

Relación del tamaño del folículo dominante y tasa de concepción al momento del servicio en vacas holstein de alta producción¹

Andrea Álvarez Arango², John Jairo Giraldo Giraldo³

Recibido: 9 abril 2015 / Aceptado: 19 julio 2015

■ Resumen

Introducción. Si bien se han reportado algunas relaciones entre el tamaño del folículo dominante y la fertilidad de las vacas de alta producción, aún existen vacíos sobre el efecto de la dinámica folicular sobre la concepción. **Objetivo.** Identificar la relación entre el tamaño del folículo dominante al momento de la inseminación artificial y la tasa de concepción en vacas Holstein de alta producción; **Materiales y métodos.** Se evaluaron 42 animales de alta producción (6618.5 Kg en 305 días) a los cuales se les determinó el tamaño del folículo dominante al momento de la inseminación artificial y su localización (ovario derecho-ovario izquierdo), condición corporal (CC) y peso vivo. Los datos se analizaron en el programa Statgraphics versión 15. Se empleó un nivel de confianza de 95%, para encontrar diferencias significativas. Mediante el ajuste de ecuaciones de regresión se establecieron relaciones entre el tamaño del folículo dominante al momento del servicio y el porcentaje de concepción con el tamaño del folículo dominante; **Resultados.** Se encontró relación entre los tres tamaños promedio de los folículos con respecto a la condición corporal y al servicio efectivo con cada uno de los pesos. A medida que aumentó el tamaño del folículo dominante se incrementó el porcentaje de servicio efectivo, pero cuando aumentó el peso de los animales y la condición corporal, los porcentajes de servicio efectivo disminuyeron. **Conclusiones.** El diámetro folicular al momento del servicio está directamente relacionado con la tasa de concepción, independientemente del ovario en el que se encuentre el folículo dominante y este podría considerarse como un indicador de fertilidad.

Key words: inseminación artificial, folículo dominante, tasa de concepción, servicio efectivo, reactivación ovárica, fertilidad.

¹ Artículo obtenido como producto del trabajo de grado titulado: "Evaluación de la relación del tamaño del folículo dominante al momento de la inseminación artificial con la tasa de concepción en vacas Holstein de alta producción". Financiado por la Corporación Universitaria Lasallista. Desarrollado entre el año 2012 al 2015.

² Estudiante de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Corporación Universitaria Lasallista.

³ Zootecnista, especialista en Reproducción Bovina, magíster en Ciencias - Biotecnología Animal. Docente investigador, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Corporación Universitaria Lasallista. Correspondencia: Andrea Álvarez Arango, mail: andre_alvaran@hotmail.com



The correlation between the dominant follicle's size and the conception rate at the artificial insemination moment in high production holstein cows

■ Abstract

Introducción. According to the research conducted, some correlations between the dominant follicle's size and the fertility in high producing cows have been reported. However, there are still some knowledge gaps concerning the effect of follicular dynamics on the conception. **Objective.** To identify the correlation between the dominant follicle size at the artificial insemination time and the conception rates in high producing Holstein cows. **Material and methods.** 42 high production animals were evaluated, determining their dominant follicle's size at the artificial insemination time and location (right or left ovaries), body condition score (BCS) and body weight. The data were analyzed by means of the Statgraphics software, version 15; a confidence level of 95% was used to find significant differences. By adjusting regression equations, the relationships between the size of the dominant follicle at the time of service and the conception rate with the size of the dominant follicle were established. **Results.** A connection between the three average sizes of the follicles related to the body condition and the effective service with each one of the weights was found. As the dominant follicle's size increased, so did the effective service percentages but, when the weights and the body conditions of the animals increased, the effective service percentages decreased. The larger the dominant follicle size, the higher the effective service percentage. However, if the animal's weight and

body conditions increase, the effective service percentage decreases. **Conclusions.** At the service time, the follicular diameter is directly related to the rate of conception, regardless of the ovary in which the dominant follicle is. This fact could be considered as a fertility indicator.

Palabras clave: artificial insemination, dominant follicle, conception rate, effective service, ovarian resumption, fertility.

