

NOTA TÉCNICA

TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN TERNERAS DE LECHERÍA QUE RECIBEN CALOSTRO POR DOS MÉTODOS DIFERENTES¹

Jorge Alberto Elizondo Salazar², Jessie Rodríguez Zamora³

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la transferencia de inmunidad pasiva en terneras que consumieron calostro mediante dos métodos diferentes en diversas fincas lecheras ubicadas en la región Central Norte de Costa Rica. El estudio se llevó a cabo entre los meses de agosto a noviembre del 2009. Se analizaron un total de 157 terneras, provenientes de 39 hatos. De las 157 terneras utilizadas en el estudio, 103 de ellas consumieron calostro por medio de amamantamiento y 54 consumieron calostro por medio de chupón. Muestras sanguíneas fueron extraídas de la vena yugular de las terneras entre 1 y 7 días de edad. Las muestras se refrigeraron y el suero fue separado dentro de las 24 horas de colecta. Se determinó la concentración de proteína sérica total (PST) por medio de un refractómetro de mano. Para fines del presente estudio se consideró una falla en la adquisición de inmunidad pasiva cuando la concentración de PST fue $< 5,5$ g/dL. En general, la concentración de PST en todas las terneras osciló entre 3,5 y 10,0 g/dL, con un promedio general de 6,2 g/dL. Un 30% de las terneras que consumieron calostro por medio del amamantamiento, no adquirieron una inmunidad pasiva adecuada, mientras que solamente 17% de las terneras que recibieron el calostro por medio de chupón, presentaron concentraciones de PST $< 5,5$ g/dL. Terneras provenientes del cruce Holstein x Jersey y de la raza Jersey pura fueron los animales que presentaron un menor porcentaje de inmunidad pasiva inadecuada. Las terneras nacidas de vacas con 4 ó más partos y que recibieron calostro por amamantamiento, presentaron un menor porcentaje de transferencia de inmunidad pasiva inadecuada; sin embargo, las terneras nacidas de vacas de primer y segundo parto a las que se les ofreció calostro por medio de chupón, presentaron un mayor porcentaje de transferencia de inmunidad pasiva

¹Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación. Proyecto 737-A9-184. Universidad de Costa Rica.

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

³Egresada de la Escuela de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.

Recibido: 11 diciembre 2012 Aceptado: 11 junio 2013

adecuada. Estos resultados soportan la recomendación de medir todos los calostros sin importar el número de parto o la raza de la madre.

Palabras clave: Inmunidad pasiva, Proteína sérica total, Terneras, Calostro, Costa Rica

ABSTRACT

Passive transfer of immunity of dairy heifer calves in the Central Northern region of Costa Rica. The objective of this study was to determine the transfer of passive immunity of dairy calves that consumed colostrum by two different methods in several dairy farms located in the Central Northern region of Costa Rica. The study was carried out between the months of August and November of 2009. A total of 157 heifer calves from 39 farms were used in the study. From the total 157 heifer calves, 103 calves suckled colostrum from their dams and 54 were given colostrum by bottle. Blood samples were taken from the jugular vein when calves were between 1 and 7 days of age. All blood samples were refrigerated, and the serum separated from the clot within 24 h of collection. Serum total protein concentrations were determined using a hand-held refractometer. For the purposes of this study, failure of passive transfer of immunity was considered when total serum protein concentration was $< 5,5$ g/dL. In general, TSP in all calves ranged from 3,5 to 10,0 g/dL, with a general average of 6,2 g/dL. 30% of the calves that suckled their dams did not acquired adequate passive immunity, while only 17% of the calves that received colostrum by bottle had TSP concentrations $< 5,5$ g/dL. Calves from Holstein x Jersey crosses and pure Jersey had a lower percentage of inadequate passive immunity. Calves born from cows ≥ 4 parities that suckled colostrum from their dams had a lower percentage of failure of passive transfer of immunity; however, calves born to first and second calving cows that were offered colostrum by bottle had a higher percentage of adequate passive transfer. These results support the recommendation that all colostrum be tested for quality without regard to lactation number or breed of dam.

