

NOTA TÉCNICA

FACTORES RELACIONADOS CON LA FALLA EN TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN TERNERAS Y TERNEROS DE LECHERÍA EN LA REGIÓN CENTRAL NORTE DE COSTA RICA¹

Omar Andrés Vargas-Villalobos², Jorge Alberto Elizondo-Salazar², Luis Noguera-Solera³

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia de la falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras y terneros de lechería en la región Central Norte de Costa Rica. La información corresponde a medidas de proteína sérica total (PST) obtenidas durante el periodo de agosto a noviembre del 2012 en 47 fincas lecheras. Se muestrearon 337 terneras y 127 terneros. Las razas de las vacas se clasificaron en Holstein, Jersey, cruce Holstein-Jersey (H x J) 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 de PST osciló entre 3,0 y 10,0 g/dL, con un contenido promedio general de 5,7 g/dL. De todos los animales evaluados un 40,5% presentaron niveles inadecuados de inmunidad. Cuando se consideró el sexo de la cría, el 39,2% de las hembras y el 44,1% de los machos obtuvieron niveles inadecuados de inmunidad pasiva y la concentración de PST no presentó diferencias significativas (5,8 vs. 5,7 g/dL, respectivamente). Los animales provenientes de la raza Holstein obtuvieron una concentración de PST significativamente menor a los de las otras razas. Cuando se consideró el número de parto de la madre, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de PST de las crías; sin embargo, las crías de vacas de cuarto parto presentaron la mayor proporción de terneros con niveles inadecuados de inmunidad. A los terneros que se les permitió consumir calostro directamente de sus madres presentaron un 48,8% de falla en la transferencia de inmunidad pasiva contra 34,1% de terneros a los que se les ofreció calostro por medio de chupón. 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 Central Norte de Costa Rica.

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.

³Programa de Transferencia Tecnológica, Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, R.L.

Autor para correspondencia: omandres1219@gmail.com, jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr, lnoguera@dospinos.com

Recibido: 27 enero 2014

Aceptado: 14 mayo 2014

Palabras clave: Proteína sérica total, Salud animal, Inmunidad pasiva, Terneras, Ganado de leche

ABSTRACT

Factors related with failure of passive transfer of immunity in dairy heifer and bull calves in the Northern Central Region of Costa Rica. The objective of this study was to determine the prevalence of failure of passive transfer of dairy calves in the Central Northern region of Costa Rica. The data correspond to total serum protein (TSP) measurements obtained during the period of August and November of 2012 in 47 dairy farms. 337 female and 127 male calves were sampled. Dam breeds were classified into Holstein, Jersey, Holstein xJersey crosses and other. 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 3.0 to 10.0, with an overall mean of 5.7 g/dL. Of all the animals evaluated, 40.5% had failure of passive transfer. When sex of the calves was considered, 39.2% of females and 44.1% of males failed to obtain adequate levels of immunity and concentration of TSP showed no significant differences (5.8 vs. 5.7 g/dL, respectively). Calves born to Holstein cows had significantly lower TSP concentrations than calves born to other breeds. When considering calving of the dam, there were no significant differences on TSP concentration of calves, however offsprings born to fourth lactation cows showed the highest percentage of animals with inadequate transfer of immunity. Calves that were allowed to suckle their dams showed a 48.8% failure of passive immunity against 34.1% of calves that were given colostrum by bottle. 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 Central Northern region of Costa Rica.

Key words: Total serum protein, Animal health, Passive immunity, Dairy replacements, Dairy cattle.

INTRODUCCIÓN

Las terneras y terneros nacen con un sistema inmune incapaz de protegerlos contra enfermedades durante sus primeros días de vida, por lo que dependen de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas (Igs) maternas presentes en el calostro. Estas Igs ingresan al

torrente sanguíneo, a través del intestino, y los protegen hasta que su sistema inmune llega a ser funcional (Robinson, Stott y Denise, 1988). Una inmunidad adecuada requiere de una concentración de Igs en suero sanguíneo durante los primeros días de vida, de al menos 10 g/L, o de una concentración de proteína sérica total (PST) igual o superior a 5,5 g/dL (Elizondo-Salazar, 2007; Sánchez-Salas, Elizondo-Salazar y Arroyo-Quesada, 2012; Benavides-Varela, Elizondo-Salazar y González-Arias, 2013; Elizondo-Salazar y Rodríguez-Zamora, 2013).

