



Agronomía Mesoamericana
ISSN: 1021-7444
pccmca@cariari.ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Elizondo-Salazar, Jorge Alberto
Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche
Agronomía Mesoamericana, vol. 18, núm. 2, julio-diciembre, 2007, pp. 271-281
Universidad de Costa Rica
Alajuela, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43718213>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

INFORMACIÓN TÉCNICA

ALIMENTACIÓN Y MANEJO DEL CALOSTRO EN EL GANADO DE LECHE¹

Jorge Alberto Elizondo-Salazar²

RESUMEN

Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. El presente trabajo es una revisión de literatura cuyo objetivo es resaltar la importancia de la alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. La transferencia de inmunidad pasiva en terneras debe ocurrir por ingestión de calostro, ya que la placenta bovina previene la transferencia de inmunoglobulinas (Ig) de la madre al feto. La concentración de Ig en el calostro ha sido asociada como un factor importante para alcanzar niveles adecuados de inmunoglobulinas en el suero sanguíneo de terneras recién nacidas. Sin embargo, las terneras pueden absorber Ig del calostro solamente por un tiempo limitado después del nacimiento, y poca absorción es posible más allá de 24 h. Una inadecuada absorción de Ig, especialmente IgG1 dará como resultado bajas concentraciones de Ig en el suero de las terneras y un mayor riesgo de adquirir enfermedades que eventualmente podrían ocasionar la muerte. Además del tiempo que transcurre entre el nacimiento y el suministro de calostro, la concentración de Ig en el suero sanguíneo de las terneras dependerá de la masa de Ig consumidas, lo cuál está en función del volumen de calostro consumido, la concentración de Ig en el mismo y la eficiencia de absorción de las Ig por parte de la ternera. Muchos factores influyen sobre la concentración del Ig en el calostro de vacas lecheras, entre ellos el número de lactancia, la cantidad de calostro producido y el tiempo transcurrido después del parto.

Palabras clave: Calostro, inmunoglobulinas, terneras, ganado de leche, inmunidad pasiva.

ABSTRACT

Feeding and management of colostrum in dairy cattle. The objective of the present study is to review the literature and discuss the importance of feeding and management of colostrum in dairy cattle. Transfer of passive immunity to calves must occur by ingestion of colostrums since the bovine placenta prevents the transfer of immunoglobulins (Ig) from the mother to the fetus. The concentration of Ig in colostrum has been considered an important factor in attainment of adequate postcolostral serum Ig in the bovine neonate. Nevertheless, calves are able to absorb Ig from colostrum for a limited time after birth, and little absorption is possible beyond 24 h. Failure to absorb sufficient Ig, particularly IgG1, will result in low concentrations of Ig in serum and an increased risk of disease and mortality. In addition to the timing of colostrum ingestion, serum Ig concentration depends on the mass of Ig consumed, which is determined by the volume of colostrum fed, Ig concentration of the colostrum, and the efficiency of the absorption of Ig by the calf. Many factors influence the concentration of the Ig in the colostrum of dairy cows, including lactation records, amount of colostrum produced, and time after parturition.

Key words: Colostrum, immunoglobulin, calves, dairy cattle, passive immunity.



¹ Recibido: 15 de febrero, 2007. Aceptado: 29 de agosto, 2007.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: jaelizon@cariari.ucr.ac.cr.

INTRODUCCIÓN

El sistema inmune de la ternera al nacimiento es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) para combatir infecciones (Sasaki *et al.* 1983). Adicionado a ello, la estructura de la placenta bovina previene la transferencia de Ig séricas de la madre al feto antes del nacimiento (Nocek *et al.* 1984; Argüello *et al.* 2005). Consecuentemente, la ternera nace sin inmunidad humorala (anticuerpos) adecuada y depende casi totalmente de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas maternas presentes en el calostro. De esta forma, la adquisición de Ig a través de la absorción intestinal protege a la ternera de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune llegue a ser completamente funcional (Robinson *et al.* 1988).

El intestino delgado de la ternera recién nacida posee la capacidad de absorber moléculas grandes intactas, como Ig y otras proteínas, solamente durante las primeras 24 horas de vida (Stott y Menefee 1978; Larson *et al.* 1980; Hopkins y Quigley III 1997; Morin *et al.* 1997). Transcurrido este tiempo, se da lo que se conoce como el cierre intestinal (Bush and Staley 1980). La absorción de suficientes Ig que provean a la ternera de inmunidad pasiva debe ocurrir durante las primeras 24 horas de vida. Por esta razón, alcanzar un consumo temprano y adecuado de un calostro de alta calidad, es el factor independiente más importante de manejo que determina la salud y sobrevivencia de las terneras (Nocek *et al.* 1984; Hopkins y Quigley III 1997). De aquí que una adecuada alimentación y manejo del calostro son el eslabón principal para un buen programa de crecimiento y desarrollo de terneras en cualquier explotación lechera.

El presente trabajo es una revisión de literatura cuyo objetivo es hacer un análisis sobre la importancia de la alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche.

