



## SUPLEMENTO DE EXTENSIÓN Y COMUNICACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS DE TANDIL UNCPBA

Pinto 399 (7000) Tandil - Tel.: 02293-439850. E-mail: info@vet.unicen.edu.ar Web: www.vet.unicen.edu.ar

### ¿ES LA ALTA PRODUCCIÓN COMPATIBLE CON BUENA PERFORMANCE REPRODUCTIVA EN BOVINOS LECHEROS?

#### 2<sup>da</sup> Parte. Métodos para el análisis de la asociación.

Melina Oliva y Alberto Dick, *Méd. Vet., M. Phil. Prof. Producción Bovinos de Leche. adick@vet.unicen.edu.ar*

Extractado de Stephen Leblanc y M. Campbell - *World Buiatrics Congress, 103-113 (2010).*

Los parámetros de performance reproductiva que poseen valor económico incluyen: la ocurrencia de preñez (o de descarte de vacías), el período comprendido entre el parto y la siguiente preñez, y, en menor medida, el número de inseminaciones requeridas para lograr la preñez<sup>(7)</sup>. Las medidas de performance reproductiva más comúnmente informadas son incompletas o sesgadas, lo que se entiende como parciales<sup>(7, 26)</sup>. Tradicionalmente, la performance reproductiva ha sido medida como promedios de: días a la primera inseminación, días abiertos o intervalo entre partos, y porcentaje de concepción o número de inseminaciones por preñez. Estas medidas son severamente sesgadas, ya que no tienen en cuenta los animales que fallan en preñarse<sup>(26)</sup>. Además, la preñez es un evento dicotómico, los días abiertos generalmente no poseen distribución normal y el número de inseminaciones nunca sigue una distribución normal. A pesar de esto, frecuentemente se han usado análisis de correlación simple y regresiones lineales de varianzas para evaluar estos parámetros. La extensa capacidad de la informática y la cantidad de softwares disponibles hacen que no haya grandes limitaciones de cómputo que excusen el uso de un método analítico no apropiado. Además, el intervalo al primer servicio no posee valor económico per se; el mismo refleja la intensidad de la detección de celos, las políticas de manejo, o las respuestas en el manejo a percepciones que resultan en la decisión de retrasar el servicio.

El método correcto de análisis de preñez a nivel individual es el análisis multivariable de supervivencia, que solamente ha comenzado a

ser entendido y aplicado en las primeras líneas de la gestión de la lechería. Los análisis de supervivencia son métodos estadísticos que miden el tiempo a un evento, contabilizando aquellos individuos que no experimentan el evento de interés o son perdidos durante el seguimiento en el período de estudio, denominados observación censurada. El análisis de supervivencia puede corregir algunos de los efectos confusos producidos por decisiones de retrasar o detener el servicio, y de descartar animales. A diferencia de los métodos de regresión estándar, la información de todas las vacas puede ser usada, sin tener en cuenta la preñez o el estado de las inseminaciones al final del estudio. Específicamente, las vacas que son descartadas o permanecen vacías aportan datos al riesgo de preñez hasta que dejen el rodeo o concluya el período del estudio. Esta herramienta es adecuada para la apreciación de la performance reproductiva en vacas lecheras<sup>(7, 13)</sup>. El análisis de supervivencia basado en el diagnóstico de preñez provee una estimación más exacta del mérito genético de los toros para riesgo de concepción, en comparación con los modelos tradicionales usados en las evaluaciones genéticas<sup>(23)</sup> que tienen la doble debilidad de: información inexacta (basada en asumir la fecha de la última inseminación como preñez) y metodologías de análisis incorrectas (regresión lineal de información tiempo-evento, lo que excluye información censurada y puede subestimar la varianza).

La apreciación del impacto de un factor en la performance reproductiva, tanto a nivel individual como de rodeo, puede ser confundida con factores con efecto en la reproducción que inclu-