Una deficiente adquisición de inmunidad pasiva 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. Así por ejemplo, Robison et al. (1988) encontraron que terneras con una transferencia inadecuada de inmunidad pasiva, mostraron ganancias de peso reducidas en los primeros meses de vida. Es también un factor de riesgo para el desarrollo de neumonías y se ha sido asociado con altos niveles de mortalidad (Wells, Dargatz y Ott, 1996; Virtala, Grohn, Mechor y Erb, 1999). Además, la FTIP en terneras afecta la productividad a largo plazo, ya que una baja concentración de Igs ha sido asociada 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, Robinson, Stott y Armstrong 1989; Faber, Faber, McCauley y Ax 2005).

En los Estados Unidos se estima que alrededor de un 35% de las terneras sufren de FTIP (Morein, Bloomquist y Hu, 2007). En nuestro país, específicamente en la región Huetar Norte, Sánchez-Salas et al. (2012) y Benavides-Varela et al. (2013) reportaron una FTIP de 31,8 y 43,7%, respectivamente. Por su parte, Elizondo-Salazar y Rodríguez-Zamora (2013) en un estudio llevado a cabo en la región Central Norte, encontraron que 25% de los animales evaluados presentaron FTIP. Dada su magnitud, este es un factor económico importante en el que los productores de leche deben poner especial atención.

A pesar de conocer su importancia, en Costa Rica existen en la actualidad pocos estudios científicos concernientes al estado inmunológico de las terneras de lechería. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia de FTIP en terneras y terneros de lechería en la región Central Norte de Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Toma de muestras y evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva.

Los datos presentados en el presente estudio corresponden a medidas de proteína sérica total obtenidas durante el periodo comprendido entre agosto y noviembre del 2012 en 47 fincas lecheras de la región Central Norte de Costa Rica. En dicho lapso de tiempo, las fincas fueron visitadas semanalmente y se tomaron muestras de sangre por venopunción yugular con el sistema de tubos al vacío sin anticoagulante (tapa roja) en 337 hembras y 127 machos con edades comprendidas entre 1 y 7 días (Trotz-Williams, Leslie y Peregrine, 2008). De los 464 animales utilizados en el estudio, 203 consumieron calostro por amamantamiento y 261 por medio de chupón. Estos últimos fueron separados de sus madres antes de que consumieran calostro directamente de ellas. 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 eran especializadas, es decir el ordeño se hacía 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 de las categorías anteriores). El tamaño de los hatos osciló entre 13 y 360 vacas en ordeño. En general, todos los animales se encontraban bajo sistemas de pastoreo.

Las muestras de sangre se manejaron 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 15 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). 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 (Davis y Drackley, 1998; Donovan, Dahoo, Montgomery y Bennett, 1998).

Análisis estadístico.

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 método de alimentación del calostro, donde el animal se consideró

como la variable aleatoria. La comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Waller-Duncan ($P < 0,05$). Asimismo, se generó estadística descriptiva para determinar la proporción de animales con una FTIP según el número de lactancia de la madre, el sexo de la cría, el método de alimentación de calostro. Al considerar el método de alimentación de calostro, se llevó a cabo una subdivisión de aquellos animales a los que se les ofreció calostro con chupón, dividiéndose en aquellos que consumieron calostro proveniente de un banco de calostro ($n = 41$) y las que no ($n = 220$). De la misma forma, se llevó a cabo una separación entre aquellos animales que consumieron calostro directamente de sus madres (amamantamiento) y se dividieron en aquellos que permanecieron con ellas por un periodo menor o igual a 24 h ($n = 158$) o por un periodo mayor a 24 h ($n = 45$). 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 cuatro subgrupos, considerando el número de vacas en ordeño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

La concentración de PST en terneras de lechería con edades entre 1 y 7 días de nacidas osciló entre 3,0 y 10,0 g/dL, con un contenido promedio general de 5,7 g/dL. De todos los animales evaluados un 40,5% (188/464) presentaron FTIP.

Los rangos obtenidos y la concentración promedio son muy similares a los reportados por Elizondo-Salazar y Rodríguez-Zamora (2013) en la misma zona de estudio y por Sánchez-Salas et al. (2012) y Benavides-Varela et al. (2013) en la región Huetar Norte de nuestro país. Sin embargo, en el estudio de Elizondo-Salazar y Rodríguez-Zamora (2013) la proporción de animales con FTIP fue de solamente el 25% y en el estudio de Sánchez-Salas et al. (2012) y Benavides-Varela et al. (2013) fue de 31,8 y 43,7%, respectivamente.

