

ESTADO INMUNOLÓGICO DE TERNERAS Y TERNEROS DE LECHERÍA EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE COSTA RICA. AÑO II¹

Daniel Benavides-Varela², Jorge Alberto Elizondo-Salazar², Esteban González-Arias³

RESUMEN

Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Año II. El objetivo del presente estudio fue realizar por segundo año consecutivo una caracterización del estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Los datos corresponden a medidas de proteína sérica total (PST) obtenidas durante el periodo comprendido entre agosto y noviembre del 2011 en 33 fincas lecheras. Las razas de las vacas se clasificaron en Holstein, Jersey, cruce HolsteinxJersey y otras. Para fines del presente estudio, se consideró una falla en la adquisición de inmunidad pasiva cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dl. La concentración varió entre 2,0 y 10,0 g/dl, con un contenido promedio general de 5,7 g/dl. De los animales evaluados un 43,7% presentaron niveles inadecuados de inmunidad. Cuando se consideró el sexo de la cría, el 44,1% de las hembras y el 38,3% de los machos obtuvieron niveles inadecuados de inmunidad y la concentración de PST no presentó diferencias para hembras y machos (6,0 y 6,1 g/dl). Los animales provenientes del cruce HolsteinxJersey obtuvieron una concentración de PST significativamente mayor a los de las demás razas. Las crías nacidas de novillas de primer parto presentaron concentraciones de 6,3 g/dl y la menor proporción de crías con niveles inadecuados de inmunidad. Estos datos sugieren que es necesario establecer prácticas de manejo del calostro que permitan minimizar el riesgo de terneros con una transferencia de inmunidad pasiva inadecuada en hatos lecheros de la región Huetar Norte de Costa Rica.

Palabras clave: proteína sérica total, inmunoglobulinas en terneros, inmunidad pasiva en terneros, reemplazos de lechería, ganado de leche.

ABSTRACT

Immune status of dairy calves in the Northern Plains of Costa Rica. Year II. The objective of this study was to characterize for the second consecutive year the immune status of dairy calves in the Northern Plains of Costa Rica. The data correspond to total serum protein measurements obtained during the period of August and November 2011 in 33 dairy farms. Dam breeds were classified as Holstein, Jersey, HolsteinxJersey 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 5.7 g/dl. Of the animals evaluated, 43.7% had failure of passive transfer. When sex of the calves was considered, 44.1% of females and 38.3% of males failed to obtain adequate levels of immunity and concentration of TSP showed no significant differences (6.0 vs. 6.1 g/dl). Calves born to HolsteinxJersey crosses had significantly higher TSP concentrations than calves born to other breeds. When considering calving of the dam, offsprings born to first time heifers had TSP concentrations of 6.3 g/dl and showed the lowest percentage of animals with inadequate transfer of immunity. The findings of this study suggest that colostrum management practices should be placed in order to minimize the risk of failure of passive transfer in dairy herds in the Northern Plains of Costa Rica.

Keywords: total serum protein, immunoglobulins, passive immunity, dairy replacements, dairy cattle.

¹ Recibido: 7 de noviembre, 2012. Aceptado: 28 de octubre, 2013. Proyecto 737-A9-184, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

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

³ Programa de Transferencia Tecnológica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R. L. Costa Rica. estgonzalez@dospinos.com



INTRODUCCIÓN

Existe una reconocida asociación entre la morbilidad y mortalidad en terneras de lechería y las bajas concentraciones de inmunoglobulinas (Igs) maternas transferidas a las terneras recién nacidas, resultando en pobre desempeño, costos de producción elevados y reducidas ganancias económicas para el productor (Trotz-Williams *et al.* 2008).

Nocek *et al.* (1984) demostraron que terneras con una falla en la transferencia de Igs maternas tuvieron bajas ganancias de peso, sufrieron severos episodios de diarreas y tuvieron mayores tasas de mortalidad. Robison *et al.* (1988), encontraron que terneras con bajos niveles de inmunidad pasiva mostraron ganancias de peso reducidas en los primeros meses de vida. En otro estudio, Wells *et al.* (1996) concluyeron que un pobre suministro de calostro estaba asociado con altos niveles de mortalidad en terneras en los Estados Unidos. Finalmente, Virtala *et al.* (1999) demostraron que una baja concentración de Igs séricas en terneras post-calostradas es un factor de riesgo para el desarrollo de neumonías.