Key words: Passive immunity, Total serum protein, Calves, Colostrum, Costa Rica

INTRODUCCION

La alimentación de calostro es un aspecto de gran importancia en la crianza y desarrollo de terneras saludables como resultado de la fisiología y metabolismo de la especie bovina. Esto tiene que ver con la placentación y crecimiento fetal de los bovinos, ya que la placenta, en esta especie, previene la transferencia de inmunoglobulinas (Igs) de la madre al feto (Arthur, 1996). Consecuentemente, la ingestión y absorción de adecuadas cantidades de Igs provenientes del calostro es esencial para establecer una adecuada inmunidad hasta que el sistema inmune de la ternera llegue a ser completamente funcional (Robison, Stott, y Denise, 1988; Weaver, Tyler, Vanmetre, Hostetle, y Barrington, 2000).

La transferencia de Igs del calostro de la madre al recién nacido, denominada transferencia de inmunidad pasiva, es importante en la protección del recién nacido contra enfermedades infecciosas. Si se presenta algún problema en la absorción de Igs, se observará como resultado una baja concentración de Igs en el suero sanguíneo de las terneras y un aumento en la incidencia de enfermedades y muerte (Nocek, Braund, y Warner, 1984; Hancock, 1985; Robinson et al., 1988). Esta condición que predispone al recién nacido a desarrollar enfermedades, se ha denominado falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP). Se estima que alrededor de un 35% de las terneras nacidas en los Estados Unidos (EU) sufren de FTIP, convirtiéndose en un factor económico importante para los productores de leche (Morein, Blomquist, y Hu, 2007). Igualmente se reporta que la mortalidad en terneras en la etapa de pre-destete en los EU es en promedio 7,9% y que una gran proporción de estas muertes se pueden atribuir a la FTIP (NAHMS, 2007).

Se han desarrollado diferentes formas de medir el estado de la transferencia de inmunidad pasiva en las terneras. La inmunodifusión radial y las pruebas ELISA, son los únicos análisis que miden directamente la concentración de Igs en el suero sanguíneo (Weaver et al., 2000; Elizondo-Salazar, 2007); sin embargo, estas metodologías son costosas y requieren de laboratorios equipados. Por su parte, la medición de proteínas séricas totales (PST), por medio de un refractómetro como una forma para estimar la concentración de Igs en suero sanguíneo, es la prueba más simple como indicador de una

adecuada transferencia de inmunidad pasiva (Weaver et al., 2000). Donovan, Montgomery, y Bennett (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, otros autores consideran que las terneras deben presentar concentraciones mayores a 6,0 g/dL (Davis y Drackley, 1998). Diversos investigadores han encontrado una correlación positiva entre las concentraciones de inmunoglobulinas y PST, lo que significa que a mayor concentración de inmunoglobulinas en suero, mayor concentración de PST y viceversa (Tyler et al., 1996; Elizondo-Salazar, y Heinrichs, 2009ab). A pesar de que existen algunas dudas que tienen que ver con el efecto de la edad y la hidratación de los animales ya que puede haber un incremento en la concentración de PST y crear una inadecuada clasificación de terneras que tienen falla en la transferencia de inmunidad (Besser y Gay, 1985; Weaver et al., 2000), algunos investigadores indican que esta medida es adecuada para monitoreo del hato y provee una medida razonable del estado de transferencia de inmunidad pasiva (Tyler et al., 1996).