Es preocupante observar como a pesar de que los productores conocen la importancia de un adecuado suministro de calostro, la prevalencia de FTIP en terneras y terneros de lechería en la región Central Norte haya aumentado. Se debe recordar que una transferencia inadecuada de Igs es una condición importante de identificar ya que las terneras recién nacidas son

propensas a infecciones, las cuales pueden llevar a altas tasas de morbilidad y mortalidad (Nocek, Braund, y Warner, 1984; Robinson et al., 1988).

Existen básicamente cuatro factores que contribuyen a que los animales adquieran una adecuada transferencia de inmunidad pasiva: alimentar calostro con una alta concentración de Igs (>50 g/L), alimentar un adecuado volumen de calostro, ofrecer calostro en las primeras dos horas después del nacimiento, y minimizar la contaminación bacteriana del mismo (Stott et al., 1979a; Stott et al., 1979b; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009).

Raza de la cría

Cuando se evaluó la raza de la cría, se pudo determinar que ésta influyó significativamente ($P < 0,05$) sobre la concentración de PST en los animales evaluados. Se pudo observar que las crías provenientes de madres de la raza Holstein presentaron una concentración de PST significativamente menor que aquella presente en los animales nacidos de las otras razas (Figura 1). Igualmente se pudo determinar que las crías de la raza Jersey fueron las que presentaron el menor porcentaje de inmunidad inadecuada (26%), mientras que las crías de la raza Holstein obtuvieron el mayor porcentaje de FTIP (53%).

Sánchez-Salas et al. (2012) determinaron que terneras nacidas de vacas Jersey y del cruce HolsteinxJersey obtuvieron una concentración de PST significativamente mayor a las de la raza Holstein y otras razas, mientras que Benavides-Varela et al. (2013) encontraron que los animales provenientes del cruce HolsteinxJersey obtuvieron una concentración de PST significativamente mayor que los provenientes de las demás razas.

Una de las razones que podrían explicar esta situación y que sin embargo no fue parte del presente estudio, 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 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 adecuado de inmunidad pasiva, mientras que animales de razas más pequeñas pueden alcanzar dicho estado con un menor consumo de anticuerpos (Quigley et al. 1998).

Muller y Ellinger (1981) por su parte 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 inmunoglobulinas en el calostro de vacas de la raza Ayrshire, Pardo suizo, Jersey y Holstein, respectivamente. Por esta razón, los terneros nacidos de vacas Holstein, podrían adicionalmente estar consumiendo una menor cantidad de inmunoglobulinas con respecto a las otras razas.

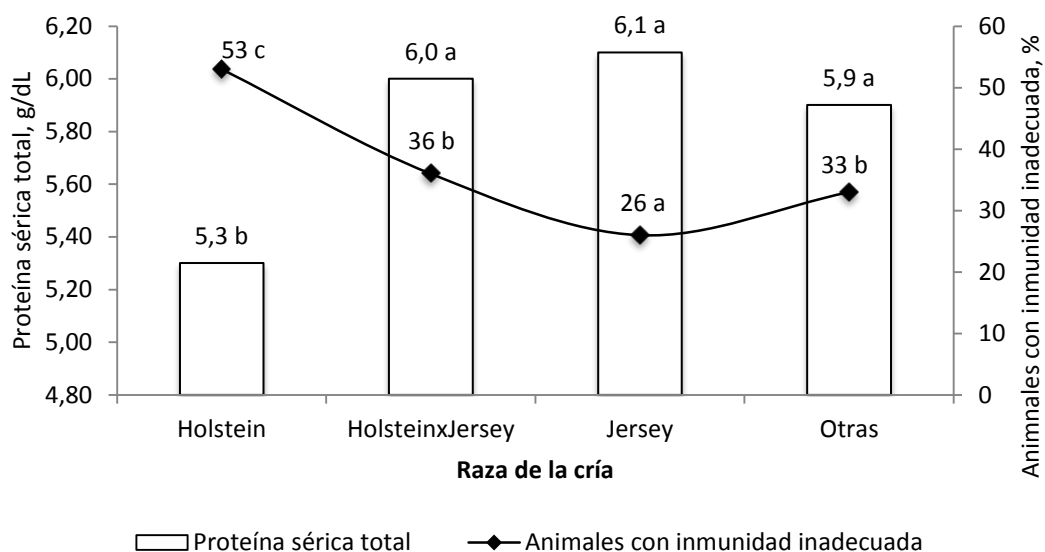


Figura 1. Efecto de la raza de la cría sobre la concentración de proteína sérica total (PST) en 464 terneras y terneros entre 1 y 7 días de edad en 47 fincas lecheras de la región Central Norte de Costa Rica.

