



Novedades Lácteas

Reproducción y Genética N°. 611

Tópicos de Fertilidad en Vacas de Alta Producción

Autor: Daniel Z. Caraviello¹

Traductor: Gustavo de los Campos

Introducción

El estrés causado por la alta producción, de leche, junto con el aumento de tamaño de los hatos, los cambios en el tipo de instalaciones y las medidas de manejo, han hecho de la fertilidad uno de los principales focos de atención para el mejoramiento genético actual. En Estados Unidos, la mayor preocupación es la reducción en la tasa de preñez al primer servicio, y el impacto de esta reducción en la fertilidad de la raza Holstein ocurrido principalmente en los últimos 20 años [27]. La Figura 1 muestra una clara tendencia hacia el incremento en el rendimiento de leche y reducción de la tasa de concepción en las razas Jersey y Holstein a través del tiempo.

La producción de leche por vaca casi se ha duplicado en los pasados 40 años, paralelamente, el período parto-concepción (PPC) ha aumentado en casi 40 días (Figura 1). Debido a que hay una correlación positiva (aproximadamente +0,35) entre rendimiento en leche y PPC, la tarea de mejorar fertilidad mientras se selecciona por alta producción de leche es un desafío.

Un aspecto importante sobre los caracteres de fertilidad es que están influenciadas tanto por el toro como por la vaca utilizados en un apareamiento. En evaluaciones genéticas, los

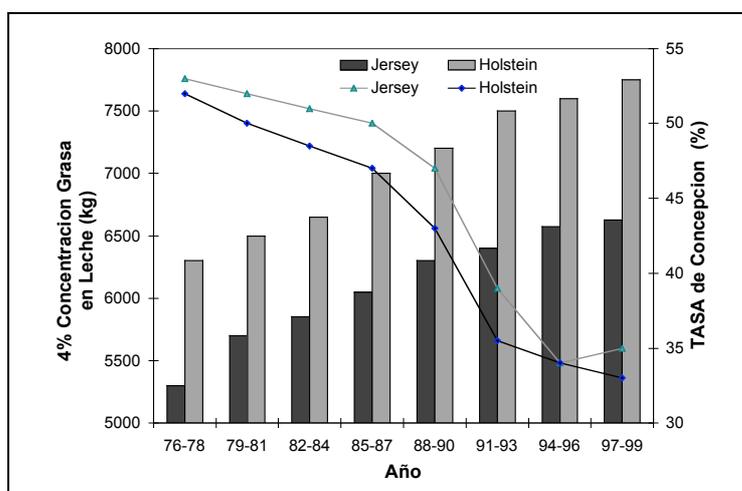


Figura 1: Producción de leche y tasa de concepción de 532 hatos Holstein y 28 Jersey desde 1976 a 1999 [27].

efectos directos son usualmente denominados fertilidad del macho y los maternales fertilidad de la hembra. La fertilidad del macho mide la habilidad del semen de un toro de servicio de preñar, mientras que la fertilidad de la hembra mide la habilidad de una vaca de tener ciclos normales, mostrar celo visible, y concebir en tiempo adecuado.

Fertilidad del Macho

La capacidad del esperma de alcanzar el sitio de fertilización, fertilizar el

En este Novedad Láctea	
1	Introducción
1	Fertilidad del Macho
2	Fertilidad de la Hembra
4	Influencia de Otros Factores en la Fertilidad
7	Resumen
8	Referencias

¹ Daniel Caraviello es estudiante de Posgrado Asistente de investigación en el Departamento de Ciencia Lechera de University of Wisconsin-Madison.

Asesoría Técnica ofrecida por el Dr. Kent Weigel, Profesor Asistente del Departamento de Ciencias Lecheras de la Universidad de Wisconsin-Madison.

oocito, y activar el desarrollo embrionario son aspectos claves de la fertilidad del macho. Una serie de ensayos de laboratorio han sido desarrollados para evaluar estas funciones. Las características relacionadas con fertilidad del macho pueden ser divididas en dos categorías, compensables e incompensables. Las características compensables (i.e: movilidad y morfología) no afectan la fertilidad si se incrementa el número de espermatozoides usado en la inseminación [21]. Estas son características de bajo costo y fáciles de medir. Debido a los altos estándares para número de espermatozoides por pajueta, las características incompensables, tales como: vacuolas nucleares [21], deficiencias morfológicas que no suprimen el movimiento [6], y estructura defectuosa de la cromatina [2], son las que causan impacto en fertilidad en los hatos. Sin embargo, la determinación de la fertilidad del macho con análisis de laboratorio tienen una validez limitada, ya que el espermatozoide que fertiliza al oocito en particular es altamente seleccionado y no es representativo de una muestra de semen en su totalidad. Braundmeier y Miller [4] sugirieron diversas proteínas que pueden indicar la fertilidad del macho, pero la mayoría no han sido estudiadas en detalle para el ganado.