En Costa Rica no existe ningún tipo de información científica respecto a la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería que permita establecer prácticas de manejo correctivas para mejorar la crianza y desarrollo de las mismas en caso de existir algún problema. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue determinar la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería que reciben calostro por dos métodos diferentes en diversas fincas lecheras ubicadas en la región Central Norte de Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Toma de muestras y evaluación del estado inmunológico

Con el fin de determinar la transferencia de inmunidad pasiva de las terneras en algunas fincas lecheras de Costa Rica, se analizaron muestras sanguíneas extraídas de la vena yugular de terneras, con edades entre 1 y 7 días de nacidas, que consumieron calostro por medio de amamantamiento o por medio de chupón durante su primer día de vida (Trotz-Williams, Leslie, y Peregrine, 2008). El estudio se llevó a cabo entre los meses de agosto a noviembre del 2009. Se analizaron un total de 157 terneras, provenientes de 39 hatos. De las 157 terneras utilizadas en el estudio, 103 de ellas consumieron calostro por amamantamiento y 54 consumieron calostro por medio de chupón. Estas últimas se

separaron de sus madres y no se les permitió ingerir calostro directamente de ellas. Las fincas se ubican en la región Central Norte del país. No existió una metodología para la escogencia de las fincas, prácticamente cualquier lechería que estuviera dispuesta a permitir el sangrado de los animales en la zona de estudio se tomó en cuenta. Las lecherías son especializadas, es decir, el ordeño se hace de forma mecánica en salas de ordeño. Las razas de las vacas se clasificaron en Holstein, Jersey, cruce Holstein-Jersey (H x J) y otras (para cualquier raza que no se contempla en ninguna categoría de las anteriores). El tamaño de los hatos osciló entre 10 y 50 vacas en ordeño. En general, todos los animales en ordeño se encontraban bajo sistemas de pastoreo continuo. Todas las muestras de sangre fueron tomadas en tubos Vacutainer para suero (tapa roja). El suero fue separado dentro de las 24 horas de la colecta siguiendo el procedimiento descrito por Johnson, Godden, Molitor, Ames, y Hagman (2007), donde las muestras se refrigeraron durante la noche a 4°C, posteriormente se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. Luego se tomó una gota de suero y se colocó en un refractómetro de mano (Atago Master-Sur/Nα, Bellevue, WA) para determinar la concentración de PST. 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 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 raza y número de parto de la madre, y método de alimentación de calostro. Los datos se analizaron por medio del procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2004) para determinar la significancia de los efectos de la raza de la cría, el número de lactancia de la madre y el método de alimentación. 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 inadecuada según la raza, el número de partos de la madre y el método utilizado para alimentar el calostro.

RESULTADOS Y DISCUSION

La concentración de PST en todas las terneras osciló entre 3,5 y 10,0 g/dL, y el promedio para todos los animales evaluados fue de 6,2 g/dL. Considerando una falla en la adquisición de inmunidad pasiva cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dL, 40 de las 157 terneras (25%), mostraron concentraciones indicativas de FTIP (Figura 1).