Una falla en la transferencia de inmunidad pasiva podría necesitar una respuesta inmune por parte de las terneras sin que su sistema inmunológico sea capaz de poder hacer frente a una invasión de organismos patogénicos (Morin *et al.* 1997, Jaster 2005). Por lo tanto, es importante asegurarse que las terneras reciban una adecuada cantidad de un calostro de buena calidad dentro de las primeras horas de vida para facilitar una transferencia adecuada de inmunoglobulinas maternas.

En Costa Rica la industria lechera juega un papel muy importante en la economía global del país; sin embargo, no existen suficientes estudios científicos concernientes al estado inmunológico de terneras de lechería que permitan establecer prácticas de manejo tendientes a mejorar la crianza de las mismas. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización del estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica por segundo año consecutivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras y evaluación del estado inmunológico

Los datos presentados en este estudio, corresponden a medidas de proteína sérica total obtenidas por segundo año consecutivo durante el periodo comprendido entre agosto y noviembre del 2011 en 33 fincas lecheras de la región Huetar Norte de Costa Rica. En dicho lapso de tiempo, estas fueron visitadas semanalmente y se tomó muestras de sangre por venopunción yugular con el sistema de tubos al vacío sin anticoagulante (tapa roja) en 718 animales con edades entre uno y siete días (671 hembras y 47 machos). La premisa para la escogencia de las fincas, fue aquella donde la lechería estuviera dispuesta a permitir el sangrado de los animales en la zona de estudio. Las lecherías son especializadas, el ordeño se hace de forma mecánica. Las razas de las vacas se clasificaron en Holstein, Jersey, cruce HolsteinxJersey, Pardo Suizo, Brahman y Gyr, figurando como las más representativas las primeras tres razas. El tamaño de los hatos varió entre 10 y 1300 vacas en ordeño, con un promedio de 140 animales. En todas las fincas visitadas, las vacas se encontraban bajo sistemas de pastoreo continuo.

Las muestras de sangre fueron manejadas de acuerdo al procedimiento descrito por Johnson *et al.* (2007), refrigeradas durante la noche a 4°C. Posteriormente, se centrifugaron a 3000 rpm durante quince minutos para separar la fracción sérica. La concentración de proteína sérica total (PST) se determinó utilizando un refractómetro manual (Atago Master-Sur/Nα, Bellevue, WA). Donovan *et al.* (1998) han establecido que las terneras presentan una falla en la adquisición de inmunidad pasiva 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 falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dl.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, los recién nacidos se agruparon por sexo, raza, número de parto de la madre y tamaño del hato en ordeño de cada explotación.

Los datos se analizaron por medio del procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute 2004) para determinar la significancia de los efectos del sexo y la raza de la cría, así como el número de lactancia de la madre y el tamaño del hato. La comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Waller-Duncan ($P < 0,05$). Se generó también estadística descriptiva para determinar la proporción de animales con una transferencia de inmunidad pasiva (TIP) inadecuada según la raza y el sexo de la cría, el número de partos de la madre y el tamaño del hato en ordeño. Con el fin de evaluar el efecto del tamaño del hato en ordeño, especialmente al considerar la intensidad de las labores por el tamaño de la explotación, sobre la concentración de PST y el porcentaje de FTIP, las fincas se dividieron en cinco subgrupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La medición de la concentración de proteína sérica total (PST) por medio de un refractómetro, es un método indirecto, que permite relacionar la concentración de proteínas séricas con la concentración de inmunoglobulinas (Weaver *et al.* 2000). Tyler *et al.* (1996) compararon el desempeño de pruebas comúnmente utilizadas para determinar la TIP, demostrando que una concentración de PST cercana a los 5,5 g/dl es equivalente a una concentración de 10 g de Igs por litro.

En el presente estudio, la concentración de PST en terneras y terneros de lechería entre uno y siete días de nacidos osciló entre 2,0 y 10,0 g/dl, con un contenido promedio general de 5,7 g/dl. De todos los animales evaluados un 43,7% (314/718) presentaron niveles bajos de inmunidad.