Relação do tamanho do folículo dominante e taxa de concepção ao momento do serviço em vacas holstein de alta produção

■ Resumo

Introdução. Introdução. Conquanto se reportaram algumas relações entre o tamanho do folículo dominante e a fertilidade das vacas de alta produção, ainda existem esvaziamentos sobre o efeito da dinâmica folicular sobre a concepção. **Objetivo.** Identificar a relação entre o tamanho do folículo dominante ao momento da inseminação artificial e a taxa de concepção em vacas Holstein de alta produção; **Materiais e métodos.** Avaliaram-se 42 animais de alta produção (6618.5 Kg em 305 dias) aos quais se lhes determinou o tamanho do folículo dominante ao momento da inseminação artificial e sua localização (ovário direito-ovário esquerdo), condição corporal (CC) e peso vivo. Os dados se analisaram no programa Statgraphics versão 15. Empregou-se um nível de confiança de 95%, para encontrar diferenças significativas. Mediante o ajuste de equações de regressão se estabeleceram relações entre o tamanho do

foliculo dominante ao momento do serviço e a percentagem de concepção com o tamanho do foliculo dominante. **Resultados.** Encontrou-se relação entre os três tamanhos média dos foliculos com respeito à condição corporal e ao serviço efetivo com cada um dos pesos. À medida que aumentou o tamanho do foliculo dominante se incrementou a percentagem de serviço efetivo, mas quando aumentou o peso dos animais e a condição corporal, as percentagens de serviço efetivo diminuiram. **Conclusões.** O diâmetro folicular ao momento do serviço está diretamente relacionado com a taxa de concepção, independentemente do ovário no que se encontre o foliculo dominante e este poderia considerar-se como um indicador de fertilidade.

Palavras importantes: inseminação artificial, foliculo dominante, taxa de concepção, serviço efetivo, reativação ovárica, fertilidade.

■ Introducción

La dinámica folicular se define como el proceso continuo de crecimiento y de regresión de un grupo de foliculos antrales, donde uno de ellos se desarrolla hasta formar un foliculo preovulatorio (Lucy et al., 1992); estos estudios endocrinológicos y ultrasonográficos pueden ayudar a esclarecer los fenómenos que interfieren en la presentación del celo y la ovulación durante el posparto de vacas lecheras de alta producción y su relación con la fertilidad. Durante el posparto se espera la maduración hormonal del eje hipotálamo-hipófisis y el establecimiento de la nueva población folicular en el ovario que conducirá a la primera ovulación; esto puede verse afectado por el balance energético negativo y el estado nutricional y metabólico, que tienen relación con el eje reproductivo; es por ello que la eficiencia reproductiva de un hato ganadero está expuesta a muchos factores que pueden llegar a afectarla directa o indirectamente (Galvis et al., 2003).

El desarrollo folicular está relacionado directamente con el estado energético de las vacas en el postparto (Galvis et al. 2008). La relación entre balance energético negativo (BEN) y función ovárica se cree debida, en parte, a la secreción de la hormona luteinizante (LH). Los centros cerebrales superiores donde se estimula la secreción de LH son sensibles a los niveles de hormonas secretadas en ovarios y también al BEN. Se ha encontrado que el balance energético positivo al día 15 posparto incrementa los niveles de LH en sangre y el desarrollo folicular, que alcanzando tamaños mayores a 15mm se ha demostrado que puede ser un buen indicador de fertilidad. El BEN ocasiona bajos niveles de progesterona, los cuales se asocian con baja fertilidad. Se cree que la baja producción de progesterona es debida a la alteración en la capacidad esteroidogénica del cuerpo lúteo (Lucy et al., 1992).

Dada la importancia de un adecuado equilibrio endocrino para el buen desarrollo folicular y apoyados en los resultados en los altiplanos norte y oriente de Antioquia (ciclos estrales irregulares), se podría plantear que una buena proporción de los problemas de infertilidad tienen su origen en la baja producción hormonal durante la lactancia temprana, condicionada por una baja disponibilidad de sustratos para su síntesis y por condiciones metabólicas adversas (Galvis y Correa, 2002; Galvis, Durango y Díaz, 2008b), las cuales pueden afectar el desarrollo folicular, la ovulación, la viabilidad del oocito, y el tamaño y persistencia del cuerpo lúteo.

Existe asociación entre alta producción de leche y reducción de la fertilidad, pero no hay consenso sobre la correlación entre el tiempo del primer estro y la ovulación con la producción láctea (Galvis, Correa y Ramírez, 2008a). Es muy difícil separar los efectos de la producción láctea de otros factores confusos, particularmente los relacionados con el estado nutricional; por ejemplo, las vacas de alta producción al



principio de la lactancia son incapaces de mantener un estado de equilibrio energético, independientemente del nivel de alimentación. Por lo tanto, un estado nutricional inadecuado puede ser la causa directa de afecciones reproductivas en vacas de alta producción.