yen: edad de la vaca, estación del año, enfermedades, nutrición, condición corporal, medio ambiente, manejo del rodeo, intensidad y exactitud de la detección de celos, y el uso de programas reproductivos; en muchos estudios, la mayoría de estos factores no fueron medidos. La mayoría de las investigaciones en la asociación entre la producción y la reproducción es hecha usando estudios de corte transversal o estudios longitudinales retrospectivos. Los estudios retrospectivos observacionales tienen implícita la debilidad de usar información histórica, que puede generar confusiones por elevados rechazos de vacas de baja producción y bajos rechazos de vacas preñadas, independientemente del nivel de producción <sup>(6)</sup>. Las vacas que se preñan temprano (luego de una o dos inseminaciones) tienen más probabilidad de ser retenidas. Las vacas que siguen vacías tardíamente en la temporada de servicio o entrando a la lactancia tardía (200 DEL), pero son consideradas de alta producción (relativo a las compañeras de rodeo), serán apropiadas para continuar en servicio, mientras que, las vacas de baja producción no lo serán y serán eventualmente vendidas. En otras palabras, el efecto de la no preñez depende del tiempo transcurrido desde el parto y el nivel de producción <sup>(1)</sup>. El análisis de supervivencia no supera enteramente dicha diferencia censurada, pero reduce el sesgo del descarte simple de toda la información de

vacas que fueron descartadas o no preñadas al final de la recolección de datos <sup>(17)</sup>.

## Fisiología de la vaca y manejo

Una pregunta central es si elevados o altos niveles de producción de leche necesariamente o irremediablemente causan reducción de la fertilidad, o si la capacidad de alta producción aumenta las demandas en metabolismo y manejo, que pueden no siempre ser cubiertas. El balance energético negativo sucede luego del parto, cuando las vacas no consumen suficiente energía para cubrir completamente su capacidad y necesidades para la dirección homeorrética a producción de leche. Esencialmente todas las vacas experimentan en algún grado BEN en lactancia temprana. La duración y severidad del BEN postparto, específicamente el momento del nadir, está asociada con el momento de la primera ovulación <sup>(2)</sup>. Una percepción común es que las vacas de gran producción tienen mayor déficit de energía, pero las grandes productoras no son necesariamente aquellas con más severos o prolongados BEN, o con las más grandes pérdidas, o el más bajo nadir de condición corporal <sup>(16)</sup>. Más bien, las altas productoras son las que probablemente tengan el mejor consumo posparto y, por lo tanto, no el mayor déficit de energía. Un estudio reciente para apreciación de performance reproductiva <sup>(19)</sup> tuvo un bajo número (n=240) de vacas, pero ilus-

tra algunas de las variables e interacciones que deben ser consideradas. Vacas Holstein Friesian Australianas, de mérito genético promedio para leche, fueron alimentadas en dos grupos: uno a base de pasturas y suplementación restringida en granos, apuntando este manejo a mantener una baja producción (6.750 kg/lactación); y otro alimentado con mayor suplementación con granos y silaje, para alta producción (8.470 kg/lactación). Relativo a los sistemas intensivos, ambos grupos fueron considerados de baja producción. A pesar de producir más leche, el grupo de alta producción tuvo menor balance negativo de energía y no hubo diferencia en tiempo para la actividad luteal o para la preñez entre grupos, si bien es un subconjunto de sólo 78 vacas. Como sea, esto subraya que no debería ser asumido que las vacas que dan más leche son de BEN más profundo, o necesariamente un estado de antagonismo entre producción y función reproductiva. Las vacas en líneas genéticas seleccionadas para altas o bajas producciones de leche tienen pequeñas diferencias en el intervalo desde el parto al comienzo de actividad luteal (aproximadamente 30 vs 23 días respectivamente, <sup>(11)</sup>). Aunque la prevalencia de luteólisis retardada y patrones atípicos de perfiles de progesterona aumenta en el tiempo, Royal y col. <sup>(21)</sup> reportaron que no hubo cambios en la prevalencia de anovulación.

Por otro lado, las vacas de alta producción pueden experimentar grandes cambios en al menos algunos aspectos de la función reproductiva. Mayores consumos de alimentos, que son la característica de la mayor producción, conducen a flujos sanguíneos incrementados a través del hígado y un catabolismo incrementado de esteroides, incrementando el grado de aclaramiento de progesterona y estradiol, resultando en bajas concentraciones circulantes de los mismos <sup>(22, 27)</sup>. Las bajas concentraciones de esteroides sexuales circulantes tienen el potencial de afectar la fisiología reproductiva a diversos niveles. El mismo grupo de estudio demostró que vacas con alta producción (46 vs. 34 kg/día a 94 DEL) tuvieron celos de corta duración, presentaron pocas veces pasividad a la monta, y, a pesar de tener folículos ovulatorios grandes, tuvieron bajas concentraciones de estradiol en plasma <sup>(14)</sup>.