Sexo de la cría

Cuando los animales se agruparon por sexo, la concentración de PST determinada en los animales indica que el 39% (132/337) de las hembras y el 44% (56/127) de los machos obtuvieron niveles inadecuados de inmunidad y la concentración de PST no presentó una diferencia significativa ($P > 0,05$) entre hembras y machos (5,8 y 5,7 g/dL, respectivamente).

En el estudio realizado por Benavides-Varela et al. (2013) se determinó que el 44% de las hembras y el 38% de los machos obtuvieron niveles bajos de inmunidad y la concentración de PST tampoco presentó una diferencia entre hembras y machos (6,0 y 6,1 g/dL, respectivamente).

Quigley y Drewry (1998) y Quigley et al. (1998) indican que el sexo de la cría puede tener una influencia en la transferencia de inmunidad pasiva. 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. También puede existir un factor de manejo que tiene que ver con la negligencia de mucho productor de no dar calostro a los machos u ofrecerles calostro de baja calidad.

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

Dicho aspecto podría eventualmente afectar la concentración de PST en las crías. Sin embargo, el número de parto no afectó significativamente ($P > 0,05$) esta variable en el presente estudio. A pesar de eso, las crías de novillas de primer y segundo parto presentaron una menor proporción en la FTIP con respecto a las crías de vacas de cuatro partos (Figura 2).

Método de alimentación del calostro

La concentración de PST varió significativamente ($P > 0,05$) entre los animales que permanecieron con la madre y los que fueron alimentados con chupón (5,6 vs. 5,9 g/dL, respectivamente), además la proporción de animales con FTIP fue mayor ($P < 0,05$) cuando éstos permanecieron con la madre que cuando se les ofreció el calostro por medio de chupón (48,8% vs. 34,1%). Esta situación pudo deberse a que los terneros que permanecieron con la madre pudieron haber consumido una menor cantidad calostro, pudieron haber consumido un calostro de menor calidad o consumieron calostro a un tiempo mayor después del nacimiento que los terneros alimentados con chupón. Estas circunstancias ocasionan una pobre absorción

de inmunoglobulinas y esta situación ha sido comprobada por algunos autores. Besser et al. (1991) y Quigley et al. (1995) demostraron en un experimento que los terneros que permanecieron con la madre después del nacimiento presentaron un menor contenido sérico de Igs en comparación con terneros a los que se les ofreció calostro por medio de chupón.

También se llevó a cabo una subdivisión de aquellos animales a los que se les ofreció calostro con chupón y se dividieron en aquellos que consumieron calostro proveniente de un banco de calostro ($n = 41$) y las que no ($n = 220$). Con base en esta información se determinó que los animales que se alimentaron con calostro proveniente de un banco de calostro presentaron una concentración de PST significativamente superior ($P < 0,05$) al otro grupo de terneros (6,4 vs. 5,8 g/L, respectivamente) y la proporción de terneros con FTIP que se alimentaron con calostro no proveniente de un banco de calostro fue significativamente superior ($P < 0,05$) (38 vs. 12%). Estos resultados son fáciles de entender ya que cualquier productor que cuente con un adecuado banco de calostro tendrá el cuidado de medir la calidad del mismo al ordeño y almacenar solamente aquellos calostros con una concentración de Igs superior a 50 g/L.