El aumento de la producción lechera ha desmejorado el desempeño reproductivo de los animales, a causa de los altos requerimientos nutricionales que exigen las enormes producciones de leche con los estándares de calidad impuestos por las empresas industrializadoras de lácteos. Estos problemas han sido ocasionados por los procesos de mejoramiento genético que han hecho más eficientes los sistemas productivos, pero que no han tomado en cuenta la nutrición, ni el manejo de los animales (Galvis et al., 2008b). Estos y otros factores afectan la eficiencia reproductiva, seleccionando altas producciones y generando animales de pobres capacidades reproductivas, un factor de gran importancia, ya que los animales deben preñarse en el menor tiempo posible para no alargar demasiado las lactaciones que presentarían menores producciones (Bach, 2001).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la relación existente entre el tamaño del folículo dominante, el peso vivo y la condición corporal con respecto a la tasa de concepción en vacas Holstein de alta producción, debido a que se han reportado algunas relaciones entre estos (Burns et al, 1997; Butler, et al, 1998; Perry et al., 2005; Perry et al., 2007;) y aún se desconoce cuál sería el efecto directo de la dinámica folicular sobre la concepción.

■ Materiales y métodos

Localización geográfica. El trabajo se realizó en la estación agraria Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, ubicada a 2400 m. s. n. m., con una temperatura promedio

de 14 °C y una humedad relativa promedio de 80 % en una formación ecológica de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), según la clasificación de Holdridge. (Holdridge, 1967, citado por Harris, 1973). **Animales.** 42 vacas de alta producción (6618.5 Kg en 305 días) y cursando entre su tercera y sexta lactancia, fueron inseminadas artificialmente bajo el método AM-PM, el cual tiene por objetivo posterior detectar la hembra bovina con síntomas de celo evidentes; con observaciones tres veces por día, durante 30 minutos, se procedió a inseminar artificialmente la hembra bovina entre las 8 y las 10 horas posteriores a la detección evidente del celo, completando un total de 100 servicios desde octubre de 2011 hasta julio de 2012; se incluyeron las vacas repetidoras de servicio. Todas las vacas fueron inseminadas artificialmente posterior a la determinación del celo por el mismo técnico. **Alimentación.** Los animales pastorearon praderas de kikuyo (*Penisetum clandestinum*) sometidos al manejo tradicional, con fertilización compuesta con suplementación alimenticia al momento del ordeño, con concentrado comercial acorde con su peso y nivel de producción, además de suplemento mineral a voluntad. **Determinación del tamaño del folículo dominante.** Al momento de la inseminación artificial, a cada vaca se le determinó el tamaño del folículo dominante por examen ultrasonográfico. Para tal efecto se utilizó un ecógrafo de tiempo real y modo B (Pie Medical® 240 Parus Vet), dotado con una sonda transrectal de doble frecuencia 6,0/8,0 MHz, una profundidad de penetración promedio de 5 a 10 cm, siguiendo las recomendaciones de Guaqueta, 2008. Los folículos fueron definidos como estructuras esféricas anecogénicas (color negro) con una clara demarcación entre la pared y el antro folicular (Lucy, 1991). Se midieron los diámetros mayor y menor del folículo preovulatorio y se especificó si el folículo se encontraba localizado en ovario derecho o izquierdo del animal. Los tamaños de los folículos dominantes se agruparon en tres

parámetros: menor (folículos ≤ 7 mm), medio (folículos entre 7-15 mm) y mayor (folículos ≥ 23 mm) de diámetro folicular encontrados en el grupo de estudio con el fin de facilitar el análisis estadístico, sugerido por el analista para la determinación de resultados. **Evaluación de peso y grado de condición corporal.** Para determinar el peso al momento del servicio, se utilizó una cinta bovinométrica, la cual arroja un peso aproximado basado en una medición del perímetro torácico del animal. Para las gráficas se determinó un promedio en cuanto al peso menor (≤ 478 kg), medio (593 kg promedio) y mayor (≥ 709 kg) de los animales evaluados. Se estimó conjuntamente el grado de condición corporal propuesto por Lomax et al. (1979), el cual es usado corrientemente para determinar en vacas de producción el estado corporal, y emplea una escala de 5 puntos. El puntaje 1 indica un animal extremadamente flaco y el puntaje 5 un animal excesivamente gordo. Están contemplados puntajes intermedios (cuarto o medio punto, o sea 0,25 o 0,5) cuando es necesario ajustar más exactamente la condición del animal, tomando como rango de estudio los animales con una mínima CC de 2.2 y un máximo de 3.7. Esta medición la realizó siempre la misma persona debido a que el método es bastante subjetivo y así permitió una