Importancia del calostro

El organismo posee una serie de barreras físicas, químicas y biológicas que desempeñan un papel importante en la defensa contra patógenos. La primera de ellas: la piel, es una barrera absoluta contra los gérmenes. Son también barreras externas las vellosidades nasales, que impiden el paso de agentes extraños; y las

mucosas que producen sustancias antimicrobianas. Los agentes patógenos que logran entrar al cuerpo se encuentran con una segunda línea de defensa, que consiste en células fagocíticas que destruyen dichos elementos. Una tercera línea de defensa como respuesta a la presencia de una sustancia extraña (antígeno) son los anticuerpos o inmunoglobulinas, las cuales son proteínas producidas por los linfocitos, que son uno de los diversos tipos de células blancas producidas en la médula ósea por el proceso de hematopoyesis (Kindt *et al.* 2007).

Como se mencionó anteriormente, el sistema inmune de la ternera al nacimiento no posee la capacidad de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) que ayuden a combatir las infecciones. Por su parte, el calostro, la primera secreción producida por la glándula mamaria después del parto, es especialmente rico en Ig o anticuerpos, los cuales proveen a la ternera su protección inmunológica durante las primeras semanas de vida (Nousiainen *et al.* 1994). El calostro contiene más de 10^6 inmunocélulas maternas viables por mililitro, incluyendo linfocitos T y B, neutrófilos, macrófagos, factores de crecimiento y hormonas como la insulina y el cortisol (Le Jan 1996). El papel de estos factores de crecimiento y hormonas juegan un papel importante en la estimulación del desarrollo del tracto gastrointestinal y otros sistemas en la ternera recién nacida (Davis y Drackley 1998).

El calostro es además la primera fuente de nutrientes para la ternera después del nacimiento. Contiene casi el doble de los sólidos totales presentes en la leche (Cuadro 1), el contenido de proteína y grasa es mayor, pero la concentración de lactosa es menor. Vitaminas y minerales se encuentran también en mayores cantidades. Es importante recalcar como la concentración de proteínas y péptidos disminuye rápidamente después del inicio de la lactancia (Hadorn 1997). Igualmente, la concentración de Ig disminuye significativamente en los ordeños subsecuentes (Oyeniyi y Hunter 1978; Stott *et al.* 1981; Davis y Drackley 1998).

Inmunoglobulinas en el calostro y su importancia

El calostro contiene grandes cantidades de inmunoglobulinas que son transferidas desde el torrente sanguíneo de la madre (Larson *et al.* 1980; Sasaki *et al.* 1983). En éste se encuentran principalmente tres

Cuadro 1. Características y composición química del calostro y leche de ganado Holstein*.

Variable	Calostro (ordeño post-parto)			Leche
	1	2	3	
Gravedad específica	1,056	1,045	1,035	1,032
Sólidos totales, %	23,9	17,9	14,1	12,5
Grasa, %	6,7	5,4	3,9	3,6
Sólidos no grasos, %	16,7	12,2	9,8	8,6
Proteína total, %	14,0	8,4	5,1	3,2
Caseína, %	4,8	4,3	3,8	2,5
Albúmina, %	0,9	1,1	0,9	0,5
Inmunoglobulinas, %	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG, g/dl	3,2	2,5	1,5	0,06
Nitrógeno no prot., %	8,0	7,0	8,3	4,9
Lactosa, %	2,7	3,9	4,4	4,9
Calcio, %	0,26	0,15	0,15	0,13
Potasio, %	0,14	0,13	0,14	0,15
Sodio, %	0,14	0,13	0,14	0,15
Vit A, µg/dl	295	190	113	34
Vit E, µg/g de grasa	84	76	56	15
Riboflavina, µg/ml	4,83	2,71	1,85	1,47
Colina, mg/ml	0,70	0,34	0,23	0,13

* Adaptado de Davis y Drackley (1998).

tipos de Ig a saber: G, M y A. La mayoría de Ig en el calostro bovino son de la clase G, más específicamente G₁ (Muller y Ellinger 1981). La distribución de las diferentes clases de Ig en el calostro es variable entre vacas (Stott *et al.* 1981; Petrie 1984). Las IgG, IgA y IgM típicamente contabilizan aproximadamente 85%, 5% y 7% del total de Ig en el calostro, respectivamente (Larson *et al.* 1980; Sasaki *et al.* 1983).

A pesar de que las otras clases de Ig tienen importantes roles fisiológicos, la predominante cantidad de IgG hace que la medida de la concentración de IgG total o IgG₁ en el suero sanguíneo sea un indicativo adecuado de la transferencia de inmunidad pasiva y se ha demostrado que la concentración de IgG en sangre de terneras está claramente asociada con la sobrevivencia y salud de las mismas (Besser y Gay 1985).

Factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva

La absorción de una cantidad adecuada de Ig del calostro, es esencial para que las terneras puedan adquirir inmunidad pasiva. Para que se dé una absorción adecuada de Ig se requiere que la ternera sea capaz de absorber Ig del calostro, lo cuál depende del periodo de tiempo que transcurre entre el nacimiento y el suministro de calostro; y que la ternera consuma una cantidad suficiente de Ig, lo cual está determinado por la concentración de Ig en el calostro y la cantidad consumido (Stott *et al.* 1979a; Stott *et al.* 1979b; Stott y Fellah 1983).