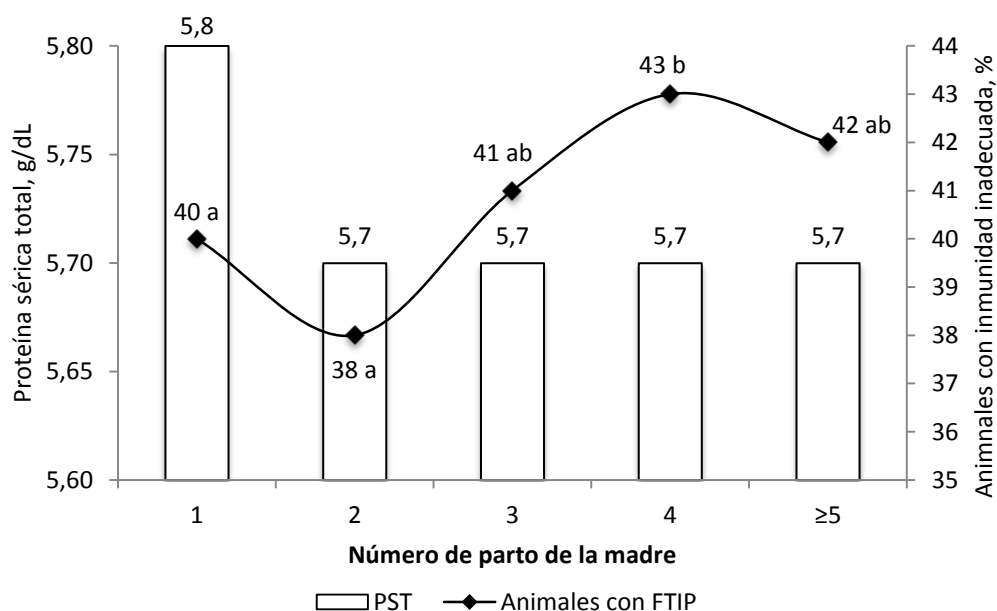


Figura 2. Efecto del número de lactancia de la madre sobre la concentración de proteína sérica total (PST) en 464 terneras y terneros entre 1 y 7 días de edad en 47 fincas lecheras de la región Central Norte de Costa Rica.

De la misma forma, se llevó a cabo una separación entre aquellos animales que consumieron calostro directamente de sus madres (amamantamiento) y se dividieron en aquellos que permanecieron con ellas por un periodo menor o igual a 24 h (n = 158) o por un periodo mayor a 24 h (n = 45). En este sentido, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los dos grupos con respecto a la concentración de PST (5,6 vs. 5,4 g/L, respectivamente). Sin embargo, la proporción de animales con FTIP fue significativamente menor ($P < 0,05$) para el grupo de animales que permanecieron con sus madres por un periodo menor o igual a 24 h (44 vs. 64%). Esto tiene que ver con el hecho de que el intestino delgado de los recién nacidos posee la capacidad de absorber moléculas grandes intactas, como las Igs y otras proteínas, solamente durante las primeras 24 horas de vida (Stott y Menefee, 1978; Larson, Haery y Devery, 1980; Hopkins y Quigley, 1997; Morin, McCoy y Hurley, 1997). Transcurrido este tiempo, se da lo que se conoce como el cierre intestinal (Bush y Staley, 1980). De esta manera, 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 durante los primeros días de vida (Nocek et al., 1984; Hopkins y Quigley, 1997).

Tamaño del hato

Con el fin de evaluar el efecto del tamaño del hato en ordeño sobre la concentración de PST y el porcentaje de FTIP, las fincas se dividieron en cuatro subgrupos, considerando el número de vacas en ordeño (Figura 3). Con respecto a la concentración de PST, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre grupos. Sin embargo, los terneros provenientes de fincas con menos de 100 vacas en ordeño presentaron la mayor proporción de FTIP.

A partir del presente estudio, es difícil explicar las razones de los resultados obtenidos, especialmente al considerar que en el estudio llevado a cabo por Benavides-Varela et al. (2013) se determinó 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%).

Por lo tanto, es importante recordar que una FTIP puede deberse a una serie de factores como lo son la edad de la ternera en la que se le ofrece la primera toma de calostro y la masa de Igs

ingerida. No tener el cuidado de valorar cada uno de estos aspectos, hará que los animales recién nacidos presenten una FTIP, lo que conlleva a consecuencias negativas de salud y desempeño productivo de los mismos.