Fonseca y col. <sup>(9)</sup> encontraron que, sin importar la producción, la primera ovulación ocurrió cerca de 3 semanas postparto. No hubo asociación entre momento de la primera ovulación o duración de los 2 primeros ciclos estrales postparto y alta producción de leche. Factores como la edad al parto y las anomalías clínicas, tuvieron mayor influencia que la producción de leche en las mediciones reproductivas. En lugar de utilizar detección visual del celo, se realizó el seguimiento del ciclo reproductivo mediante muestreos

seriados sanguíneos, lo que evita los problemas de baja intensidad y posible inexactitud de la detección de celos que son típicos en el campo, incluso si el mantenimiento de registros es bueno <sup>(9)</sup>.

Fetrow y Eicker <sup>(8)</sup> señalaron que hay poca información disponible para sostener la idea de que las vacas de alta producción sufren efectos negativos por la producción de leche. Al contrario, puede argumentarse que la única manera de lograr y sostener altas producciones de leche es cubrir las necesidades nutricionales y de comportamiento de las vacas. Si los productores lecheros reducen el estrés, las vacas responderán consumiendo más comida y agua y entonces seguirán produciendo más leche. Los factores estresantes como calor, falta de acceso a la comida, inadecuada provisión de nutrientes, falta de lugares cómodos para descanso y escasa ventilación, reducen la producción de leche, y, cuando estos factores son eliminados, las vacas se aproximan a su potencial genético. De cualquier manera algunos asumen que las vacas que producen mucha leche están operando a su máximo potencial y cerca de su punto de corte. Esto no es necesariamente del todo cierto, a menos que los productores estuvieran haciendo algo como alimentar vacas para reforzar la producción de leche, pero a riesgo de causar enfermedad <sup>(8)</sup>. En tanto, si las vacas son manejadas apropiadamente y sus necesidades son cubiertas tanto como sea posible, ellas producirán su capacidad porque las demandas de producción están cubiertas. Los efectos de la producción de leche no pueden ser culpados enteramente por una reducción en la salud que puede afectar performance reproductiva. Más bien, proveer buena salud y manejo son prerrequisitos para una buena producción y buena reproducción <sup>(18)</sup>.

## A nivel rodeo

Lucy <sup>(16)</sup> resumió información desde 1970 a 2000 usando 143 rodeos, que fueron continuamente inscriptos en un programa del sistema de registro DHI Americano. El promedio de producción continuo del rodeo se incrementó desde alrededor de 6.500 kg de leche a 9.000 kg por lactancia. Al mismo tiempo, los servicios por concepción aumentaron de 1,75 a 3, y el intervalo entre partos pasó de ser de 13,5 meses a 14,8 meses. Aunque los mismos rodeos fueron seguidos en el tiempo; el manejo, comodidades, y la tecnología seguramente cambiaron, y los rodeos pueden ser expuestos a otros incontables factores que confunden los resultados observados. Además, el nivel población o rodeo en el estudio es susceptible a falla ecológica o sesgo: la (mala)atribución o inferencias hacia los individuos basándose en información poblacional. Por ejemplo, un estudio a nivel rodeo puede con-

cluir que los rodeos de alta producción tuvieron baja performance reproductiva. Como sea, ambos, preñez y producción, son fundamentalmente variables de nivel individual. Entonces es posible que una inferencia hecha en base a un grupo pueda ser acertada, pero puede no ser cierta para los individuos dentro del grupo, es decir, los individuos dentro del grupo de alta producción, no necesariamente tendrán peor reproducción. Butler <sup>(4)</sup> ilustró una tendencia antagonista entre concepción y producción de leche entre 1951 y 2001. Sin embargo, CR no fue cuantificado de la misma manera. El CR de 66% en 1951 fue para primera inseminación artificial (IA) solamente <sup>(10)</sup>, y quizás fue informado como distintos (y 2,6% menor a) porcentajes de no-retorno, la base del CR no está clara. Los datos señalados de 1975 en Butler <sup>(4)</sup> fueron definidos como: ternero vivo, abortos, confirmación de preñeces o ausencia de celo en 100 días después del servicio <sup>(24)</sup>, mientras la medición y la fuente de datos para porcentaje de concepción en 1996 y 2001 no fueron reportadas por Butler <sup>(3)</sup> o Butler <sup>(4)</sup>, tampoco es probable que ese CR se haya basado en preñeces diagnosticadas.

