

CARACTERIZACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN TERNERAS DE LECHERÍA¹

Jorge Alberto Elizondo-Salazar²

RESUMEN

Caracterización de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. El objetivo del presente trabajo fue determinar la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería en Costa Rica. Los datos presentados corresponden a medidas de proteína sérica total (PST) obtenidas en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2013, durante los meses de agosto a noviembre en 50 fincas lecheras. Se evaluaron 2500 terneras nacidas de vacas Holstein, Jersey, cruce Holstein×Jersey y otras. Para fines del presente estudio, se consideró una falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dl. La concentración de PST varió entre 2,0 y 10,0 g/dl, con un promedio de 5,9 g/dl. De todos los animales muestreados un 38,8% presentaron FTIP. Los animales provenientes de la raza Jersey y del cruce Holstein×Jersey obtuvieron una concentración de PST significativamente mayor ($P<0,05$) a los de las razas Holstein y otras. Al considerar el número de parto de la madre, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de PST de las crías. Las crías de vacas de primer parto presentaron la menor proporción de animales con FTIP. La concentración de PST varió significativamente ($P<0,05$) entre las terneras que permanecieron con la madre y las que fueron alimentadas con biberón, y la proporción de animales con FTIP fue mayor cuando estos permanecieron con la madre (44 vs. 33%).

Palabras clave: proteína sérica total, calostro, inmunoglobulinas, ganado de leche.

ABSTRACT

Characterization of transfer of passive immunity in dairy heifer calves. The objective of this study was to determine the transfer of passive immunity in dairy heifer calves in Costa Rica. The data presented correspond to total serum protein (TSP) measurements obtained in the period between 2010 and 2013, between August and November in 50 dairy farms. A total of 2500 heifer calves were sampled. Dams breed were classified into Holstein, Jersey, Holstein×Jersey crosses and others. For the purpose of this study, failure of passive immunity was considered when TSP concentration was less than 5.5 g/dl. TSP concentration ranged from 2.0 to 10.0, with an overall mean of 5.9 g/dl. Of all the calves evaluated, 38.8% presented failure of passive transfer of immunity. Calves born to Jersey and Holstein×Jersey crosses had significantly higher TSP concentrations than calves born to Holstein and other breeds. When considering calving of the dam, there were no significant differences on TSP concentration; however, offsprings born to first lactation heifers showed the lowest percentage of animals with failure of passive transfer of immunity. There were significant differences on TSP concentrations ($P<0,05$) between calves that were allowed to suckle their dams and calves that were given colostrum by bottle. Failure of passive transfer of immunity was higher when calves stayed with their dams (44% vs. 33%).

Key words: total serum protein, colostrum, immunoglobulins, dairy cattle.

¹ Recibido: 29 de octubre, 2014. Aceptado: 3 de febrero, 2015. Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, proyecto 737-B4-222, Universidad de Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

Las terneras de lechería nacen sin anticuerpos y, para su protección, dependen de la transferencia de las inmunoglobulinas (Igs) de la madre presentes en el calostro; este proceso es conocido como transferencia de inmunidad pasiva. Una adecuada transferencia de inmunidad pasiva permite al neonato protegerse contra enfermedades infecciosas mientras que su sistema inmune llega a ser funcional (Sasaki et al., 1983; Nocek et al., 1984; Robison et al., 1988).

Existen cuatro factores que contribuyen a una exitosa transferencia de inmunidad pasiva: suministrar calostro con una alta concentración de Igs (>50 g/l), ofrecer un adecuado volumen de calostro, brindarlo en las primeras dos horas de vida, y minimizar la contaminación bacteriana del mismo (Stott et al., 1979a; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009).

Una adquisición de inmunidad pasiva inadecuada puede ocurrir cuando el recién nacido se ve imposibilitado de absorber una cantidad satisfactoria de Igs. Esta condición, conocida como falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), ha sido relacionada con una serie de consecuencias negativas en los parámetros productivos del animal. En terneras con una transferencia inadecuada de inmunidad pasiva, hubo ganancias de peso reducidas en los primeros meses de vida (Robison et al., 1988). También es un factor de riesgo para el desarrollo de neumonías y se ha asociado con altos índices de mortalidad (Wells et al., 1996; Virtala et al., 1999). Además, la FTIP en terneras afecta la productividad a largo plazo, ya que una baja concentración de Igs se asoció con una disminución en la producción de leche durante la primera y segunda lactancia, y con un incremento en el descarte de vacas durante la primera lactancia (DeNise et al., 1989; Faber et al., 2005).