mayor simetría en el grupo evaluado. **Análisis estadístico.** Mediante el ajuste de ecuaciones de regresión se establecieron relaciones entre el tamaño del folículo dominante al momento del servicio y el porcentaje de concepción con el tamaño del folículo dominante. Se aceptó asociación estadísticamente significativa entre variables cuando $p \leq 0,05$. Por último, se exploró por medio de un modelo de regresión logístico que involucró las diferentes variables de la investigación, de tal modo que permitió determinar el peso relativo que tiene cada una de estas sobre la concepción. Los datos se analizaron en el programa Statgraphics versión 15. Se empleó un nivel de confianza de 95 %, para encontrar diferencias significativas. .

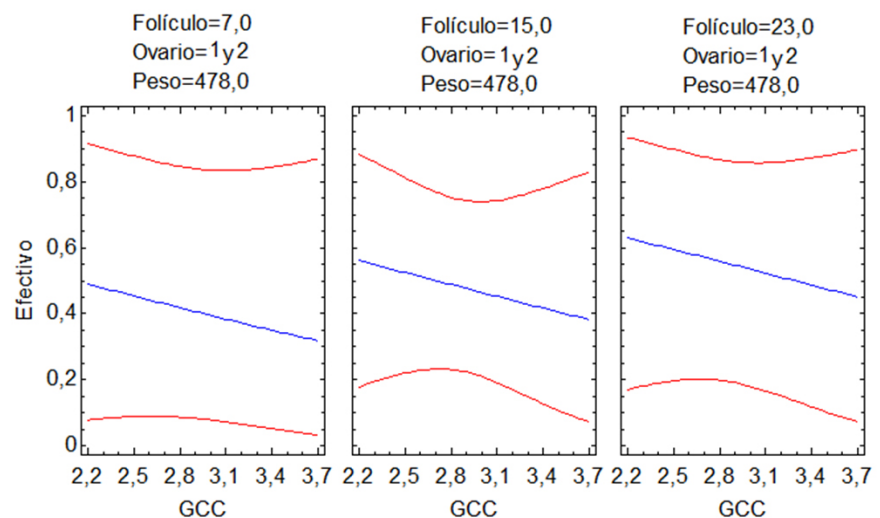
■ Resultados

Se comparan las variables, CC, peso, tamaño del folículo dominante, porcentaje de servicio efectivo y el ovario en el cual se encuentra el folículo dominante, evaluados al momento de realizar la inseminación artificial.

La *figura 1* muestra el peso promedio menor (≤ 478 kg) que se encontró en el grupo experimental

Figura 1. Evaluación de los parámetros con respecto al peso menor (≤ 478 Kg).

*Evaluación de parámetros: tamaño del folículo dominante, grado de condición corporal (GCC) y servicio efectivo con respecto al peso menor (≤ 478 kg) en el grupo evaluado, independiente del ovario