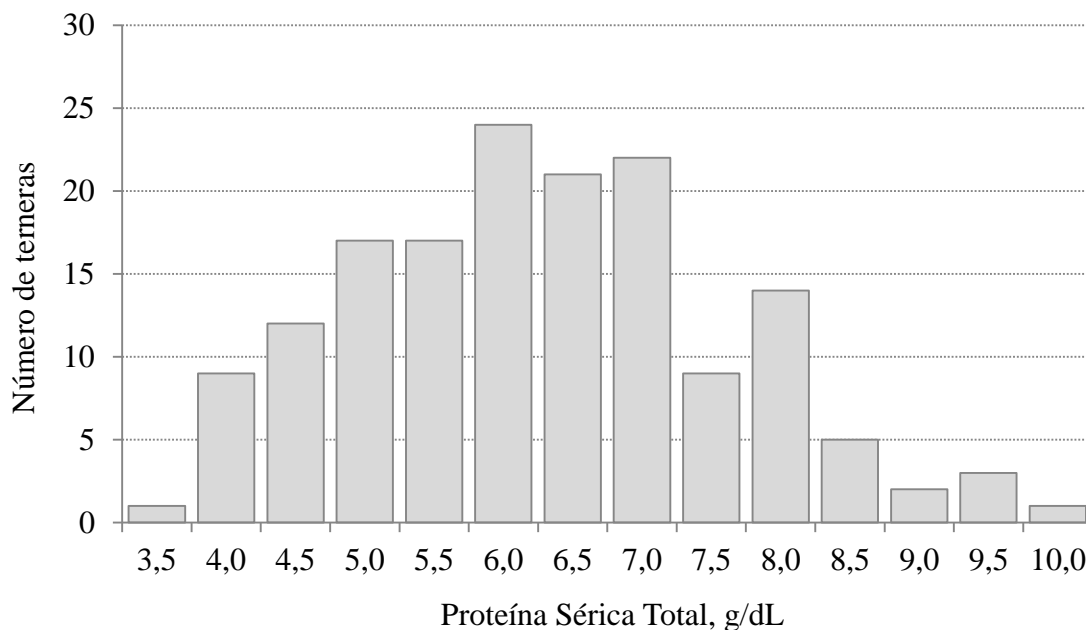


Figura 1. Concentración de proteína sérica total (g/dL) en 157 terneras de lechería con edades entre 1 y 7 días en 39 hatos de la Región Central Norte de Costa Rica.

Sin embargo, cuando se hace una separación de los animales por el método de alimentación, un 30% de las terneras que consumieron calostro por medio del amamantamiento adquirieron una inmunidad pasiva inadecuada, mientras que solamente un 17% de las terneras que recibieron el calostro por medio de chupón, presentaron concentraciones de PST inferiores a 5,5 g/dL. Los datos desglosados por grupo racial y tipo de alimentación se presentan en el Cuadro 1.

Puede notarse que los animales que consumieron calostro por medio del chupón, presentaron un porcentaje significativamente ($P < 0,05$) menor de FTIP. De la misma

manera, terneras provenientes del cruce Holstein x Jersey y de la raza Jersey pura fueron los animales que presentaron un menor porcentaje de inmunidad pasiva inadecuada.

Cuadro 1. 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 la Región Central Norte de Costa Rica.

Raza	Amamantamiento		Chupón	
	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
Jersey	23	30 ^{2b}	36	11 ^{1a}
Holstein	49	35 ^{3b}	10	30 ^{2a}
H x J	17	20 ^{1b}	5	12 ^{1a}
Otra	14	36 ^{3b}	3	33 ^{2a}

^{1,2} Número diferente en una misma columna indica diferencias significativas.

^{a,b} Letra diferente en una misma fila indica diferencias significativas ($P < 0,05$).

La literatura provee abundante información respecto a los factores que afectan la concentración sérica de Igs en terneras. Los dos factores más importantes son la edad de la ternera en la que se le ofrece la primera toma de calostro 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).

La concentración de inmunoglobulinas en el calostro al momento del parto es altamente variable entre vacas (Stott, Fleenor, y Kleese, 1981; Petrie, 1984). Un estudio realizado por Shearer, Mohammed, Brenneman, y Trant (1992) demostraron que de 2045 muestras de calostro analizadas, sólo 137 de ellas contenían niveles adecuados de Igs (≥ 50 mg/mL), mientras que 13,5% presentaron niveles intermedios y la mayoría (79,8%) niveles bajos. Durante los últimos días de gestación, grandes cantidades de Igs son transferidas de la glándula mamaria al calostro (Larson, Heary, y Devery, 1980). Sin embargo, diversos factores influyen sobre la concentración de Igs en el calostro de vacas lecheras.

El volumen de calostro producido al primer ordeño después del parto influye significativamente sobre la concentración de Igs (Kehoe, Heinrichs, Moody, Jones, y Long, 2011), ya que grandes volúmenes de calostro diluyen las Igs acumuladas en la glándula mamaria (Pritchett, Gay, Besser, y Hancock, 1991). Por lo tanto, la concentración de Igs es más alta en el calostro del primer ordeño después del parto y disminuye en los ordeños subsiguientes (Oyenyi, y Hunter, 1978; Bush y Staley 1980; Stott et al., 1981). En otras

palabras, la concentración de Igs 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 Igs, aún en el primer ordeño después del parto (Stott et al., 1981; Morin, MCCoy, y Hurley, 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).