Determinar la concentración de proteína sérica total (PST) por medio de refractometría, es una de las formas más prácticas a nivel de campo para determinar aquellos animales con una FTIP, ya que los mayores constituyentes de las proteínas séricas totales en los primeros días de vida del animal son las Igs provenientes del calostro (Wallace et al., 2006; Trotz-Williams et al., 2008).

En Costa Rica existen pocos estudios científicos concernientes con la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería y tal como se mencionó

anteriormente, una FTIP repercute negativamente sobre la tasa de crecimiento de los animales y afecta el desempeño productivo y reproductivo futuro. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue caracterizar la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras y evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva

Los datos presentados en este trabajo corresponden a medidas de proteína sérica total obtenidas entre los años 2010 y 2013, durante los meses de agosto a noviembre en 50 fincas lecheras ubicadas en las provincias de San José, Alajuela, Heredia y Cartago. En dicho periodo, las fincas se visitaron semanalmente y se tomaron muestras de sangre por venopunción yugular con el sistema de tubos al vacío sin anticoagulante (tapa roja) en 2500 terneras con edades entre uno y siete días (Trotz-Williams et al., 2008). De todos los animales muestreados en el estudio, 1170 consumieron calostro por amamantamiento y 1330 por biberón. Estas últimas fueron separadas de sus madres antes de que consumieran calostro directamente de ellas. No existió una metodología para la selección de las fincas y se muestreó cualquier lechería que estuviera dispuesta a permitir el sangrado de los animales. En todas las lecherías, el ordeño se hacía de forma mecánica en salas de ordeño. Las razas de las vacas se clasificaron en Holstein, Jersey, cruce HolsteinxJersey y otras (para cualquier otra raza o cruce) y también se agruparon por número de parto (1 hasta ≥ 5). El tamaño de los hatos varió entre 10 y 300 vacas en ordeño. Los animales se encontraban bajo sistemas de pastoreo o bajo sistemas de semiestabulación.

Las muestras de sangre se manipularon de acuerdo al procedimiento descrito por Johnson et al. (2007), donde las muestras fueron refrigeradas durante la noche a 4 °C, posteriormente se centrifugaron a 3000 rpm durante quince minutos para separar la fracción sérica. En seguida, la concentración de PST se determinó utilizando un refractómetro de mano (Atago Master-Sur/N α , Bellevue, WA). Donovan et al. (1998) han establecido que las terneras presentan una FTIP cuando la concentración de PST es menor a 5,2 g/dl.

Sin embargo, Davis y Drackley (1998) consideran que las terneras deben presentar concentraciones mayores a 6,0 g/dl. Por lo tanto, para fines del presente estudio, se consideró una FTIP cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dl.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron por medio del procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute, 2004) para determinar la significancia de los efectos de la raza y el número de parto de la madre, y el método de suministro del calostro, donde el animal se consideró como la variable aleatoria. La comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Waller-Duncan ($P < 0,05$). También se generó estadística descriptiva para determinar la proporción de animales con FTIP según el número de parto y la raza de la madre, y el método de suministro de calostro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de proteína sérica total y falla en la transferencia de inmunidad pasiva

La concentración de PST varió entre 2,0 y 10,0 g/dl, con un promedio general de 5,9 g/dl. Un 38,8% (970/2500) de los animales evaluados presentaron una inadecuada transferencia de inmunidad pasiva (Figura 1). Estos valores son muy cercanos a la media de 6,3 g/dl de PST y al 37,1% de terneras con FTIP determinados por Trotz-Williams et al. (2008), en fincas lecheras canadienses. Sin embargo, dicha proporción puede considerarse elevada con respecto al 19,2% reportado por Beam et al. (2009) en fincas lecheras en los Estados Unidos. En ese mismo país, también se ha reportado que alrededor de un 35% de las terneras sufren de FTIP, convirtiéndose en un factor económico importante para los productores de leche (Morein et al., 2007), ya que tienen que invertir importantes cantidades de dinero en el tratamiento de enfermedades causadas por agentes patógenos. Asimismo en otro estudio se reportó una mortalidad en terneras en la etapa de pre-destete promedio de 7,9% y una gran proporción de estas muertes se le atribuyen a una FTIP (NAHMS, 2007).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son desfavorables, ya que indican que alrededor