Stevenson <sup>(25)</sup> reportó un resumen de un estudio de corte transversal en 1.2 millones de vacas Holstein en 9.684 rodeos y 50,000 vacas Jersey en 546 rodeos. En promedio, los rodeos de alta

producción fueron mayores. El promedio de producción de leche de continuo del rodeo fue de menos de 6.800 kg a más de 11.300 kg, los días abiertos se redujeron desde 195 a 156 días, el intervalo al primer servicio fue de 102 a 94 días, el número de servicios por concepción aumentó de 1,8 a 2,2 y la eficiencia de la detección de celos fue de 19 a 41%. Este trabajo sugiere que la mejor reproducción en los rodeos de alta producción puede ser un reflejo de la mejor nutrición, vacas más sanas y manejo reproductivo superior.

Labeny col. <sup>(12)</sup> compararon el promedio de producción del rodeo (entre 5.000 y 10.000 kg) y días abiertos en 200 rodeos en California, y encontraron que las vacas preñadas en los rodeos de mayor producción se hallaban preñadas 3 semanas más temprano que las vacas de los rodeos menos productores. Nebel y McGuillard <sup>(18)</sup> reportaron, en 1992, datos de 4550 rodeos estratificados por su producción promedio. A pesar del descenso del CR la producción se incrementa de 6.300 a 10.000 kg, los rodeos de alta producción tuvieron mayores porcentajes de inseminación (detección de celos), produciendo el efecto neto de menor intervalo a momento de preñez en vacas (días abiertos). Esto es probablemente explicado por el mejor manejo, permitiendo mejor reproducción y producción.

## A nivel vaca

Aunque varios estudios sugieren una relación antagónica entre producción de leche y reproducción, Rahejay col. <sup>(20)</sup> observaron bajas correlaciones genéticas y fenotípicas de producción con fertilidad, usando como mediciones de la función reproductiva a los días desde el parto a primera inseminación, número de inseminaciones por concepción y días abiertos. Lopez-Gatuisy col. <sup>(15)</sup> examinaron 2.756 preñeces en 2 rodeos de alta producción (>11.700kg/año) en España y encontraron que las vacas que se preñaron en 90 DEL produjeron en promedio 49,5 kg/día de leche en el día 50, en contraste con 43,2kg/día entre vacas que se preñaron después, incorporando los efectos de número de partos y retención de placenta. Este estudio pudo haber sido fortalecido por la consideración de la probabilidad y tiempo de preñez en todas las vacas, en vez de la dicotomía del tiempo de preñez entre vacas preñadas solamente. Sin embargo, el estudio subraya la necesidad de considerar las causas del tiempo que se pierde en el camino a la preñez. Si bien muchos señalan que la alta producción puede llevar a pobre reproducción, esos datos sostienen una hipótesis alternativa de que las vacas que están en buen estado de salud producen más leche (sin duda mejor cumplimiento de su potencial genético) y también se preñan antes que las vacas que no pueden tener un buen estado de salud. En otras palabras, la selección para baja producción podría no llevar a mejor reproducción, más bien, un manejo para una mejor salud puede llevar a altas producciones y altos porcentajes de preñez.

Adicionalmente, un estudio en Nueva York, informó que no hay asociación significativa entre producción de leche al día 60 DEL con el porcentaje de preñez, usando análisis de supervivencia <sup>(6)</sup>. La alta producción de leche no fue un factor mayoritario implicado en el retraso de la concepción. Las vacas vacías tuvieron un riesgo mayor de ser vendidas como descarte. La alta producción de leche, junto con animales con un alto número de partos, y en época de invierno fueron factores de riesgo para varios desórdenes reproductivos que retrasaron la inseminación y concepción.

La producción de leche acumulada al día 60 no tuvo efecto en el momento de preñez, aunque las vacas del cuartil superior de producción en el día 60 (2.541 kg) tuvieron, en comparación con el cuartil inferior, porcentajes de preñez ligeramente menores pero estadísticamente no significativos. Las enfermedades reproductivas (ej. retención de las membranas fetales y metritis) tuvieron mayores efectos en momento de la preñez que el nivel de producción de leche en la lactación temprana.

La asociación entre producción de leche y tiempo a la primera inseminación fue considera-

da porque los asesores podrían intencionalmente retrasar la inseminación de vacas de alta producción. Así como la producción al día 60 se incrementó, lo mismo hicieron los porcentajes de inseminación, esto es, las vacas más productoras fueron más probables a ser inseminadas antes que las bajas productoras. Se concluyó que los productores estuvieron tomando decisiones racionales para servir hembras jóvenes, en buen estado de salud y de alta producción <sup>(6)</sup>.