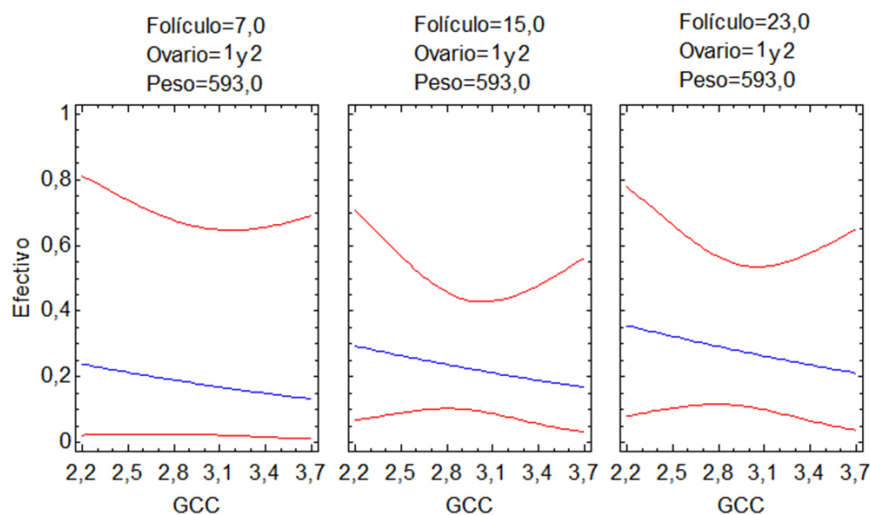
de 42 animales; observamos que a medida que aumenta el tamaño del folículo dominante hay un aumento porcentual con respecto al servicio efectivo y que a medida que aumenta la condición corporal se observa un descenso sobre ese mismo servicio efectivo. La gráfica muestra una tendencia muy constante en los tamaños foliculares arrojando una diferencia significativa con respecto al porcentaje de servicio efectivo, y como tal, la tasa de concepción.

La línea de color azul de las gráficas representa el comportamiento presente entre el tamaño del folículo dominante al momento del servicio y la evaluación de servicio efectivo en porcentaje, indicándonos para cada tamaño de folículo dominante que a medida que incrementaba el diámetro folicular aumentaba porcentualmente el servicio efectivo.

Comparando la *figura 2* con la anterior, la única variable que cambia es el peso intermedio promedio de 593 kg de la población de estudio; se encuentra el mismo comportamiento de la gráfica, en donde a medida que aumenta el tamaño del folículo dominante, incrementa el porcentaje de servicio efectivo, pero en este caso el servicio efectivo se encontró en menor porcentaje que en las vacas con menor peso (≤ 478 Kg) de la figura 1; e igualmente decreció el servicio efectivo cuando aumentó la condición corporal, independientemente del ovario en el que se encuentre el folículo dominante.

Figura 2. Evaluación de los parámetros con respecto al peso medio (593 Kg).

*Evolución de parámetros: tamaño del folículo dominante, grado de condición corporal (GCC) y servicio efectivo con respecto al peso medio (593 kg) promedio en el grupo evaluado, independiente del ovario

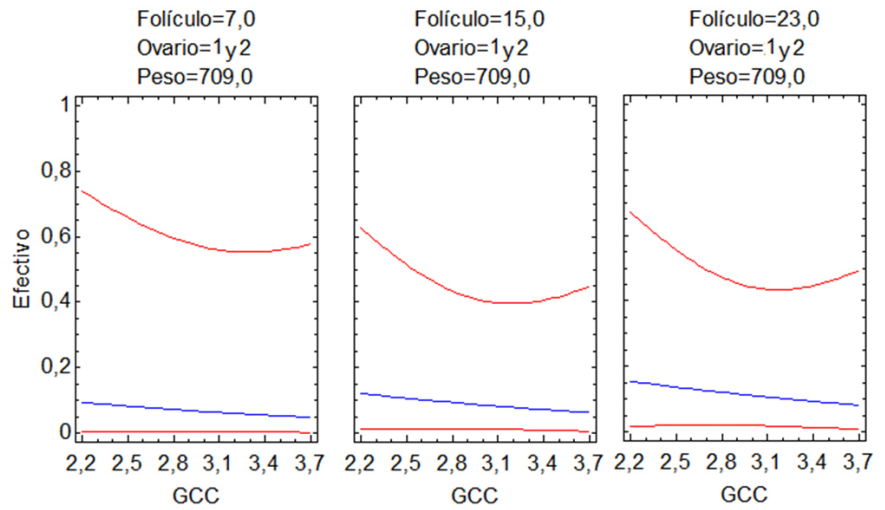


Esta misma situación ocurre en la *figura 3* donde el servicio efectivo se encontró por debajo de los pesos anteriores cuando se comparó con el peso superior ≥ 709 kg; no obstante, aumenta con respecto al incremento del tamaño

del folículo dominante, mostrando el mismo comportamiento de las gráficas anteriores con respecto al incremento del tamaño del folículo dominante, CC y servicio efectivo.

Figura 3. Evaluación de los parámetros con respecto al peso mayor (≥ 709 Kg).