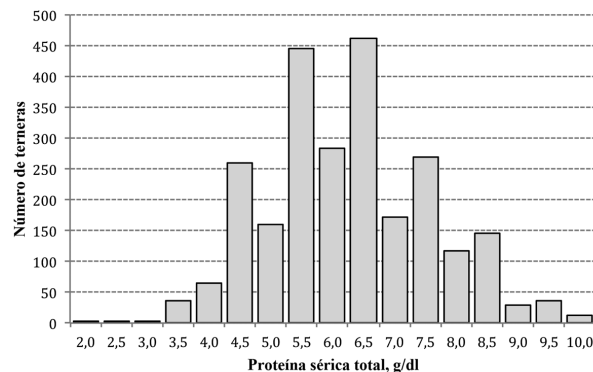


Figura 1. Concentración de proteína sérica total (g/dl) en 2500 terneras con edades entre 1 y 7 días en 50 fincas lecheras ubicadas en cuatro provincias de Costa Rica. 2010-2013.

Figure 1. Total serum protein concentration (g/dl) in 2500 heifer calves from 1 to 7 days old in 50 dairy farms located in four provinces of Costa Rica. 2010-2013.

de cuatro de cada diez terneras no consiguen una adecuada transferencia de inmunidad pasiva. La literatura provee abundante información respecto a los factores que afectan la concentración sérica de Igs en terneras, siendo los más importantes la edad a la que se le ofrece calostro a la ternera y la masa de Igs ingerida, que a su vez está determinada por el volumen de calostro ofrecido y la concentración de Igs en el mismo (Elizondo-Salazar, 2007).

Una baja concentración de Igs séricas es una condición importante de identificar, ya que las terneras pueden ser más propensas a infecciones, lo que puede conducir a altas tasas de morbilidad y mortalidad (Nocek et al., 1984; Robison et al., 1988).

Raza de la madre

La raza de la madre influyó sobre la concentración de PST en las terneras evaluadas. Los animales provenientes de vacas Jersey y del cruce Holstein×Jersey presentaron una concentración de PST significativamente mayor ($P < 0,05$) a los de la raza Holstein y otras (Cuadro 1). Igualmente, se determinó que las crías de la raza Jersey y del cruce Holstein×Jersey fueron las que presentaron el menor porcentaje de inmunidad inadecuada (25 y 27%, respectivamente), mientras que las crías nacidas de vacas de la raza Holstein y otras obtuvieron el mayor porcentaje de FTIP (39 y 55%, respectivamente).

Cuadro 1. Efecto de la raza de la madre sobre la concentración de PST en 2500 terneras con edades entre 1 y 7 días en 50 fincas lecheras en cuatro provincias de Costa Rica. 2010-2013.

Table 1. Effect of dam's breed over TSP concentration in 2500 heifer calves from 1 to 7 days old in 50 dairy farms located in four provinces of Costa Rica. 2010-2013.

Raza	n	PST (g/dl)	Animales con FTIP (%)
Holstein	769	5,8 ± 0,06 ^b	39 ^b
Holstein×Jersey	287	6,4 ± 0,09 ^a	25 ^a
Jersey	743	6,3 ± 0,07 ^a	27 ^a
Otras	740	5,4 ± 0,07 ^c	55 ^c

^{a-c} Diferente letra en una misma columna difieren estadísticamente (P<0,05) / Different letter in the same column are significantly different (P<0.05).

n=número de animales, PST=Proteína sérica total, FTIP=Falla en la transferencia de inmunidad pasiva / n=number of animals, TSP=Total serum protein, FTIP=Failure of passive transfer of immunity.

Una de las razones que podría explicar esta situación es el tamaño de la cría al nacimiento, ya que los neonatos de la raza Holstein son generalmente de mayor tamaño que las crías de animales Jersey o del cruce Holstein×Jersey, por lo que pueden presentar un mayor volumen de plasma sanguíneo, lo que implica que requiere un mayor consumo de Igs para lograr presentar un estado adecuado de inmunidad pasiva. También se debe considerar que la raza de la madre es un factor que afecta el contenido de Igs en el calostro. Se han reportado concentraciones de 80,8; 65,7; 90,4 y 55,9 g/l de Igs en el calostro de vacas de la raza Ayrshire, Pardo suizo, Jersey y Holstein, respectivamente (Muller y Ellinger, 1981), por esta razón, los terneros nacidos de vacas Holstein, podrían adicionalmente estar consumiendo una menor cantidad de Igs con respecto a las otras razas.