Estos valores son muy semejantes a los reportados por Sánchez *et al.* (2012), en la misma región en un estudio similar, donde se reporta que alrededor de cuatro de cada diez animales no adquieren una adecuada inmunidad pasiva. Esto es preocupante pues se tiene el conocimiento que animales con una baja concentración de Igs séricas tienen mayor incidencia de diarreas y neumonías, presentan bajas ganancias de peso y son

más propensos a morir en los primeros meses de vida (Nocek *et al.* 1984, Robison *et al.* 1988, Wells *et al.* 1996, Virtala *et al.* 1999).

En los Estados Unidos de América, se ha estimado que alrededor de un 35% de las terneras de lechería presentan fallas en la TIP, lo que convierte a este tema en un factor económico importante que los productores de leche deben considerar (Stott *et al.* 1979b, Butler *et al.* 2000). En Canadá, Trotz-Williams *et al.* (2008) reportaron una media de 37,1% de animales a nivel de hato con una TIP baja.

Existen básicamente tres factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva: una toma oportuna de calostro, esto es, ofrecer este durante las primeras horas de vida del animal; la cantidad de Igs consumidas, que a su vez depende del volumen de calostro consumido y la concentración de estas y, por último, la eficiencia de absorción de Igs a nivel intestinal (Stott *et al.* 1979 a,b,c, Stott y Fellah 1983, Morin *et al.* 1997). En este sentido, es importante recordar que el intestino delgado de la ternera recién nacida posee la capacidad de absorber moléculas grandes intactas, como las Igs, solamente durante las primeras 24 horas de vida (Stott y Menefee 1978, Larson *et al.* 1980, Hopkins y Quigley 1997, Morin *et al.* 1997). Transcurrido este tiempo, se da lo que se conoce como el cierre intestinal (Bush y Staley 1980).

De acuerdo con lo anterior, alcanzar un consumo temprano y aceptable 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 1997). De aquí que una buena alimentación y adecuado manejo del calostro sean el eslabón principal para un buen programa de crecimiento y desarrollo de terneras en cualquier explotación lechera.

Sexo de la cría

Cuando los animales se agruparon por sexo, la concentración de PST determinada en los animales indica que el 44,1% (296/671) de las hembras y el 38,3% (18/47) de los machos obtuvieron niveles bajos de inmunidad y la concentración de PST no presentó una diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,05$) entre hembras y machos (6,0 y 6,1 g/dl, respectivamente).

En un estudio realizado en Canadá con 423 animales, no se encontraron diferencias estadísticas en la

concentración de PST para machos y hembras, y los autores determinaron una proporción de animales con una TIP inadecuada de 10,7% para las hembras y 3,5% para los machos (Trotz-Williams *et al.* 2008).

Diversas investigaciones indican que el sexo de la cría tiene una influencia en la transferencia de inmunidad pasiva. Por lo general en dichas investigaciones, los machos presentaron menores concentraciones de PST con respecto a las hembras, debido a su mayor tamaño al nacimiento y por ende, un mayor volumen de plasma sanguíneo que afecta la concentración de proteínas (Quigley y Drewry 1998, Quigley *et al.* 1998). También existe un factor de manejo que tiene que ver con la negligencia de los productores de no dar calostro a los machos u ofrecerles este de baja calidad. Sin embargo, en el presente estudio el hecho de que no se encontraron diferencias pudo deberse al bajo número de machos muestreados en el estudio, en comparación con el número de hembras.

Raza de la cría

Al evaluar la raza de la cría, esta influyó significativamente ($P < 0,05$) sobre la concentración de PST en los animales evaluados. Los animales provenientes del cruce HolsteinxJersey obtuvieron una concentración de PST significativamente mayor (6,8 g/dl) que los provenientes de las otras razas, mientras que los animales nacidos de vacas de razas diferentes a la

Jersey, Holstein y sus cruces, obtuvieron la menor concentración de PST (5,4 g/dl) (Figura 1). Igualmente se pudo determinar que las crías de la raza Jersey fueron las que presentaron el menor porcentaje de inmunidad inadecuada (18%).