Habilidad de la ternera para absorber inmunoglobulinas

Las terneras son capaces de absorber Ig del calostro por un periodo limitado después del nacimiento y poca absorción es posible después de 24 h de vida (McCoy *et al.* 1970; Stott *et al.* 1979b; Stott *et al.* 1979c; Stott y Fellah 1983). Si se presenta algún problema en la absorción de Ig, particularmente IgG₁, se observará como resultado una baja concentración de Ig en el suero sanguíneo y un aumento en la incidencia de enfermedades y muerte (Nocek *et al.* 1984; Hancock 1985; Robinson *et al.* 1988).

Selman *et al.* (1971 citado por Stott *et al.* 1981) indicaron que las terneras al nacimiento son más eficientes en absorber inmunoglobulinas del calostro cuando éste es amamantado de la madre que cuando es suministrado en chupón. La razón no es clara. Stott *et al.* (1981) sugieren que las diferencias en absorción pueden ser causadas por uno o más de los siguientes factores: 1) cuando a las terneras se les ofrece calostro en chupón, generalmente no reciben calostro tan pronto después del nacimiento como cuando se dejan con la madre para que mamen; 2) en muchas ocasiones, el volumen de calostro consumido cuando se dejan con la madre es mayor a aquel que se da en chupón; y 3) el hecho de que las terneras permanezcan con sus madres por algunas horas, tiene un efecto fisiológico y psicológico positivo. Sin embargo, Stott *et al.* (1979b) en un experimento llevado a cabo para probar

objetivamente la hipótesis de Selman *et al.* (1971) no mostraron evidencias que soportaran dichas suposiciones. A pesar de ello, se pudo demostrar que el amamantamiento produce una más rápida absorción de inmunoglobulinas y que más Ig fueron absorbidas en proporción a la cantidad de calostro consumido antes del cierre intestinal. Por su parte, Nocek *et al.* (1984) encontraron que alimentar calostro de alta calidad con chupón, resultó en una mayor concentración de Ig en suero cuando se comparó con el amamantamiento.

Cantidad de inmunoglobulinas absorbidas

Además de una toma oportuna de calostro, la concentración de Ig en el suero sanguíneo depende también de la cantidad de Ig consumidas (Stott *et al.* 1979a; Stott *et al.* 1979b; Stott y Fellah 1983), la cuál depende del volumen de calostro consumido, la concentración de Ig en el calostro y la eficiencia de absorción de Ig en el intestino (Stott *et al.* 1979a; Stott *et al.* 1979b; Stott y Fellah 1983; Morin *et al.* 1997). Por lo tanto, para asegurar un adecuado nivel de Ig en el suero sanguíneo, las terneras deben recibir un volumen de calostro que provea una adecuada cantidad de inmunoglobulinas y el volumen de calostro a alimentar, dependerá de su contenido de Ig (Fleenor y Stott 1980). Así por ejemplo, un calostro rico en inmunoglobulinas requerirá de un menor volumen que un calostro de baja calidad.

Es importante notar que la cantidad de Ig absorbidas antes del cierre intestinal, aumenta conforme aumenta la calidad y el volumen de calostro ofrecido. Pritchett *et al.* (1991) observaron que terneras alimentadas con 2 l de calostro alto en Ig a las 0 y 12 h tuvieron concentraciones de IgG₁ en suero significativamente más altas a las 8, 12, 24 y 48 h de nacidas que terneras alimentadas de manera semejante con calostro bajo en Ig. La cantidad total de IgG₁ ingeridas por las terneras que consumieron calostro de mejor calidad fue aproximadamente dos veces mayor que las de las terneras que consumieron calostro de menor calidad (240 vs 132 g), y la concentración promedio de IgG₁ en suero a las 48 h fue aproximadamente dos veces mayor (21 vs 12 mg/ml). La absorción de IgG₁ fue aún mayor cuando 4 l de calostro alto en Ig en vez de 2 l fue alimentada a las 0 h, indicando que la saturación de los mecanismos de absorción no había ocurrido

como había sido indicado por Stott y Fellah (1983). Las terneras que se alimentaron con 4 l de calostro alto en Ig recibieron 50% más IgG₁ que aquellas terneras que se alimentaron con 2 l (361 vs. 240 g) y la concentración promedio de IgG₁ en el suero a las 48 h fue aproximadamente 50% más alto (30 vs. 21 mg/ml). En el mismo estudio se demostró que terneras alimentadas con 4 l de calostro alto en Ig en la primera toma absorbieron IgG₁ tan eficientemente como terneras alimentadas con 2 l de calostro bajo en Ig, lo que indica que es ventajoso alimentar un volumen alto de calostro en Ig al nacimiento. En la Figura 1, se observa como, de manera general, con un mayor consumo de calostro se obtiene una mayor concentración de IgG en el suero sanguíneo.