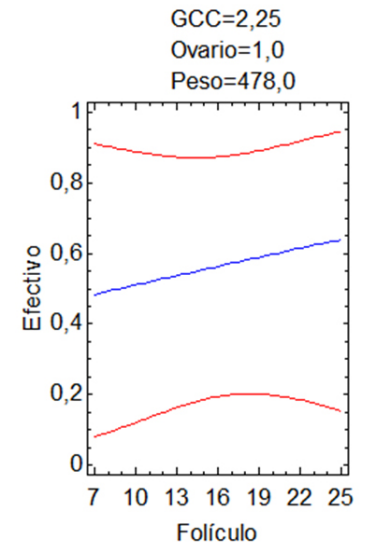
*Evaluación de parámetros: tamaño del folículo dominante, grado de condición corporal (GCC) y servicio efectivo con respecto al peso mayor (≥ 709 kg) en el grupo evaluado, independiente del ovario



En la *figura 4* se observa el comportamiento del tamaño folicular con respecto al servicio efectivo, y cómo a medida que aumenta el tamaño del folículo dominante incrementa el porcentaje del servicio efectivo.

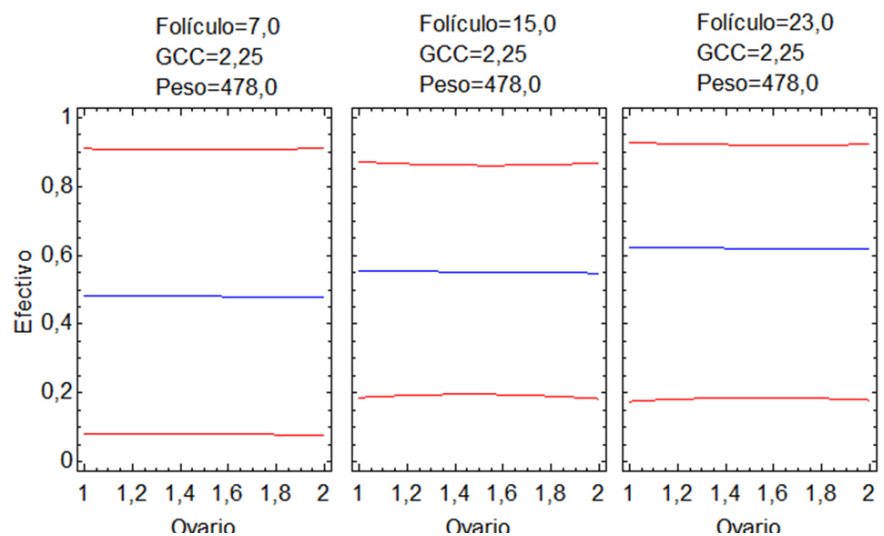
Como evidencia la línea de color azul, en folículos de menor tamaño los porcentajes de servicio efectivo se encuentran en un 45 % en promedio, y van incrementando a medida que aumenta el tamaño folicular hasta un 60 % promedio del servicio efectivo, lo que demuestra la relación existente entre ambos parámetros.

Figura 4. Tamaño folicular con respecto al porcentaje de servicio efectivo



Al evaluar el comportamiento de todos los parámetros frente al tipo de ovario en el que se encontraba el folículo dominante, esto es, ovario derecho u ovario izquierdo, no se encontró ninguna diferencia significativa (ver *figura 5*).

Figura 5. Folículo dominante, ovario derecho u ovario izquierdo.





■ Discusión

El trabajo arrojó similares resultados a los reportados en diversos estudios por Burns et al. 1997; Butler, 1998; Perry et al., 2005; Perry et al., 2007, y trabajos de Scandolo Lucini, Scandolo, Cuatrin, Vottero y Maciel, 2014. Los animales muestreados con folículos dominantes >15mm obtuvieron mayores porcentajes de servicio efectivo cercanos al 60 % en los animales más livianos; esto iba disminuyendo en los grupos más pesados pero los índices de porcentaje de servicio efectivo a medida que aumentaba el tamaño del folículo dominante siempre fueron crecientes, evaluados en los tres pesos. Acorde con lo reportado en vacas con alta condición corporal que tienen menor eficiencia reproductiva, el diámetro folicular, al momento del servicio, está directamente relacionado con la tasa de concepción, independientemente del ovario en el que se encuentre el folículo dominante al momento del servicio. Butler (1998), Perry et al. (2005), Perry et al., (2007) y Andringa, et al. (2013) reportan que las hembras que presentaron celo tuvieron un mayor tamaño folicular al momento del retiro del dispositivo intravaginal bovino (DIB), un mayor diámetro folicular a la inseminación artificial a tiempo fijo -IATF-, y una mayor tasa de ovulación que aquellas hembras que no manifiestan celo previo a la IATF.