Terneritas nacidas del cruce HolsteinxJersey obtuvieron una concentración de PST significativamente mayor a los de la raza Holstein (Sánchez *et al.* 2012). Los autores atribuyeron la diferencia al tamaño de la cría al nacimiento, aduciendo que los neonatos de la raza Holstein son generalmente de mayor tamaño que las crías de las otras razas y por lo tanto, pueden presentar un mayor volumen de plasma sanguíneo, lo que implica que requieran de un mayor consumo de Igs para presentar un estado aceptable de inmunidad pasiva, mientras que animales de razas y/o cruces más pequeños, pueden obtener dicho estado con un consumo menor de anticuerpos.

Por su parte, Muller y Ellinger (1981) encontraron que la raza es un factor que afecta el contenido de inmunoglobulinas en el calostro. Dichos autores reportaron 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. Por esta razón, los animales nacidos de vacas Holstein, podrían adicionalmente estar consumiendo una menor cantidad de Igs con respecto a la raza Jersey y al cruce HolsteinxJersey. Esto también podría explicar el hecho que animales nacidos de vacas Jersey obtuvieron

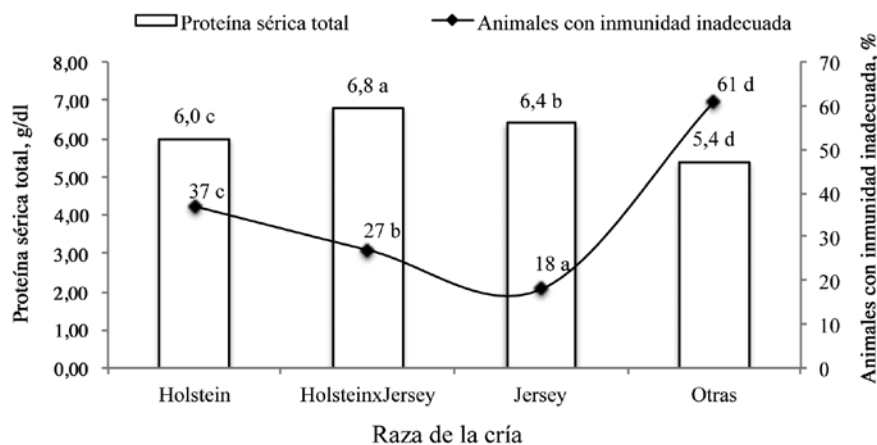


Figura 1. Efecto de la raza de la cría sobre la concentración de proteína sérica total y proporción de terneros y terneritas con inmunidad baja, en fincas lecheras de la región Huetar Norte de Costa Rica. 2011. Letras diferentes en cada raza difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

el menor porcentaje de falla en la transferencia de inmunidad pasiva, seguida de los nacidos del cruce HolsteinxJersey.

Número de parto de la madre

El número de parto de la madre es un 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 presentan 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 lactancias (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 puede también estar menos desarrollado que en el de vacas adultas (Devery y Larson 1983).

Con base en lo anterior, se esperaría que animales nacidos de novillas de primer parto, presenten niveles más bajos de anticuerpos con respecto a animales nacidos de vacas multíparas. Sin embargo, en el presente estudio las crías de novillas de primer parto presentaron mayores concentraciones de PST (6,3 g/dl) y una menor proporción de animales con niveles bajos de inmunidad pasiva (35%). Por su parte, las crías nacidas de vacas multíparas presentaron concentraciones de

PST y proporciones en la falla de TIP estadísticamente similares (Figura 2).

En el estudio llevado a cabo por Sánchez *et al.* (2012) se presentó una tendencia similar. Estos resultados pudieron responder a un mayor desarrollo de la glándula mamaria o a una ubre colgante en las vacas adultas que limita la accesibilidad de las crías, por lo que se les dificulta la ingesta de calostro.

Los datos de ambos estudios permiten establecer que el calostro de novillas de primer parto, no siempre es de menor calidad que el de vacas multíparas y que por ende, no debe descartarse su utilización, especialmente cuando se cuenta con bancos de calostro.

Tamaño del hato

Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre grupos y se pudo determinar que los animales nacidos en aquellas fincas con más de 300 animales en ordeño presentaron la menor concentración de PST (5,2 g/dl) y el mayor porcentaje de animales con FTIP (66%) (Figura 3). Es claro que esto se puede deber a una serie de factores, pero de ellos los dos más importantes que tienen que ver con el manejo de los animales son, la edad de la ternera en la que se le ofrece la primera toma de calostro y la masa de Igs ingerida.