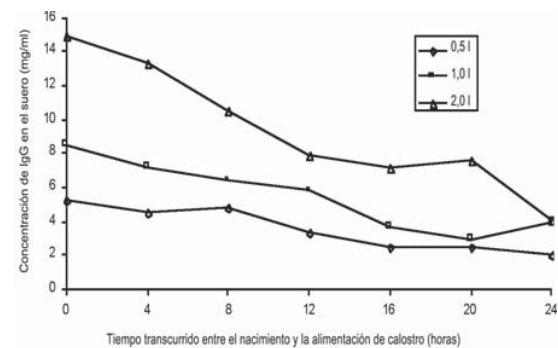


Figura 1. Concentración de IgG en el suero sanguíneo de terneras alimentadas con tres cantidades diferentes de calostro (Stott *et al.* 1979c).

Por su parte, Hopkins y Quigley III (1997) llevaron a cabo un estudio para determinar si 3,8 l de calostro en una o dos tomas iguales tendría alguna influencia sobre la concentración de IgG en suero a las 24 h de la edad. Los autores no encontraron diferencias significativas, lo que sugiere que la transferencia exitosa de la inmunidad pasiva, medida como la concentración de IgG en suero, puede ser logrado si las terneras son alimentadas una o dos veces. McCoy *et al.* (1970) tampoco reportaron diferencia alguna al alimentar 2 l de calostro en dos tomas o 4 l en una toma. Por su parte, Pritchett *et al.* (1991) observaron que la administración de 4 l de calostro en una toma (con chupón o alimentador esofágico) no causó signos de molestia ni mostró ninguna evidencia de enfermedad gastrointestinal.

Un aspecto importante a considerar es que alimentar grandes cantidades de calostro en la primera toma vía un alimentador esofágico retarda la adquisición de inmunidad pasiva, ya que el calostro administrado de esta forma no pasa directamente al abomaso, sino que es depositado en el retículo-rumen y el paso hacia el abomaso ocurre en unas 3 h (Lateur-Rowet y Breukink 1983).

De acuerdo a Nousiainen *et al.* (1994) una inmunidad adecuada requiere de una concentración de IgG en suero, de al menos 10 mg/ml (1.000 mg/dl ó 10g/l). Basado en lo anterior, ¿cuántos litros de calostro con una concentración de IgG igual a 55 mg/ml deberá consumir una ternera de 40 kg de peso?

Para contestar la pregunta anterior hay que tomar en cuenta que el volumen de plasma de una ternera recién nacida puede oscilar entre 6,5 y 14,5% de su peso corporal (Quigley III *et al.* 1998). Si se considera un volumen de 9%, el volumen de plasma estimado es 3,6 l ($40 \text{ kg} * 0,09$). La cantidad de IgG necesaria para alcanzar una concentración en suero de 10 mg/ml se calcula como $3,6 \text{ l} * 10 \text{ g IgG/l} = 36 \text{ g IgG}$.

La eficiencia aparente de absorción reportada de IgG del calostro dentro de las dos horas del nacimiento oscila entre 21 y 50% (Besser *et al.* 1985). Considerando una eficiencia del 30%, la ternera deberá consumir un mínimo de 120 g de IgG ($36 \text{ g}/0,30 = 120 \text{ g}$).

La cantidad de calostro que debe consumir la ternera para suministrar 120 g de IgG es de $120 \text{ g}/(55 \text{ g/l}) = 2,18 \text{ l}$.

Si por ejemplo, se alimenta un calostro de menor calidad, que contiene 30 mg/ml, entonces $4,0 \text{ l} (120 \text{ g}/30 \text{ g/l} = 4,0 \text{ l})$ de calostro serán necesarios para alcanzar el nivel de IgG deseado. En el Cuadro 2, se presenta una serie de volúmenes de calostro necesarios para proveer niveles adecuados de Ig a terneras con diferente peso al nacimiento.

Davis y Drackley (1998), sugieren que una concentración en suero igual a 15 mg/ml es más deseable como meta de manejo, pero dicha meta aumenta la cantidad de calostro requerido. Además, hay que tomar en consideración que si la ternera es más pesada o

Cuadro 2. Litros de calostro necesarios para alcanzar una concentración de IgG en suero sanguíneo de 10 mg/ml*.