Otro trabajo complementario determinó el tamaño del folículo dominante ovulatorio (FDO) y se consideró la proporción de animales preñados y vacíos con folículos $\geq 16,1$ mm y $\leq 16,0$ mm a la IATF (Scandolo Lucini, Scandolo, Cuatrin, Vottero y Maciel, 2014). Se concluye que vacas sometidas a un protocolo de IATF, inducidas a ovular con benzoato de estradiol, tienen una tasa de concepción superior cuando el FD a la IATF es $\geq 16,1$ mm, mostrando que el tamaño folicular puede ser un indicador de fertilidad, y con el uso de este inductor de ovulación, se hacen más evidentes los síntomas de celo manifestados

(Mateos, et al., 2002). La proporción de hembras con diferente tamaño folicular y la concepción obtenida son similares a los reportadas en otro trabajo por Vasconcelos, et al. (2001) y Scandolo, et al. (2011), quienes coinciden con Perry, G. A. et al. (2007) y Martin et al. (2013), en que el tamaño del FDO es mejor indicador de fertilidad que la concentración de estradiol al momento de la IATF, y que la expresión de celo.

Los resultados obtenidos en esta investigación comparan la relación entre el porcentaje de servicio efectivo contra el incremento del tamaño del folículo dominante; las gráficas muestra un incremento progresivo entre ambos, indicando que folículos dominantes de mayor tamaño son un buen indicador para un mayor porcentaje de servicio efectivo y como tal, para la tasa de concepción; así como lo mencionan los artículos descritos anteriormente folículos dominantes >15 mm son un buen indicador de fertilidad y con ello están relacionados con la tasa de concepción. Se logra graficar dicho comportamiento, con diferentes tamaños de folículos dominantes comparándolos en animales con diferentes pesos, donde observamos que a medida que incrementaba el tamaño del folículo dominante este arrojaba un aumento lineal creciente con respecto al porcentaje de concepción, y dichos resultados son acordes con los reportados por otras investigaciones similares. Lo anterior soporta los resultados encontrados en esta investigación, esto es, que a mayor tamaño del folículo dominante se observa un incremento porcentual en la efectividad del servicio.

De ello se podría deducir que dicho tamaño folicular sí tiene relación directa con el porcentaje de concepción, y este comportamiento sustenta una relación directa entre ambos teniendo en cuenta que hay muchas variables de tipo metabólico, nutricional, ambiental, entre otros, que podrían afectar esta relación.

■ Conclusiones

Se considera el tamaño folicular como un indicador de fertilidad con respecto al servicio efectivo posinseminación; el análisis estadísticos muestra un comportamiento homogéneo con respecto a la relación existente entre el aumento del tamaño del folículo dominante y el aumento en el porcentaje de servicio efectivo, lo que indica relevancia con respecto a la concepción de ambos parámetros evaluados.

Al evaluar el peso y la condición corporal en los tres grupos de estudio específicos, con respecto a menor, media y mayor, se compararon el tamaño folicular y el porcentaje de servicio efectivo, y se indicó en cada una de las gráficas, nuevamente, que a medida que aumentaba el tamaño del folículo dominante incrementaba el porcentaje de servicio efectivo, pero que este comportamiento en animales con mayor peso afectaba el porcentaje de concepción, haciéndolo menor.

Se demostró que no existe diferencia significativa si el folículo dominante se encontraba en el ovario derecho o izquierdo: el comportamiento fue el mismo.

Se identifica una relación directa entre el tamaño del folículo dominante y la tasa de concepción, teniendo en cuenta este parámetro del tamaño folicular como un indicador en cuanto al porcentaje del servicio efectivo.

■ Agradecimientos

Universidad Nacional de Colombia y Corporación Universitaria Lasallista por la financiación del proyecto.

Estación Agraria Paysandú - Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y sus colaboradores.

