, White RR, Drackley JK. 2015. Growth targets and rearing strategies for replacement heifers in pasture-based systems: a review. *Anim Prod Sci* 55:902–915.
57. Santos JEP, DePeters EJ, Jardon PW, Huber JT. 2001. Effect of prepartum dietary protein level on performance of primigravid and multiparous Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 84:213–224.
58. Stabel JR, Bradner L, Robbe-Austerman S, Beitz DC. 2014. Clinical disease and stage of lactation influence shedding of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis into milk and colostrum of naturally infected dairy cows. *J Dairy Sci* 97:6296–6304.
59. Staley TE, Bush LJ. 1985. Receptor mechanism of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease. *J Dairy Sci* 68:184–205.
60. Stewart SS, Godden S, Bey R, Rapnicki P, Fetrow J, Farnsworth R, Scanlon M, Arnold Y, Clow L, Mueller K, Ferrouillet C. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J Dairy Sci* 88:2571–2578.
61. Swan H, Godden S, Bey R, Wells S, Fetrow J, Chester-Jones H. 2007. Passive transfer of immunoglobulin G and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *J Dairy Sci* 90:3857–3866.
62. Trotz-Williams LA, Leslie KE, Peregrine AS. 2008. Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *J Dairy Sci* 91:3840–3849.
63. Tyler JW, Hancock DD, Wiksie SE, Holler SL, Gay JM, Gay CC. 1998. Use of serum protein concentration to predict mortality in mixed-source dairy replacement heifers. *J Vet Intern Med* 12:79–83.
64. Tyler JW, Hancock DD, Thorne JG, Gay CC, Gay JM. 1999. Partitioning the mortality risk associated with inadequate passive transfer of colostrum immunoglobulins in dairy calves. *J Vet Intern Med* 13:335–337.

65. Tyler JW, Steevens BJ, Hostetier DE, Holle JM, Denbigh JL. 1999. Colostral immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows. *Am J Vet Res* 60:1136–1139.
66. van Kneysel ATM, van der Drift SGA, Cermáková J, Kemp B. 2013. Effects of shortening the dry period of dairy cows on milk production, energy balance, health, and fertility: A systematic review. *Vet J* 198:707–713.
67. Waldner CL, Rosengren LB. 2009. Factors associated with serum immunoglobulin levels in beef calves from Alberta and Saskatchewan and association between passive transfer and health outcomes. *Can Vet J* 50:275–281.
68. Wells SJ, Dargatz DA, Ott SL. 1996. Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prev Vet Med* 29:9–19.
69. Wesselink R, Stafford KJ, Mellor DJ, Todd S, Gregory NG. 1999. Colostrum intake by dairy calves. *N Z Vet J* 47:31–34.
70. Windeyer MC, Leslie KE, Godden SM, Hodgins DC, Lissemore KD, LeBlanc SJ. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev Vet Med* 113:231–240.
71. Wittum TE, Perino LJ. 1995. Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves. *Am J Vet Res* 56:1149–1154.
72. Yang M, Zou Y, Wu ZH, Li SL, Cao ZJ. 2015. Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 98:7153–7163.

ANEXO N°1 CALOSTRADO ARTIFICIAL DEL TERNERO USANDO SONDA BUCOESOFÁGICA

En determinados casos puede ser conveniente usar una sonda bucoesofágica para suministrar el calostro a los terneros. Para hacerlo, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Usar una sonda previamente limpia y desinfectada (importante para evitar el contagio de enfermedades infecciosas entre terneros) y en buen estado de manutención (sin bordes cortantes en la porción de la sonda que se introduce en el esófago) para evitar traumatizar la garganta y el esófago durante el procedimiento.
2. Para tener una idea de la longitud de la sonda que se insertará en el animal, calcule que la misma será la distancia que hay entre la boca y la articulación escápulo-humeral («hombro») del animal (Figura 10).



Figura 10. Estimación de la distancia entre la boca y el «hombro» del ternero.

3. Con el ternero parado, se sujeta su cabeza entre las piernas, y se introduce la sonda por la boca, pero sin administrar calostro aún, para evitar que por error sea inhalado hacia los pulmones (Figura 11). Es altamente recomendable que, al momento de introducir el bulbo de la sonda en la boca, el morro del ternero esté en un plano inferior que sus orejas. Esta posición puede favorecerse empujando suavemente el morro hacia abajo con la ayuda de las manos y facilita la deglución de la sonda. Al introducir la sonda hacerlo apenas sobre el lado izquierdo de la cavidad bucal (el esófago se encuentra levemente a la izquierda de la tráquea).



Figura 11. Introducción de la sonda bucoesofágica por la boca del ternero.