Cuando se consideró el efecto de la raza y el número de parto de la madre sobre el porcentaje de terneras con falla en la transferencia de inmunidad pasiva, los animales nacidos del cruce Holstein×Jersey y de la raza Jersey obtuvieron el menor porcentaje de animales con una FTIP a lo largo de todos los partos,

mientras que las terneras nacidas de madres de otras razas, fueron las que tuvieron el mayor porcentaje de FTIP a lo largo de todos los partos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de terneras con una falla en la transferencia de inmunidad pasiva de acuerdo al número de parto y la raza de la madre en 2500 terneras con edades entre 1 y 7 días en 50 fincas lecheras en cuatro provincias de Costa Rica. 2010-2013.

Table 2. Percentage of heifer calves with failure of passive transfer of immunity according to dam's calving number and breed in 2500 heifer calves from 1 to 7 days old in 50 dairy farms located in four provinces of Costa Rica. 2010-2013.

Número de parto	Holstein	Holstein× Jersey	Jersey	Otras
1	39,6 ^{2c}	20,2 ^{1a}	26,7 ^{2b}	46,1 ^{1d}
2	35,9 ^{1c}	28,3 ^{2b}	24,0 ^{1a}	58,3 ^{2d}
3	34,3 ^{1b}	27,4 ^{2a}	28,0 ^{2a}	55,7 ^{2c}
4	45,6 ^{3b}	27,8 ^{2a}	29,7 ^{2a}	58,3 ^{2c}
≥5	39,3 ^{2b}	30,9 ^{3a}	30,1 ^{2a}	57,4 ^{2c}

¹⁻² Número diferente en una misma columna indica diferencias significativas (P<0,05) / Different number in the same column indicates significant differences (P<0.05).

^{a-d} Letra diferente en una misma fila indica diferencias significativas (P<0,05) / Different letter in the same row indicates significant differences (P<0.05).

Número de parto de la madre

El número de parto de la madre es otro factor que se ha asociado con el contenido de Igs en el calostro. Diversos estudios han mostrado que el calostro de las novillas de primer parto presenta una concentración de Igs considerablemente menor que el de vacas con más lactancias y que a su vez, dicha concentración se incrementa conforme aumenta el número de partos (Moore et al., 2005; Gulliksen et al., 2008; Kehoe et al., 2011). Una razón es que las novillas han sido expuestas a antígenos por menor tiempo que vacas con más lactancias; además, el mecanismo de transporte de Igs hacia la glándula mamaria también puede estar menos desarrollado que el de vacas adultas (Devery y Larson, 1983).

Con base en la información anterior, se esperaría que animales nacidos de novillas de primer parto, presenten concentraciones de anticuerpos más bajas que animales nacidos de vacas multíparas. Sin embargo, en el presente estudio, el número de parto no afectó significativamente ($P>0,05$) esta variable, y se observó que las terneras nacidas de animales primíparas presentaron la menor proporción de FTIP (36%), mientras que las terneras nacidas de madres con cuatro partos presentaron la mayor proporción de crías con FTIP (43%) (Figura 2). Estos resultados podrían deberse a que la posición y el tamaño de la ubre de novillas de primer parto ofrece mejor accesibilidad a las crías, lo que les facilita la ingesta de calostro; mientras que en vacas adultas, un mayor desarrollo de la glándula mamaria o una ubre pendulosa podría limitar la accesibilidad a las crías, lo que dificulta la ingesta de calostro.

Método de alimentación del calostro

La concentración de PST varió significativamente ($P<0,05$) entre las terneras que consumieron calostro por medio de amamantamiento y las que fueron alimentadas con biberón (5,7 vs. 6,1 g/dl, respectivamente). Igualmente, la proporción de animales con FTIP fue mayor cuando estos permanecieron con la madre (44 vs. 33%). Esta situación pudo deberse a que las

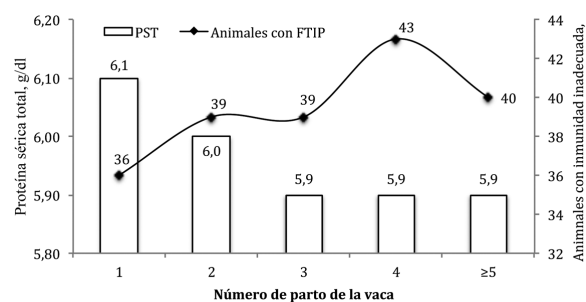


Figura 2. Efecto del número de parto de la vaca sobre la concentración de proteína sérica total y la proporción de animales con falla en la transferencia de inmunidad pasiva en 2500 terneras con edades entre 1 y 7 días en 50 fincas lecheras ubicadas en cuatro provincias de Costa Rica. 2010-2013.