IgG (g/l)	Peso de la ternera al nacimiento (kg)												
	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55
20	4,75	5,23	5,70	6,18	6,65	7,13	7,60	8,08	8,55	9,03	9,50	9,98	10,45
25	3,80	4,18	4,56	4,94	5,32	5,70	6,08	6,46	6,84	7,22	7,60	7,98	8,36
30	3,17	3,48	3,80	4,12	4,43	4,75	5,07	5,38	5,70	6,02	6,33	6,65	6,97
35	2,71	2,99	3,26	3,53	3,80	4,07	4,34	4,61	4,89	5,16	5,43	5,70	5,97
40	2,38	2,61	2,85	3,09	3,33	3,56	3,80	4,04	4,28	4,51	4,75	4,99	5,23
45	2,11	2,32	2,53	2,74	2,96	3,17	3,38	3,59	3,80	4,01	4,22	4,43	4,64
50	1,90	2,09	2,28	2,47	2,66	2,85	3,04	3,23	3,42	3,61	3,80	3,99	4,18
55	1,73	1,90	2,07	2,25	2,42	2,59	2,76	2,94	3,11	3,28	3,45	3,63	3,80
60	1,58	1,74	1,90	2,06	2,22	2,38	2,53	2,69	2,85	3,01	3,17	3,33	3,48
65	1,46	1,61	1,75	1,90	2,05	2,19	2,34	2,48	2,63	2,78	2,92	3,07	3,22
70	1,36	1,49	1,63	1,76	1,90	2,04	2,17	2,31	2,44	2,58	2,71	2,85	2,99
75	1,27	1,39	1,52	1,65	1,77	1,90	2,03	2,15	2,28	2,41	2,53	2,66	2,79
80	1,19	1,31	1,43	1,54	1,66	1,78	1,90	2,02	2,14	2,26	2,38	2,49	2,61

* Absorción aparente estimada de 25% (Besser *et al.* 1985).

Volumen de plasma estimado de 9,5% del peso corporal (Quigley III *et al.* 1998).

si la capacidad de absorción es menor, la cantidad de calostro a suministrar debe ser mayor.

Factores asociados con la concentración de inmunoglobulinas en el calostro

La concentración de inmunoglobulinas en el calostro al momento del parto es altamente variable entre vacas (Stott *et al.* 1981; Petrie 1984). Un estudio realizado por Shearer *et al.* (1992) demostró que de 2.045 muestras de calostro analizadas, sólo 137 de ellas contenían niveles adecuados de Ig (50 mg/ml o más), mientras que 13,5% presentaron niveles intermedios y la mayoría (79,8%) niveles bajos.

Durante los últimos días de gestación, grandes cantidades de IgG₁ y menores cantidades de IgG₂ son transferidas de la glándula mamaria al calostro (Larson *et al.* 1980). Sin embargo, muchos factores influyen sobre la concentración de Ig en el calostro de vacas lecheras.

El volumen de calostro producido al primer ordeño después del parto influye significativamente sobre la concentración de IgG, ya que grandes volúmenes de calostro diluyen las IgG acumuladas en la glándula mamaria (Pritchett *et al.* 1991). Por lo tanto, la concentración de Ig es más alta en el calostro del primer ordeño después del parto y disminuye en los ordeños subsiguientes (Oyeniyi y Hunter 1978; Bush y Staley 1980; Stott *et al.* 1981). En otras palabras, la concentración de IgG₁ está inversamente relacionada con el peso de calostro al inicio de la lactancia, lo que significa que vacas, altas productoras, pueden tener calostro con una concentración baja de IgG₁, aún en el primer ordeño después del parto (Stott *et al.* 1981; Morin *et al.* 1997). Un volumen de calostro menor a 8,5 kg en el primer ordeño, se ha tomado como criterio para seleccionar calostro de buena calidad en vacas Holstein (Pritchett *et al.* 1991).

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

El calostro producido por animales de primer parto (novillas), generalmente tiene una concentración menor de Ig que el producido por vacas con mayor número de partos. Una razón es que las novillas han sido expuestas a antígenos por menor tiempo, que vacas con más lactancias. El mecanismo de transporte de IgG hacia la glándula mamaria puede también estar menos desarrollado que en el de vacas adultas (Devery y Larson 1983). Diversos estudios han demostrado que la concentración de Ig en el calostro aumentó linealmente con el número de lactancias hasta llegar a la cuarta, momento en el cuál se estabiliza (Oyeniyi y Hunter 1978; Devery y Larson 1983; Robinson *et al.* 1988).

Otro factor de variación es el relacionado con la longitud del periodo seco. Si el periodo seco es muy corto (menor a tres semanas), no habrá tiempo suficiente para acumular Ig en la glándula mamaria (Nousiainen *et al.* 1994).

Algunos estudios han indicado que la raza puede tener algún efecto sobre la concentración de Ig en el calostro. Sin embargo, los resultados han sido variables y con tendencias poco consistentes. Muller y Ellinger (1981) al comparar la concentración de Ig en el calostro de vacas de cinco razas de ganado lechero, encontraron que el promedio de Ig totales fue de 8,1, 6,6; 6,3; 5,6 y 9,6% para la raza Ayrshire, Pardo suizo, Guernsey, Holstein y Jersey, respectivamente. A pesar de que las diferencias fueron significativas, los resultados obtenidos no deben generalizarse, ya que en el estudio se utilizó un número muy limitado de muestras por cada raza.

Determinación de la calidad del calostro

Fleenor y Stott (1980) desarrollaron inicialmente una ecuación de regresión para estimar la concentración de inmunoglobulinas en el calostro a partir de la gravedad específica del calostro fresco: $Y = 254,716 X - 261,451$ ($r = 0,84$) (donde Y es la concentración de inmunoglobulinas (%) y X la gravedad específica). Dichos autores desarrollaron un calostrómetro, el cuál incorpora la relación entre la gravedad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas (mg/ml) (Cuadro 3).