## Nuevas investigaciones en el tema

Para medir la relación entre el nivel de producción de leche y la performance reproductiva en vacas lecheras canadienses, nosotros usamos una muestra grande y representativa de registros con preñeces diagnosticadas y empleando técnicas alíticas validas. Los resultados están resumidos aquí <sup>(5)</sup>.

Los datos fueron extraídos de 6.326 rodeos con registros de leche en Ontario y oeste de Canadá. Hubo 3.297 rodeos, en el año 2005, con información completa de IA y preñeces, a los que se les agregó tamaño, demografía, producción, frecuencia de ordeño e instalaciones. El promedio anual en el rodeo (SD) de porcentaje de preñez a los 21 días (PR), porcentaje de inseminación (IR) y CR fueron 12,5 <sup>(4,7)</sup>, 33,9 <sup>(10,5)</sup> y 37,2 <sup>(9,9)</sup>, respectivamente. El porcentaje de preñez a 21 días del rodeo fue modelizado con una mezcla entre una regresión lineal y efecto de rodeo aleatorio. Considerando tamaño del rodeo, distribución de paridad, raza, e instalaciones, cada 1.000 kg de incremento en un rodeo maduro promedio, el equivalente leche fue asociado con un incremento de 0,7 puntos de PR ( $P < 0,0001$ ).

La información individual (al menos los 3 primeros controles) estuvieron disponibles para 103.060 vacas Holstein en 2.076 rodeos. El tiempo a la primera IA y al momento de preñez fueron modelizados con análisis de supervivencia con efecto aleatorio de rebaño. La producción fue descrita como kg de leche y proyecciones a 305 días de los controles 1,2 y 3; y completados con los registros a 305 días, cada uno tuvo una asociación univariable significativa con menor tiempo a la preñez. La producción de leche en la prueba del 1<sup>er</sup> control no estuvo asociada con el tiempo a la primera IA. En el modelo final considerando el nivel absoluto de producción de leche en kilogramos, sin tener en cuenta número de partos, temporada de partos y días en leche en el día de la prueba, hubo una baja asociación entre mayor producción de leche al 1er control del estudio con mayor tiempo hasta la preñez (Hazard Ratio- HR = 0,997 por kg,  $p = 0,02$ ) en el mismo modelo, el incremento en la proyección a 305 días basada en el tercer control del estudio estu-

vo asociado con menor tiempo hasta la preñez (HR= 1,07 por 1.000 kg,  $P < 0,0001$ ). Un análisis separado consideró la producción de leche relativa a las compañeras de rodeo para clasificar cada vaca en cuartiles dentro del rodeo, divididas por producción al primer control del ensayo. Las vacas en el cuartil superior de producción en lactación temprana fueron inseminadas y preñadas ligeramente más temprano que las vacas en el cuartil inferior de producción. En general, las vacas de alta producción se preñaron unos pocos días antes que las vacas de baja producción. Estas asociaciones no deben sorprender si se proveen las condiciones para alta producción y buena performance reproductiva: buena nutrición, confort de las vacas, y buen manejo.

En resumen, el porcentaje de preñez fue significativamente mayor en vacas de rodeos de alta producción; y para vacas individuales, el efecto del nivel de producción en el momento de la preñez fue significativo pero contradictorio y prácticamente con poco impacto del nivel de producción sobre la preñez. Esos resultados sugieren que el manejo adecuado y correcto para las vacas de alta producción puede ser compatible con buena performance reproductiva.

## Conclusión

No está claro si el porcentaje de preñez en la población de ganado lechero está decayendo, se

necesita más información para cuantificar y permitir un punto de referencia para la performance en el tiempo. No es apropiado medir únicamente la performance reproductiva en base al riesgo de concepción, la información en la asociación entre producción de leche y porcentaje de preñez sigue siendo conflictiva.

Los interrogantes al respecto de, si las demandas metabólicas para producción y reproducción están alcanzando un límite biológico o de manejo, y si se optimiza el criterio de fertilidad por selección genética, son importantes justificativos y una garantía válida para realizar estudios a gran escala.