En este sentido, puede que los animales no consuman calostro durante las primeras horas de vida y/o que la cantidad y calidad de este ofrecido no sea la

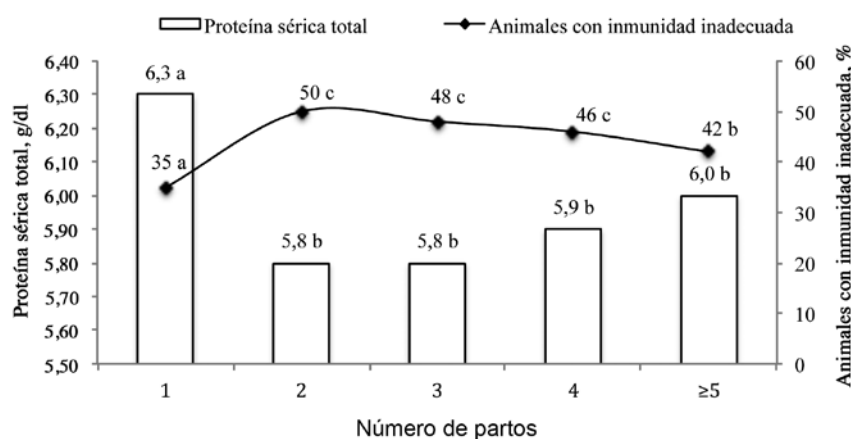


Figura 2. Efecto del número de partos sobre la concentración de proteína sérica total y la proporción de terneros y terneras con inmunidad baja, en fincas lecheras de la región Huetar Norte de Costa Rica. 2011. Letras diferentes en cada raza difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

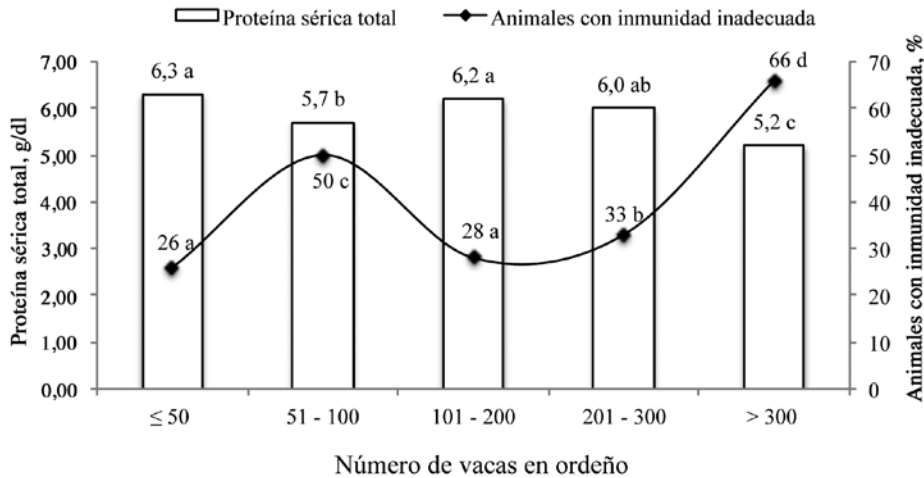


Figura 3. Efecto del tamaño del hato en ordeño sobre la concentración de proteína sérica total y la proporción de terneros y terneras con inmunidad baja, en fincas lecheras de la región Huetar Norte de Costa Rica de 2011. Letras diferentes en cada raza difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

indicada. No tener el cuidado de valorar cada uno de estos aspectos, hará que los animales recién nacidos presenten una falla en la TIP, lo que conlleva a las consecuencias negativas de salud y desempeño productivo que se han mencionado anteriormente.

Por lo tanto, es necesario establecer prácticas de manejo de calostro en las fincas lecheras de la zona Huetar Norte del país, que permitan minimizar el riesgo de animales con una transferencia de inmunidad pasiva inadecuada, garantizando una toma oportuna de un calostro rico en inmunoglobulinas, ya sea por medio de chupón o alimentador esofágico, y en caso de que se permita a las crías permanecer con sus madres después del parto, no debe asumirse, cuando el parto no es asistido, que las terneras han consumido una cantidad aceptable de calostro, ya que se ha demostrado 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 (Brignole y Stott 1980).