El calostrómetro está calibrado en intervalos de 5 mg/ml y clasifica al calostro en pobre (rojo)

Cuadro 3. Relación entre la gravedad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas,

Gravedad específica	Calidad	Inmunoglobulinas*
1,027	Pobre	1,42
1,028		3,97
1,029		6,52
1,030		9,06
1,031		11,61
1,032		14,16
1,033		16,70
1,034		19,25
1,035		21,80
1,036		24,35
1,037	Moderada	26,89
1,038		29,44
1,039		31,99
1,040		34,53
1,041		37,08
1,042		39,63
1,043		42,18
1,044		44,72
1,045		47,27
1,046		49,82
1,047	Excelente	52,36
1,048		54,91
1,049		57,46
1,050		60,01
1,051		62,55
1,052		65,10
1,053		67,65
1,054		70,19
1,055		72,74
1,056		75,29
1,057		77,84
1,058		80,38
1,059		82,93
1,060		85,48
1,061		88,02
1,062		90,57
1,063		93,12
1,064		95,67
1,065		98,21
1,066		100,76
1,067		103,31
1,068		105,85
1,069		108,40
1,070		110,95
1,071		113,50
1,072		116,04
1,073		118,59
1,074		121,14
1,075		123,68
1,076		126,62

* mg/ml.

Adaptado de Fleenor y Stott (1980).

para concentraciones menores a 22 mg/ml, moderado (Amarillo) para concentraciones entre 22 y 50 mg/ml; y excelente (verde) para concentraciones mayores a 50 mg/ml (Fleenor y Stott 1980; Shearer *et al.* 1992).

El uso del calostrómetro, aunque no provee una medida exacta, permite estimar la calidad de calostro antes de ser alimentado a las terneras, y evitar así, un fracaso en la transferencia de la inmunidad pasiva por el uso de un calostro de baja calidad.

Un aspecto importante es que la lectura del calostrómetro depende altamente de la temperatura del calostro. Mechor *et al.* (1991) llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue investigar el efecto de la temperatura en lecturas de calostrómetro para estimar la concentración de inmunoglobulina en el calostro bovino. Dicho estudio determinó que las lecturas difirieron en 0,8 mg/ml por cada grado centígrado en el cambio de la temperatura, por lo que la lectura debe hacerse cuando el calostro se encuentra a temperatura ambiente (20-25°C).

Tiempo y calidad del calostro a suministrar

La toma oportuna de una cantidad suficiente de calostro, rico en inmunoglobulinas es esencial para aminorar la pérdida de terneras debido a enfermedades neonatales. Shearer *et al.* (1992) concluyeron que de 10 a 40% de las terneras no logran alcanzar las concentraciones adecuadas de Ig en suero cuando se alimentan con calostro de baja calidad.

En otro estudio, Brignole y Stott (1980) reportaron que de 25 a 42% de las terneras recién nacidas no pudieron tomar el calostro de sus madres en las primeras 14 h post-parto. Por tal razón, no debe asumirse que las terneras nacidas durante la noche han consumido una cantidad adecuada de calostro. A dichas terneras se les debe alimentar a mano una cantidad adecuada de calostro lo antes posible. Preferentemente, un calostro de buena calidad debe alimentarse en los primeros 30 minutos después del nacimiento por medio de chupón o un alimentador esofágico.

Franklin *et al.* (2003) indican que en caso de que no se conozca el contenido de Ig en el calostro, es recomendable alimentar al menos 2,84 l por medio de chupón o tubo esofágico, inmediatamente después del

nacimiento, y ofrecer una segunda toma igual entre las 8 y 12 horas de edad.

Almacenamiento y uso del calostro en exceso

Las lecherías donde solamente se alimenta con calostro de buena calidad, necesitan tener una reserva para ofrecer a aquellas terneras nacidas de vacas que produzcan calostro de baja calidad. Éste puede ser refrigerado (4°C) por una semana sin que pierda su calidad. Por su parte, el calostro en exceso se puede congelar y almacenar hasta por un año sin que pierda actividad o disminuya el contenido de Ig (Davis y Drackley 1998). Es de suma importancia identificar el calostro con la fecha, identificación de la vaca y el nivel de inmunoglobulinas estimadas con el calostrómetro.

El calostro almacenado, cuando se va a suministrar a las terneras, se puede descongelar ya sea en agua tibia ($45\text{-}50^{\circ}\text{C}$) o en horno de microondas, con el cuidado de no sobrecalentarlo, ya que ésto podría degradar las Ig y otras proteínas dando como resultado un calostro de baja calidad.