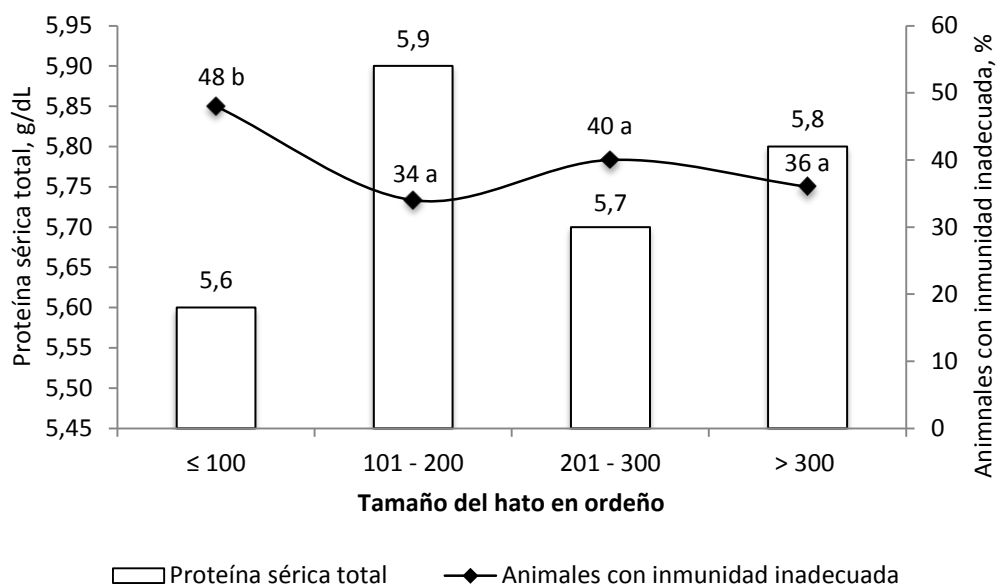


Figura 3. Efecto del tamaño del hato en ordeño sobre la concentración de proteína sérica total y la proporción de animales con inmunidad inadecuada en 464 terneras y terneros entre 1 y 7 días de edad en 47 fincas lecheras de la región Central Norte de Costa Rica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de proteína sérica total (PST) obtenidos por refractometría en 464 terneras y terneros entre 1 y 7 días de edad en 47 fincas lecheras de la región Central Norte de Costa Rica indican que el 40,5% de los animales obtuvieron una inmunidad pasiva inadecuada. Se encontró una asociación significativa entre la concentración de PST, la raza de las crías y el método de alimentación de calostro. De la misma forma se pudo encontrar una importante asociación entre la proporción de animales con FTIP y la raza de la madre, el número de parto de la madre, el método de alimentación y el tamaño del hato en ordeño. Por lo tanto, es necesario establecer prácticas de manejo de calostro en las fincas lecheras de la zona Central

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 por medio de chupón, y en caso de que se permita a las crías permanecer con sus madres después del parto, no debe asumirse que las terneras han consumido una cantidad adecuada de calostro, cuando el parto no es asistido.

AGRADECIMIENTOS

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

- Benavides-Varela, D., Elizondo-Salazar, J.A., González-Arias, E. (2013). Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Año II. *Agronomía Mesoamericana*. 24(2):285-291.
- Besser, T.E., Gay, C.C., Pritchett, L. (1991). Comparison of three methods of feeding colostrums to dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 198:419-422.
- 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.
- Denise, S.K., Robison, J.D., Stott, G.H., Armstrong, D.V. (1989). Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 72:552-554.
- 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. (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., Rodríguez-Zamora, J. (2013). Transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería que reciben calostro por dos métodos diferentes. *Nutrición Animal Tropical*. 7(1):1-13.
- Faber, S.N., Faber, N.E., McCauley, T.C., Ax, R.L. (2005). Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist*. 21(5):420-425.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Solverod, L., Osteras, O. (2008). Risk factors associated with colostrums quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:704-712.
- 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.
- Moore, M., Tyler, J.W., Chigerwe, M., Dawes, M.E., Middleton, J.R. (2005). Effect of delayed colostrums collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226:1375-1377.
- 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 breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1727-1730.

- Nocek, J.E., Braund, D.G., Warner, R.G. (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., Drewry, J.J. (1998). Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *J. Dairy Sci.* 81:2779-2790.
- Quigley, J.D., Drewry, J.J., Martin, K.R. (1998). Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308-1312.
- Quigley, J.D., Martin, K.R., Bemis, D.A., Potgieter, L.N., Reinemeyer, C.R., Rohrbach, B.W., Dowlen, H.H., Lamar, K.C. (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., 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.
- Sánchez-Salas, J., Elizondo-Salazar, J.A., Arroyo-Quesada, 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 INSTITUTE. 2004. SAS/STAT 9.1 User`s Guide. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, 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., Nightengale, G.T. (1979b). Colostral immunoglobulin transfer in calves. II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1766-1773.
- Stott, G.H., Menefee, B.E. (1978). Selective absorption of immunoglobulin IgM in the new calf. *J. Dairy Sci.* 6:461-466.
- 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.
- Virtala, A.M., Grohn, Y.T., Mechor, G.D., Erb, H.N. (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.
- Wells, S.J., Dargatz, D.A., Ott, S.L. (1996). Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Prevent. Vet. Med.* 29:9-19.