Con el presente estudio, la proteína sérica total (PST) obtenida por refractometría en 718 terneras y terneros de 33 fincas lecheras de la región Huetar Norte de Costa Rica, evidencia que el 43,7% de los animales obtuvieron una inmunidad pasiva inadecuada (PST menor a 5,5 g/dl). Se encontró una asociación significativa entre la concentración de PST y la raza de las crías, el número de parto de la madre y el tamaño del hato en ordeño. Es necesario establecer prácticas

de manejo de calostro que permitan minimizar el riesgo de terneros con una transferencia de inmunidad pasiva inadecuada en hatos lecheros de la región en estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a los dueños de las fincas lecheras y a sus colaboradores, además 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

- 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.
- Bush, LJ; Staley, TE. 1980. Absorption of colostrum immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 63:672-680.
- Butler, JA; Sickles, SA; Johanns, CJ; Rosenbusch, RF. 2000. Pasteurization of discard *Mycoplasma mastitic* milk used to feed calves: Thermal effects on various *Mycoplasma*. *J. Dairy Sci.* 83:2285-2288.

- Davis, CL; Drackley, JK. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press. 329 p.
- Devery, JE; Larson, BL. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66:221-226.
- Donovan, GA; Dahoo, IR; Montgomery, DM; Bennett, FL. 1998. Associations between passive transfer immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prevent. Vet. Med.* 34:31-46.
- Gulliksen, SM; Lie, KI; Sølverød, L; Østeras, O. 2008. Risk factors associated with colostrums quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:704-712.
- Hopkins, BA; Quigley, JD. 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.
- Jaster, EH. 2005. Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G1 absorption in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 88:296-302.
- Johnson, JL; Godden, SM; Molitor, T; Ames, T; Hagman, D. 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, SI; Heinrichs, AJ; Moody, ML; Jones, CM; Long, MR. 2011. Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *The Professional Animal Scientist* 27(3):176-180.
- Larson, BL; Heary, HL; Devery, JE. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665-671.
- Morin, DE; McCoy, GC; Hurley, WL. 1997. Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 80:747-753.
- Moore, M; Tyler, JW; Chigerwe, M; Dawes, ME; Middleton, JR. 2005. Effect of delayed colostrums collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226:1375-1377.
- Muller, LD; Ellinger, DK. 1981. Colostrum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1727-1730.
- Nocek, JE; Braund, DG; Warner, RG. 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, JD; Drewry, JJ. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *J. Dairy Sci.* 81:2779-2790.
- Quigley, JD; Drewry, JJ; Martin, KR. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308-1312.
- Robison, JD; Stott, GH; DeNise, SK. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71(5):1283-1287.
- Sánchez, J; Elizondo, JA; Arroyo, G. 2012. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Año I. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):321-327.
- SAS (SAS Institute Inc, US). 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. Cary, NC. 5121 p.
- Stott, GH; Fellah, A. 1983. Colostrum immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *J. Dairy Sci.* 66:1319-1328.
- Stott, GH; Menefee, BE. 1978. Selective absorption of immunoglobulin IgM in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 61:461-466.
- Stott, GH; Marx, DB; Menefee, BE; Nightengale, GT. 1979a. Colostrum immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1632-1638.
- Stott, GH; Marx, DB; Menefee, BE; Nightengale, GT. 1979b. Colostrum immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1766-1773.
- Stott, GH; Marx, DB; Menefee, BE; Nightengale, GT. 1979c. Colostrum immunoglobulin transfer in calves III. Amount of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1902-1907.
- 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.
- Virtala, AM; Grohn, YT; Mechor, GD; Erb, HN. 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.
- Weaver, DM; Tyler, JW; Vanmetre, DC; Hostetler, DE; Barrington, GM. 2000. Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves. *J. Vet. Intern. Med.* 14:569-577.
- Wells, SJ; Dargatz, DA; Ott, SL. 1996. Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prevent. Vet. Med.* 29:9-19.
- Tyler, JW; Hancock, DD; Parish, SM; Rea, DE; Besser, TE; Sanders, SG; Wilson, LK. 1996. Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves. *J. Vet. Intern. Med.* 10:304-307.