Pasteurización del calostro

A pesar de que los factores inmunológicos presentes en el calostro son de vital importancia para una adecuada salud y un buen desarrollo de las terneras, la contaminación bacteriana puede opacar dichos beneficios. Algunos de los patógenos que pueden estar presentes en el calostro, ya sea provenientes de la glándula mamaria o de la contaminación en el manejo del mismo y que pueden ser transmitidos a las terneras incluyen: *Mycobacterium avium* spp., *Paratuberculosis*, *Salmonella* spp., *Mycoplasma* spp., *Listeria monocytogens*, *Campylobacter* spp., *Mycobacterium bovis* y *Escherichia coli* (Dominguez 1997; Stabel 2001; Stabel 2004; Stewart 2005; Godden *et al.* 2006). Estos agentes infecciosos pueden ocasionar enfermedades como la enteritis y septicemia. También se ha sugerido que la presencia de bacterias en el intestino delgado podría interferir con la absorción de inmunoglobulinas provenientes del calostro (Stewart *et al.* 2005).

La pasteurización del calostro en las fincas presenta una medida de control para reducir o eliminar la transferencia de patógenos presentes en el calostro. En un estudio realizado por Godden *et al.* (2006), donde muestras de calostro contaminadas fueron pasteurizadas a 60°C por 120 min, se determinó que *Mycoplasma bovis*, *E. coli*, *L. monocytogens* y *Salmonella enteritidis* no fueron detectados después de 30 min de pasteurización. Los mismos autores no encontraron diferencias significativas al comparar concentraciones de IgG antes y después de la pasteurización. Sin embargo, McMartin *et al.* (2006) utilizando sistemas de pasteurización comercial (63°C por 30 min) reportaron que la concentración de IgG se redujo en un 34%. Por su parte, Elizondo *et al.* (2007) reportan una disminución en la concentración de IgG totales del 24% utilizando $62,8^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos a nivel de laboratorio.

CONCLUSIONES

Terneras que presentan concentraciones bajas de inmunoglobulinas absorbidas en el suero sanguíneo son más susceptibles a enfermedades e infecciones debidas a diversos agentes patógenos.

Los factores más importantes que influyen sobre la absorción de inmunoglobulinas en el calostro son la edad en la cual es alimentado, la cantidad ofrecida y la concentración de inmunoglobulinas.

Son muchos los factores que influyen sobre el contenido de Ig presentes en el calostro, por lo que se debe escoger de alta calidad para alimentar las terneras. Almacenar calostro de alta calidad por medio de la refrigeración es una alternativa que puede ser utilizada sin afectar la calidad del calostro.

Los resultados obtenidos con el calostrómetro permiten establecer estimaciones adecuadas para escoger calostros de buena calidad.

Conforme la selección genética para obtener mayor producción de leche continúa, es de esperar que la frecuencia de obtener calostros con concentraciones bajas de Ig al principio el ordeño vaya en aumento.

La transferencia de IgG de la sangre al calostro, finaliza prácticamente antes del parto. Consecuentemente, solamente la primera leche después del parto es calostro verdadero, por lo tanto, únicamente esa primera leche debe usarse para alimentar las terneras recién nacidas, ya que la concentración de Ig disminuye rápidamente en los ordeños subsecuentes.

La pasteurización representa una alternativa viable para reducir o eliminar la transmisión de agentes patógenos en el calostro. Sin embargo, es necesario llevar a cabo más investigaciones que permitan determinar con certeza los efectos negativos en los niveles de Ig.

LITERATURA CITADA

- ARGÜELLO, A.; CASTRO, N.; CAPOTE, J. 2005. Short communication: evaluation of a color method for testing immunoglobulin G concentration in goat colostrum. *J. Dairy Sci.* 88:1752-1754.
- BESSER, T.E.; GARMEDIA, A.E.; MCGUIRE, T.C.; GAY, C.C. 1985. Effect of colostral immunoglobulin G₁ and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. *J. Dairy Sci.* 68:2033-2037.
- BESSER, T.E.; GAY, C.C. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostral immunoglobulin in calves. *Vet. Clin. N. Am.: Food Anim. Pract.* 1:445-459.
- BRIGNOLE, T.J.; STOTT, G.H. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *J. Dairy Sci.* 63:451-456.
- BUSH, L.J.; STALEY, T.E. 1980. Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 63:672-680.
- DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- DEVERY, J.E.; LARSON, B.L. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostral immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66:221-226.
- DOMINGUEZ, E.; PEREZ, M.D.; CALVO, M. 1997. Effect of heat treatment on the antigen-binding activity of anti-peroxidase immunoglobulins in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 80:3182-3187.
- ELIZONDO, J.A.; DONALDSON, S.C.; JAYARAO, B.M.; HEINRICHS, A.J. 2007. Effect of pasteurization on bacterial count and immunoglobulin G levels of bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 90: Suppl. 1.
- FLEENOR, W.A.; STOTT, G.H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 63:973-977.
- FRANKLIN, S.T.; AMARAL-PHILLIPS, D.M.; JACKSON, J.A.; CAMPBELL, A.A. 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.
- GODDEN, S.; McMARTIN, S.; FEIRTAG, J.; STABEL, J.; BEY, R.; GOYAL, S.; METZGER, L.; FETROW, J.; WELLS, S.; CHESTER-JONES, H. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. II. Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *J. Dairy Sci.* 89:3476-3483.
- HADORN, U.; BLUM, J.W. 1997. Effects of feeding colostrum, glucose or water on the first day of life on plasma immunoglobulin G concentrations and γ -glutamyltransferase activities in calves. *J. Vet. Med. A.* 44:531-537.
- HANCOCK, D.D. 1985. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 68:163-183.
- HOPKINS, B.A.; QUIGLEY III, J.D. 1997. Effects of method of colostrum feeding and colostrum supplementation on concentrations of immunoglobulin G in the serum of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 80:979-983.
- KINDT, T.J.; GOLDSBY, R.A.; OSBORNE, B.A. 2007. Kuby Immunology. 6 ed. W. H. Freeman and Company. New York, U. S. A.
- LARSON, B. L.; HEARY, H.L.; DEVERY, J.E. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665-671.