4. Una vez que el ternero deglutió la sonda, empujarla suavemente hacia la porción distal del esófago. La sonda se puede palpar con la mano a través de su pasaje por la porción cervical del esófago, sobre el lado izquierdo del cuello del animal (Figura 12). Esto garantiza que la sonda está correctamente localizada en el esófago. Si se observa al ternero



Figura 12. Palpación de la sonda a través del esófago.



Figura 13. Suministro de calostro a través de la sonda.

toser, hay que verificar que no se esté introduciendo la sonda por la tráquea. La tráquea se asemeja a un tubo firme y con anillos, y por lo tanto la sonda no resulta palpable cuando se introduce erróneamente en ella.

5. Una vez que la sonda queda colocada (la longitud insertada debe coincidir con la estimación hecha en el paso 2), se empieza a suministrar el calostro, manteniendo la bolsa por encima del ternero para que el líquido fluya por gravedad (Figura 13).
6. Dar tiempo suficiente para que todo el calostro llegue al rumen/abomaso, previo a retirar la sonda. Antes de hacerlo, retirar la bolsa o cerrar el pasaje de líquido hacia la sonda.
7. Luego de cada uso, limpiar todo el equipo con agua caliente y jabón/detergente, y realizar un enjuague final con agua caliente. Desinfectar antes de su próximo uso. Verificar también el estado de la sonda y la ausencia de bordes filosos y fisuras luego de su uso. Descartar las sondas que no sean aptas.

ANEXO Nº 2

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CALOSTRO USANDO DENSÍMETRO

1. Poner el calostro en una probeta a 20 °C. Si la temperatura del calostro es menor a 20 °C al momento de la lectura, se puede sobreestimar la calidad del mismo, y viceversa.
2. Introducir el densímetro en el calostro y dejarlo flotar evitando el contacto con las paredes de la probeta (Figura 14).
3. Leer en la escala el valor de densidad que queda indicado al nivel de la superficie del líquido.
4. Dependiendo de la escala del densímetro, el calostro adecuado para administrar a terneros recién nacidos es aquél que tiene una densidad relativa mayor a 1,050, o una concentración de IgG mayor a 50 g/L; en densímetros con escala en colores, corresponde a las lecturas dentro del rango de color verde (Figura 15).
5. Calostros con valores inferiores pueden ser usados para alimentar a terneros de mayor edad, pero no deberían usarse para calostrear terneros neonatos.



Figura 14. Densímetro sumergido en una probeta que contiene calostro.



Figura 15. Densímetro con escala de lectura en colores.

ANEXO N° 3

USO DEL REFRACTÓMETRO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL CALOSTRO

La calidad del calostro puede ser medida indirectamente usando un refractómetro que mida concentración en grados Brix. El refractómetro puede ser óptico o digital. En el caso de usar un refractómetro óptico hay que seguir los siguientes pasos:

1. Calibrar el refractómetro con agua destilada según las instrucciones del fabricante.
2. Si el refractómetro compensa automáticamente la temperatura del calostro, el mismo puede usarse a temperatura ambiente. En caso que el refractómetro no tenga compensación automática, el calostro deberá estar a la temperatura que indique el fabricante (generalmente a 20 °C).
3. Depositar una gota de calostro sobre la superficie óptica del refractómetro, que deberá estar limpia y seca (Figura 16).

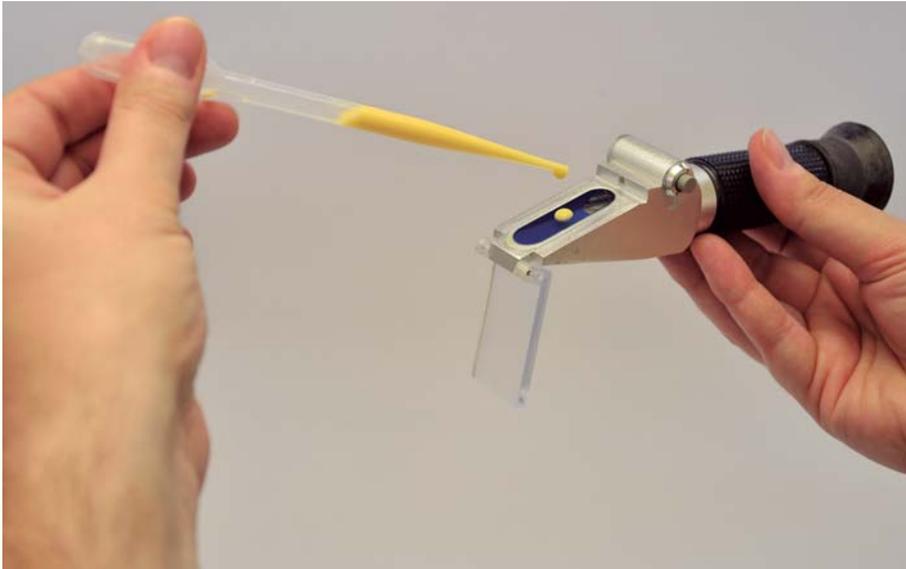


Figura 16. Colocación de calostro en la superficie óptica del refractómetro.