Figure 2. Effect of dam's calving number over total serum protein concentration and proportion of animals with failure of passive transfer of immunity in 2500 heifer calves from 1 to 7 days old in 50 dairy farms located in four provinces of Costa Rica. 2010-2013.

terneras que permanecieron con la madre pudieron haber consumido una menor cantidad de calostro y/o lo consumieron a una edad mayor que las terneras que lo recibieron por medio de biberón. Los datos desglosados por número de parto y tipo de alimentación se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Porcentaje de terneras con una falla en la transferencia de inmunidad pasiva de acuerdo a la raza de la madre y el método de alimentación de calostro en 2500 terneras con edades entre 1 y 7 días en 50 fincas lecheras ubicadas en cuatro provincias de Costa Rica. 2010-2013.

Table 3. Percentage of heifer calves with failure of passive transfer of immunity according to dam's breed and the method of colostrum feeding in 2500 heifer calves from 1 to 7 days old in 50 dairy farms located in four provinces of Costa Rica. 2010-2013.

Número de parto	Amamantamiento		Chupón	
	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
1	321	41,4 ^{1b}	249	29,3 ^{1a}
2	322	45,2 ^{3b}	257	31,5 ^{1a}
3	274	45,9 ^{3b}	195	29,9 ^{1a}
4	229	48,4 ^{4b}	188	37,8 ^{2a}
≥5	226	43,7 ^{2b}	239	36,7 ^{2a}

¹⁻⁴ Número diferente en una misma columna indica diferencias significativas ($P<0,05$) / Different number in the same column indicates significant differences ($P<0,05$).

^{a-b} Letra diferente en una misma fila indica diferencias significativas ($P<0,05$) / Different letter in the same row indicates significant differences ($P<0,05$).

Puede notarse que sin importar el número de parto de la madre, los animales que consumieron calostro por medio del biberón, presentaron un porcentaje significativamente ($P < 0.05$) menor de FTIP. Besser et al. (1991) y Quigley et al. (1995) demostraron en un experimento que las terneras que permanecieron con la madre después del nacimiento presentaron una menor concentración de PST en comparación con terneras a las que se les ofreció calostro con biberón.

En un estudio realizado por Elizondo-Salazar y Rodríguez-Zamora (2013) en la región Central de nuestro país, se determinó que un 30% de las terneras que consumieron calostro por medio de amamantamiento presentaron una FTIP, mientras que este porcentaje fue de solamente un 17% en terneras que recibieron calostro por medio de biberón. En un estudio posterior llevado a cabo en la misma zona, Vargas-Villalobos et al. (2014) determinaron que un 49% de las terneras que consumieron calostro por medio de amamantamiento presentaron una FTIP en comparación con solamente un 34% en las que recibieron calostro por medio de biberón.

Con base en la información recopilada en el presente estudio, es necesario establecer prácticas de manejo de calostro en las fincas lecheras de nuestro país que permitan minimizar el riesgo de animales con una falla en la transferencia de inmunidad pasiva. Para ello es necesario garantizar una toma oportuna de un calostro rico en inmunoglobulinas (> 50 g/l), ya sea por medio de biberón o alimentador esofágico, y en caso de que se permita a las crías permanecer con sus madres después del parto, no debe asumirse, cuando este no es asistido, que las terneras han consumido una cantidad adecuada de calostro, ya que se ha demostrado que de 25 a 42% de las terneras recién nacidas no pudieron, por diferentes razones, tomar el calostro de sus madres en las primeras 14 h post-parto (Brignole y Stott, 1980).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento a los estudiantes que de una u otra forma colaboraron con las visitas a las fincas y con los diferentes muestreos realizados. A los dueños de las