Algunos estudios han indicado que la raza puede tener algún efecto sobre la concentración de Igs en el calostro. Sin embargo, los resultados han sido variables y con tendencias poco consistentes. Muller y Ellinger (1981) al comparar la concentración de Igs en el calostro de vacas de cinco razas de ganado lechero, encontraron que el promedio de Igs 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.

Otro factor que se ha considerado que puede afectar la concentración de Igs en el calostro y por ende la concentración de Igs en sangre o en su defecto la concentración de PST, es el número de partos de la madre (Kehoe et al., 2011). Durante muchos años se ha dicho que el calostro producido por animales de primer parto, generalmente tiene una concentración menor de Igs que el producido por vacas con mayor número de partos. Una razón es que los animales de primer parto han sido expuestos a antígenos por menor tiempo que vacas con más lactancias. 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). Por su parte, diversos estudios han demostrado que la concentración de Igs en el calostro aumentó linealmente con el número de lactancias (Oyeniya y Hunter, 1978; Devery y Larson, 1983; Robinson et al., 1988; Kehoe et al., 2011).

En el presente estudio, efectivamente las terneras nacidas de vacas con 4 ó más partos y que recibieron calostro por amamantamiento presentaron un menor porcentaje de FTIP; sin embargo, todas las terneras nacidas de vacas de primer y segundo parto a las que se les ofreció calostro por medio de chupón adquirieron una inmunidad pasiva adecuada (Cuadro 2).

Estos resultados soportan la recomendación de que lo ideal es medir la calidad del calostro por medio de un calostrómetro (Elizondo, 2007) antes de ser ofrecido a los

animales y siempre que el calostro sea de buena calidad (≥ 50 g/L de inmunoglobulinas) se puede utilizar, a pesar de que provenga de animales de primer parto.

Cuadro 2. Porcentaje de terneras con una falla en la transferencia de inmunidad pasiva de acuerdo al número de parto de la madre y al método de alimentación de calostro en la Región Central Norte de Costa Rica.

Parto	Amamantamiento		Chupón	
	n	Porcentaje	n	Porcentaje
1	24	41 ^{2b}	7	0 ^{1a}
2	23	50 ^{3b}	15	0 ^{1a}
3	23	50 ^{3b}	15	17 ^{2a}
≥ 4	32	30 ^{1b}	17	15 ^{2a}

^{1,2} Número diferente en una misma columna indica diferencias significativas.
^{a,b} Letra diferente en una misma fila indica diferencias significativas ($P < 0,05$).

Shearer et al. (1992) concluyeron que de 10 a 40% de las terneras no logran alcanzar las concentraciones adecuadas de Igs en suero cuando se alimentan con calostro de baja calidad. 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 las primeras 2 horas después del nacimiento por medio de chupón o un alimentador esofágico. Franklin, Amaral-Phillips, Jackson, y Campbell (2003) indican que en caso de que no se conozca el contenido de Igs 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.

La toma oportuna de una cantidad suficiente de calostro, rico en inmunoglobulinas es esencial para aminorar la pérdida de terneras debido a enfermedades neonatales. El intestino delgado de la ternera recién nacida posee la capacidad de absorber moléculas grandes intactas, como Igs y otras proteínas, solamente durante las primeras 24 horas de vida (Stott y Menefee, 1978; 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). La

absorción de suficientes Igs 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 (Hopkins y Quigley, 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.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio aproximadamente 3 de cada 10 terneras que consumieron calostro mediante amamantamiento natural no obtuvieron una inmunidad pasiva adecuada, mientras que 2 de cada 10 terneras que recibieron calostro por medio de chupón presentaron concentraciones de PST inferiores a 5,5 g/dL. Terneras nacidas de madres Holstein x Jersey y Jersey puras, presentaron porcentajes inferiores de falla en la transferencia de inmunidad pasiva adecuada. Terneras que consumieron calostro mediante amamantamiento y nacidas de madres de 4 ó más partos presentaron menores porcentajes de inmunidad pasiva inadecuada, en tanto que terneras que consumieron calostro por medio chupón y nacidas de vacas primerizas y de segundo parto, presentaron concentraciones adecuadas de PST.