■ Referencias

Andringa M. F. A., Cavestany D, van Eerdenburg F. J. C. M., (2013). Relaciones entre la expresión de celo, tamaño del folículo y ovulación en vacas de leche en pastoreo. *Veterinaria SMVU*. 49, 04-15. Recuperado de <http://www.revistasmvu.com.uy/revista-numero-190/61-current-users/190-cientifico-relaciones-entre-la-expresion-de-celo-tamano-del-foliculo-y-ovulacion-en-vacas-de-leche-en-pastoreo.html>

Bach A. (2001). La reproducción del vacuno lechero: nutrición y fisiología. XVII Curso de Especialización FEDNA. Recuperado de: <http://www.acorex.com/PO/pienso/La-producciondelvacunolecheronutricionyfisiologia.pdf>.

Burns P. D., Spicer J. C. and Henricks D. M. (1997). Effect of dietary energy restriction on follicular development and luteal function in nonlactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 75:1078-1086.

Butler WR. (1998). Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*; 81: 2533-2539.

Galvis R. y Correa H. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido? *Rev Col Cienc Pec* Vol. 15; p. 36-48.

Galvis R., Correa H. y Ramírez N. (2008a). *Proteína degradable en rumen, metabolismo del nitrógeno y precursores gluconeogénicos en vacas lactantes*. Documento para optar a la categoría de profesor asociado. Departamento de producción animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional, seccional Medellín.



Galvis R., Durango S., Díaz J. (2008b). Efecto de la inclusión del propilenglicol sobre algunas variables productivas y metabólicas en vacas Holstein en su pico de producción. En Primer Simposio en producción animal. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Galvis R., Héctor J. Correa, Nicolás Ramírez. (2003). Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico, y las concentraciones plasmáticas de insulina, E Igf-1 en vacas en lactancia temprana, *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 16, (3).

Guáqueta H. (2008). El ultrasonido como herramienta de diagnóstico a nivel de fincas. II Congreso Internacional de Reproducción Bovina (Memorias) 15 al 17 de septiembre de 2008. Bogotá. 27-46

Harris SA (1973). Comments on the Application of the Holdridge System for Classification of World Life Zones as Applied. *Arctic and Alpine Research* 5 (3): A187-A191.

Lomax, M. A, Baird G. D, Mallinson C. B. y Simons H. W. (1979). Differences between lactating and non-lactating dairy cows in concentration and secretion rate insulin. *Biochemical Journal*, 180:281-289.

Lucy, M. Staples C., Michel C. R., F. M. & Thatcher, W. W. (1991). Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of Animal Science*. 70, 3015-3020.

Martín G., Ludueña, M. V. Molfino, P. (2013). Relación del tamaño folicular y presencia de celo previo a la inseminación artificial a tiempo fijo IATF a 48 y 56 horas del retiro de dispositivos en la concepción de vacas holandesas. Recuperado de: <http://www.iracbiogen.com.ar/admin/biblioteca/documentos/Molfino-Luduenaa.pdf>

Mateos, A., Hernández, J. S., Morales, R. y Rodríguez, G. (2002). Tamaño folicular, progesterona y estradiol plasmáticos en los días 12-14 posinseminación y porcentaje de concepción de vacas Holstein. *Arch. Zootec.* 51, 327-334. Recuperado de http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/01_21_40_04mateos.pdf

Perry, G. A., M. F. Smith, A. J. Roberts, M. D. McNeil, and T. W. Geary. (2007). Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85, 684-689.

Perry, G. A., M. F. Smith, M. C. Lucy, J. A. Green, T. E. Parks, M. D. McNeil, A. J. Roberts, and T. W. Geary. (2005). Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *PNAS* 102: 5268-5273.

Scandolo Lucini, D. E., Scandolo, D. G., Cuatrin, A., Vottero, D. A., & Maciel, M. (2014). *Influencia del tamaño del folículo preovulatorio sobre la concepción de vaquillonas Holstein inseminadas a tiempo fijo*. Obtenido de http://inta.gob.ar/documentos/intadocument.2014-10-16.1953583978/at_multi_download/file/INTA_Scandolo_Influencia_tama%C3%B1o.pdf

Scándolo, D. G., Scándolo, D., Cuatrin, A., Vottero, D., Reynals M. V., Maciel, M. (2011). *Relación entre el momento de la ovulación, el tamaño del folículo ovulatorio y la preñez de vaquillonas Holstein inseminadas a tiempo fijo*. I Simposio Latinoamericano de Reproducción Animal. 7 y 8 de noviembre. Viña del Mar, Chile.

Vasconcelos, J. L., Sartori, R., Oliveira, H., Guenther, J. and Wiltbank, M. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology* 56:307-314.