fincas y a sus colaboradores por habernos permitido ingresar y tomar muestras de sangre. El agradecimiento es también extensivo al Programa de Transferencia Tecnológica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. por la colaboración brindada durante la ejecución de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Beam, A.L., J.E. Lombard, C.A. Kopral, L.P. Garber, A.L. Winter, J.A. Hicks, and J.L. Schlater. 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.
- Besser, T.E., C.C. Gay, and L. Pritchett. 1991. Comparison of three methods of feeding colostrums to dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 198:419-422.
- Brignole, T.J., and G.H. Stott. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *J. Dairy Sci.* 63:451-456.
- Davis, C.L., and J.K. Drackley. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- DeNise, S.K., J.D. Robison, G.H. Stott, and D.V. Armstrong. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 72:552-554.
- Devery, J.E., and B.L. Larson. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66:221-226.
- Donovan, G.A., I.R. Dahoo, D.M. Montgomery, and F.L. Bennett. 1998. Associations between passive transfer immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prevent. Vet. Med.* 34:31-46.
- Elizondo-Salazar, J.A. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agron. Mesoam.* 18:271-281.
- Elizondo-Salazar, J.A., and A. Heinrichs. 2009. Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 92:4565-4571.
- Elizondo-Salazar, J.A., y J. Rodríguez-Zamora. 2013. Transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería que reciben calostro por dos métodos diferentes. *Nutr. Anim. Trop.* 7:1-13.

- Faber, S.N., N.E. Faber, T.C. McCauley, and R.L. AX. 2005. Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Prof. Anim. Sci.* 21:420-425.
- Gulliksen, S.M., K.I. Lie, L. Solverod, and O. Osteras. 2008. Risk factors associated with colostrums quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:704-712.
- Johnson, J.L., S.M. Godden, T. Molitor, T. Ames, and D. Hagman. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90:5189-5198.
- Kehoe, S.I., A.J. Heinrichs, M.L. Moody, C.M. Jones, and M.R. Long. 2011. Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *Prof. Anim. Sci.* 27:176-180.
- Moore, M., J.W. Tyler, M. Chigerwe, M.E. Dawes, and J.R. Middleton. 2005. Effect of delayed colostrums collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226:1375-1377.
- Morein, B., G. Blomquist, and K. Hu. 2007. Immune responsiveness in the neonatal period. *J. Comp. Pathol.* 137:S27-S31.
- Muller, L.D., and D.K. Ellinger. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1727-1730.
- NAHMS (National Animal Health Monitoring System). 2007. Dairy 2007. Part 1. Reference of dairy health and management in the United States. USDA:APHIS Veterinary Services, Ft. Collins, CO, USA.
- Nocek, J.E., D.G. Braund, and R.G. Warner. 1984. Influence of neonatal colostrums administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrums on calf gain health, serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.
- Quigley, J.D., K.R. Martin, D.A. Bemis, L.N. Potgieter, C.R. Reinemeyer, B.W. Rohrbach, H.H. Dowlen, and K.C. Lamar. 1995. Effects of housing and colostrums feeding on serum immunoglobulins, growth, and fecal scores of Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 78:893-901.
- Robison, J.D., G.H. Stott, and S.K. DeNise. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71:1283-1287.
- Sasaki, M., C.L. Davis, and B.L. Larson. 1983. Immunoglobulin IgG₁ metabolism in new born calves. *J. Dairy Sci.* 60:623-626.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Stott, G.H., D.B. Marx, B.E. Menefee, and G.T. Nightengale. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves. I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1632-1638.
- Stott, G.H., D.B. Marx, B.E. Menefee, and G.T. Nightengale. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves. II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1766-1773.
- Trotz-Williams, L.A., K.E. Leslie, and A.S. Peregrine. 2008. Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *J. Dairy Sci.* 91:3840-3849.
- Vargas-Villalobos, O., J.A. Elizondo-Salazar, y L. Noguera-Solera. 2014. Factores relacionados con la falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras y terneros de lechería en la región Central Norte de Costa Rica. *Nutr. Anim. Trop.* 8:68-79.
- Virtala, A.M., Y.T. Grohn, G.D. Mechor, and H.N. Erb. 1999. The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory diseases in heifers during the first 3 months of life. *Prevent. Vet. Med.* 39:25-37.
- Wallace, M.M., B.D. Jarvie, N.R. Perkins, and K.E. Leslie. 2006. A comparison of serum harvesting methods and type of refractometer for determining total solids to estimate failure of passive transfer in calves. *Can. Vet. J.* 47:573-575.
- Wells, S.J., D.A. Dargatz, and S.L. Ott. 1996. Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prevent. Vet. Med.* 29:9-19.