Los productores no deben asumir que cuando las terneras permanecen con la madre, después del nacimiento, alcanzarán una adecuada inmunidad pasiva, ya que se desconoce la cantidad real y la concentración del calostro que consumen, y el tiempo transcurrido entre el nacimiento y el consumo de calostro. Considerando la gran variabilidad en cuanto a la calidad que puede presentar el calostro, utilizar un calostrómetro para estimar la calidad del mismo, es la única forma de asegurar que es apropiado para suministrarlo a las terneras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar un sincero agradecimiento 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. El agradecimiento es igualmente extensivo a los dueños de las fincas y a sus colaboradores.

LITERATURA CITADA

- Arthur, G.H. (1996). The development of the conceptus. In: Pregnancy and parturition in veterinary reproduction and obstetrics. G. H. Arthur, D. E. Nokes, H. Pearson, and T. J. Parkinson (Eds). WB Saunders, Philadelphia, P.A. Pag 51.
- 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(3), 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. 329 p.
- 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.
- Donovan, G.A., Dahoo, I.R., Montgomery, D.M., & Bennett, F.L. (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. *Agronomía Mesoamericana.* 18(2), 271-281.
- Elizondo-Salazar, J.A., & Heinrichs, A.J. (2009a). 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., & Heinrichs, A.J. (2009b). Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 92, 3265-3273.
- Elizondo-Salazar, J.A., Jayarao, B.M., & Heinrichs, A.J. (2010). Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *J. Dairy Sci.* 93, 961-967.
- 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.
- Hancock, D.D. (1985). Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 68, 163-183.

- Hopkins, B.A. & Quigley, 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.
- Johnson, J.L., Godden, S. M., 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, S.I., Heinrichs, A.J., Moody, M.L., Jones, C.M., & Long, M.R. (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *Professional Animal Scientist.* 27(3), 176-180.
- Larson, B.L., Heary, H.L., & Devery, J.E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63, 665-671.
- Morein, B., Blomquist, G., & Hu, K. (2007). Immune responsiveness in the neonatal period. *J. Comp. Pathol.* 137, S27-S31.
- Morin, D.E., MCCoy, G.C., & Hurley, W.L. (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.
- Muller, L.D., & Ellinger, D.K. (1981). Colostral immunoglobulin concentrations among dairy 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. 122 p.
- 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.
- Oyeniya, 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.
- Robison, 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(5),1283-1287.
- Sas. (2004). SAS/STAT. User's Guide. SAS Inst. Inc., Cary. NC.

- Shearer, J., Mohammed, H.O., Brennehan, J.S., & Trant, T.Q. (1992). Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Prevent. Vet. Med.* 14, 143-154.
- Stott, G.H., Menefee, B.E. (1978). Selective absorption of immunoglobulin IgM in the new calf. *J. Dairy Sci.* 61, 461-466.
- 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.
- Trotz-Williams, L.A., Leslie, K.E., & Peregrine, A.S. (2008). Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *J. Dairy Sci.* 91, 3840-3849.
- Tyler, J.W., Hancock, D.D., Parish, S.M., Rea, D.E., Besser, T.E., Sanders, S.G., & Wilson, L.K. (1996). Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine.* 10(5), 304-307.
- Weaver, D.M., Tyler, J.W., Vanmetre, D.C., Hostetler, D.E., & Barrington, G.M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine.* 14(6), 569-577.