4. La cantidad de calostro depositada será suficiente para que cuando se cierre la tapa al menos la mitad de la superficie óptica quede cubierta por el líquido (Figura 17).
5. Observar a través del ocular y leer el valor correspondiente a la línea que separa la zona oscura de la zona clara (Figura 18).
6. Limpiar y secar el refractómetro antes del siguiente uso.



Figura 17. Cierre de la tapa sobre la superficie óptica del refractómetro.

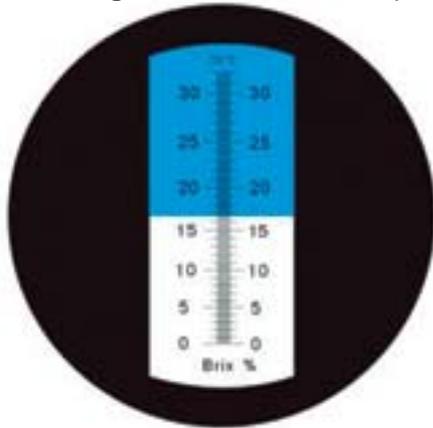


Figura 18. Lectura de la calidad de un calostro usando un refractómetro que mide en grados Brix.



Figura 19. Colocación de calostro en la superficie de lectura de un refractómetro digital que mide en grados Brix.

En el caso de usar un refractómetro digital se procede igual que en el caso anterior, con la diferencia que la gota se deposita directamente sobre la superficie de lectura (Figura 19) y se registra el valor expresado digitalmente indicado en la pantalla.

El calostro de vacas Holstein para utilizar en la primera alimentación del ternero es aquel que tiene una lectura igual o mayor a 22° Brix. En caso de vacas Jersey, el calostro debería tener una lectura igual o mayor a 18° Brix. Calostros con valores inferiores pueden ser usados para alimentar a terneros de mayor edad, pero no deberían usarse para calostrear terneros neonatos.

ANEXO N° 4

USO DEL REFRACTÓMETRO PARA EVALUAR EL NIVEL DE TRANSFERENCIA PASIVA DE INMUNIDAD

El refractómetro también permite evaluar indirectamente el grado de transferencia pasiva de inmunidad en terneros alimentados con calostro materno. Para ello, hay que proceder de la siguiente forma:

1. Seleccionar terneros con entre 1 y 3 días de vida y obtener una muestra de sangre de la vena yugular en un tubo seco (Figura 20).



Figura 20. Obtención de una muestra de sangre por punción de la vena yugular de un ternero.



Figura 21. Colecta de suero usando una pipeta descartable.

2. Dejar reposar la muestra a temperatura ambiente hasta que se retraiga el coágulo y desuere.
3. Colectar el suero del tubo usando una pipeta descartable (Figura 21).
4. Depositar una gota de suero en el refractómetro (ya sea óptico o digital) como fue explicado anteriormente en el anexo N° 2, y leer el valor (Figura 22).
5. Dependiendo de la escala del refractómetro, se considera que hubo un buen calostrado si la lectura es $\geq 5,2$ g/dL, u $8,5^\circ$ Brix.



Figura 22. Colocación de suero en la superficie óptica del refractómetro.

Impreso en Editorial Hemisferio Sur S.R.L.
Buenos Aires 335
Montevideo - Uruguay

Depósito Legal 369.601

INIA Dirección Nacional

Andes 1365, P. 12
Montevideo
Tel.: 598 2902 0550
Fax: 598 2902 3633
iniadn@dn.inia.org.uy

INIA La Estanzuela

Ruta 50, Km 11
Colonia
Tel.: 598 4574 8000
Fax: 598 4574 8012
iniale@le.inia.org.uy

INIA Las Brujas

Ruta 48, Km 10
Canelones
Tel.: 598 2367 7641
Fax: 598 2367 7609
inia_lb@lb.inia.org.uy

INIA Salto Grande

Camino al Terrible
Salto
Tel.: 598 4733 5156
Fax: 598 4732 9624
inia_sg@sg.inia.org.uy

INIA Tacuarembó

Ruta 5, Km 386
Tacuarembó
Tel.: 598 4632 2407
Fax: 598 4632 3969
iniatbo@tb.inia.org.uy

INIA Treinta y Tres

Ruta 8, Km 281
Treinta y Tres
Tel.: 598 4452 2023
Fax: 598 4452 5701
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.uy