## Bibliografía

1. Allore, H.G., Warnick, L.D., Herd, J., Grohn, Y.T. 2001. Censoring in survival analysis, a simulation study of the effect of milk yield on conception. *Prev. Vet. Med.* 49, 223-234.
2. Butler, W.R., Smith, R.D. 1989. Review: effects of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81, 2533-2539.
3. Butler, W.R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81, 2533-2539.
4. Butler, W.R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83, 211-218.
5. Campbell, M.S., Hand, K., Kelton, D.F., Miglior, F.,

- LeBlanc, S.J. 2009. The association of level of milk production with reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 92, E-Suppl. 1335.
6. Eicker, S.W., Grohn, Y.T. Hertl, J.A. 1996. The association between cumulative milk yield, days open, and days to first breeding in New York Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 79, 235-241
  7. Ferguson, J.D., yGalligan, D.T. 2000. Assessment of reproductive efficiency in dairy herds. *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.* 22, S150-S158.
  8. Fetrow, J., Eicker, S. 2003. High production and health – A curious paradox. *Bov. Practitioner* 37, 128-136.
  9. Fonseca, F.A., Britt, J.H., McDaniel, B.T., Wilk, J.C., Rakes, A.H. 1983. Reproductive traits of Holsteins and Jerseys. Effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rates and days open. *J. Dairy Sci.* 66, 1128-1147.
  10. Foote, R.H. 1978. Reproductive performance and problems in New York dairy herds. *Cornell Univ. Agr. Stn. Searc.* 8.
  11. Garmo, R.T., Ropstad, E., Havrevoll, O., Thuen, E., Steinshamn, H. Waldmann, A., Rbeksen, O. 2009. Commencement of luteal activity in three different s selection lines for milk yield and fertility in Norwegian red cows. *J. Dairy Sci.* 92 2159-2165.
  12. Laben, R.L., Shanks, R., Berger, P.J., Freeman, A.E., 1982. Factors affecting milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 65, 1004-1015.
  13. Lee, L.A., Ferguson, J.D., Galligan, D.T. 1989. Effect of disease on days open assessed by survival analysis. *J. Dairy Sci.* 72, 1020-1026.
  14. Lopez, H., Satter, L.D., Wiltbank, M.C. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 81, 209-223.
  15. Lopez-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Santolaria, P., Yaniz, J., Nogareda, C., Lopez-Bejar, M. 2005. Screening for high fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology* 65, 1678-1689.
  16. Lucy, M.C., 2001 Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end?. *J. Dairy Sci.* 84, 1277-1293.
  17. Morton, J.M. 2006. Potential bias in observed associations between milk yield and reproductive performance in dairy cows. *Proc. 11th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics, Ottawa, Canada.*
  18. Nebel, R. L., McGuilliard, ML., 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. DairySci.* 76, 3257-3268.
  19. Pedernera, M., Garcia, S.C., Horagadora, A., Barchia, I., Fulkerson, W.J. 2008. Energy balance and reproduction on dairy cows fed to achieve low or high milk production on a pasture-based system. *J. Dairy Sci.* 91, 3896-3907.
  20. Raheja, K.L., Burnside, E.B., Schaffer, L.R. 1989. Relationships between fertility and production in Holstein dairy cattle in different lactations. *J. Dairy Sci.* 72, 2670-2678.
  21. Royal, MD., Darwash, AO., Flint, APF., Webb, R., Wolliams, JA., Lamming, GE. 2000. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim. Sci.* 70, 487-502.
  22. Sangsritavong, S., Combs, D.K., Sartori, R., Wiltbank, M.C. 2002. High feed intake increases blood flow and metabolism of progesterone and estradiol 17 B in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85, 2831-2842.
  23. Schneider, M., Strandberg, E., Ducrocq, V., Roth, A. 2005. Survival analysis applied to genetics evaluation for female fertility in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88, 2253-2259.
  24. Spalding, R.W., Everett, R.W., Foote, R.H. 1975. Fertility in New York artificially inseminated Holstein herds in dairy herd improvement. *J. Dairy Sci.* 58, 718-723.
  25. Stevenson, J.S. 1999. Can you have good reproduction and high milk yield? *Hoards Dairyman* 144, 536.
  26. Stewart, S., Eicker, S., Fetrow, J. 1994. Analysis of current performance on commercial dairies. *Compend. Cont. Edu. Pract. Vet.* 16, 1099-1103.
  27. Wiltbank, M., Lopez, H., Sartori, R., Sangsritavong, S., Gumen, A. 2005. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65, 17-29.