- LATEUR-ROWET, H.J.; BREUKINK, H.J. 1983. The failure of the esophageal groove reflex, when fluids are given with an esophageal feeder to newborn and young calves. *Vet. Q.* 5:68.
- LE JAN, C. 1996. Cellular components of mammary secretions and neonatal immunity: a review. *Vet. Res.* 27:403-417.
- MCCOY, G.C.; RENEAU, J.K.; HUNTER, A.G.; WILLIAMS, J.B. 1970. Effects of diet and time on blood serum proteins in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 53:358-362.
- MCMARTIN, S.; GODDEN, S.; METZGER, L.; FEIRTAG, J.; BEY, R.; STABEL, J.; GOYAL, S.; FETROW, J.; WELLS, S.; CHESTER-JONES, H. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. I. Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level. *J. Dairy Sci.* 89:2110-2118.
- MECHOR, G.D.; GROHN, Y.T.; VAN SAUN, R.J. 1991. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 74:3940-3943.
- MORIN, D.E.; MCCOY, G.C.; HURLEY, W.L. 1997. Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of dried colostrum supplement on immunoglobulin G₁ absorption in Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 80:747-753.
- MULLER, L.D.; ELLINGER, D.K. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among dairy breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1727-1730.
- NOCEK, J.E.; BRAUND, D.G.; WARNER, R.G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, y serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.
- NOUSIAINEN, J.; KORHONEN, H.; SYVAOJA, E.L.; SAVOLAINEN, S.; SALONIEMI, H.; HALONEN, H. 1994. The effect of colostral, immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. *Agric. Sci. Finly* 3:421-428.
- OYENIYI.O.O.; HUNTER, A.G. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *J. Dairy Sci.* 61:44-48.
- PETRIE, L. 1984. Maximizing the absorption of colostral immunoglobulins in the newborn dairy calf. *Vet. Rec.* 114:157-163.
- PRITCHETT, L.C.; GAY, C.C.; BESSER, T.E.; HANCOCK, D.D. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G₁ concentration in colostrum from Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74: 2336-2341.
- QUIGLEY, J.D. III; DREWRY, J.J.; MARTIN, K.R. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308-1312.
- ROBINSON, J.D.; STOTT, G.H.; DENISE, S.K. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71:1283-1287.
- ROY, J.H. 1980. Factors affecting susceptibility of calves to disease. *J. Dairy Sci.* 63:650-664.
- SASAKI, M.; DAVIS, C.L.; LARSON, B.L. 1983. Immunoglobulin IgG₁ metabolism in new born calves. *J. Dairy Sci.* 60:623-626.
- SHEARER, J.; MOHAMMED, H.O.; BRENNEMAN, J.S.; TRAN, T.Q. 1992. Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Prevent. Vet. Med.* 14:143-154.
- STABEL, J.R. 2001. On-Farm batch pasteurization destroys *Mycobacterium paratuberculosis* in waste milk. *J. Dairy Sci.* 84:524-527.
- STABEL, J.R.; HURD, S.; CALVENTE, L.; ROSENBUSCH, R.F. 2004. Destruction of *Mycobacterium paratuberculosis*, *Salmonella* spp., and *Mycoplasma* spp. in Raw Milk by a Commercial On-Farm High-Temperature, Short-Time Pasteurizer. *J. Dairy Sci.* 87:2177-2183.
- STEWART, S.; 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.
- STOTT, G.H.; FELLAH, A. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *J. Dairy Sci.* 66:1319-1328.

- STOTT, G.H.; FLEENOR, W.A.; KLEESE, W.C. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milkings. *J. Dairy Sci.* 64:459-465.
- STOTT, G.H.; MENEFEE, B.E. 1978. Selective absorption of immunoglobulin IgM in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 61:461-466.
- STOTT, G.H.; MARX, D.B.; MENEFEE, B.E.; NIGHTENGAL, G.T. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1632-1638.
- STOTT, G.H.; MARX, D.B.; MENEFEE, B.E.; NIGHTENGAL, G.T. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1766-1773.
- STOTT, G.H.; MARX, D.B.; MENEFEE, B.E.; NIGHTENGAL, G.T. 1979c. Colostral immunoglobulin transfer in calves III. Amount of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1902-1907.