Una manera alternativa para determinar la fertilidad del macho es por tasas de no retorno. En Estados Unidos, el efecto del servicio del toro como tasa de no retorno luego del primer servicio en 70 días (la vaca no es servida de nuevo dentro de 70 días) es evaluado por el Sistema de manejo de Registros Lecheros (Dairy Records Management Systems) en Raleigh, NC. Los datos son ajustados por el efecto de hato-año-mes, paridad, edad de la vaca, días en ordeño, producción de leche corregida por energía, y nivel genético de la vaca. Los resultados son publicados para toros de servicio con al menos 300 inseminaciones en los últimos tres años. Los resultados publicados en una escala llamada Estimación Relativa de Tasa de Concepción (ERTC, *Estimated Relative Conception Rate*) puede ser consultados en www.drms.org, esta medida refleja la diferencia en la tasa de concepción promedio respecto al

servicio de Inseminación Artificial (IA) de un toro promedio. El rango de variación para toros individuales es de aproximadamente 15% , esta información puede ser usada como herramienta de selección secundaria al momento de seleccionar entre toros élite para producción, tipo, longevidad, o Mérito Económico Neto durante la Vida Productiva (MENVP\$). Pecsok et al. [13] concluyeron que se puede pagar una cuota de dos dólares por pajueta por unidad de escala incrementada en la ERTC. Al respecto de la precisión de la información de ERTC, estimaciones de reproducibilidad son derivadas del número de servicios para cada toro. Por ejemplo, hay un 95% de probabilidad de que un toro con ERTC de +1% y repetibilidad 60 a 70% tiene su verdadero ERTC entre -2 y +4%.

Fertilidad de la Hembra

La heredabilidad para fertilidad de la hembra es alrededor del cuatro por ciento, y la correlación genética entre vida productiva y el PPC es de cerca del -0,60, reflejando la tendencia de los productores de sacrificar a las vacas que no quedan preñadas. La calidad de los datos es de gran preocupación en cualquier programa de selección genética, especialmente para características de fertilidad, donde pueden ocurrir errores en el diagnóstico de preñez y ocurren pérdidas rutinariamente. La mayoría de los hatos lecheros brindan información especialmente del intervalo inter-parto, que es una medida imprecisa de la fertilidad, muchos también proveen datos de inseminación que pueden generar tasas de no-retorno, algunos proveen datos de diagnósticos de preñez, y relativamente pocos proveen información del técnico inseminador y tipo de servicio, entre otros. Los datos de progesterona (indicando el inicio de la fase luteal) usualmente sólo pueden ser obtenido de hatos de investigación. El registro de variables como celo visible, protocolos de sincronización de celo, exámenes veterinarios, designaciones “no ser servida”, fecha de exposición al toro para servicio natural, y ocurrencia de desórdenes reproductivos (ej: metritos, quistes ováricos, retención de placenta,

mellizos, partos difíciles, y muertes pre-parto) son importantes para hacer evaluaciones genéticas precisas para machos y hembras. Los datos de mayor calidad usualmente provienen de programas computacionales de manejo de establos, pero la estandarización de estos datos requiere un esfuerzo considerable. Aunque características como el PPC, intervalo interparto, y la tasa de no retorno tienen baja heredabilidad, el coeficiente de variación en características de fertilidad es similar a aquel de características de producción, y el mejoramiento genético en estas características debería ser posible.

Vasconcelos et al. [23] encontraron que aproximadamente 20 por ciento de las preñeces se pierden entre los 28 y 98 días de la gestación, y Fricke et al. [8] reportaron 23 por ciento de las pérdidas entre los días 26 y 72 de la gestación; en ambos casos, el diagnóstico de preñez se realizó con ultrasonido. Los datos de vacas que tienen un parto consecutivo pueden ser chequeadas con la fecha de parto, pero algunas vacas no vuelven a parir. En evaluaciones rutinarias de toros en los Estados Unidos, 280 días (el período de gestación típico) se restan de la fecha de parto para calcular el PPC para cada vaca. Las vacas descartadas por infertilidad reciben un valor de 250 días abiertas, y los datos son analizados usando un modelo animal. Los resultados son publicados como Tasa de Preñez de la Hija (TPH, en inglés, Daughter Pregnancy Rate), donde un incremento del uno por ciento en TPH corresponde a una reducción de cuatro días en PPC, y viceversa. En los Estados Unidos actualmente se utiliza tasa de preñez definida en períodos de 21 días, que se refiere el número de vacas que quedan preñadas en cada período de 21 días con respecto al número total vacas abiertas. La fórmula para convertir de PPC a tasa de preñez es:

$$\text{Tasa de Preñez} = 21 / (\text{PPC} - \text{período de espera voluntario} + 11)$$

Esta característica es influenciada por la habilidad de una vaca después del parto de volver al estado reproductivo normal, su habilidad de mostrar celo visible, y su habilidad de concebir y mantener la preñez [30] (Tabla 1).

Tabla 1: Tasa de preñez de hijas y sus correspondientes PPC para algunos toros Holstein populares

Nombre del Toro	TPH	PPC
Blackstar	+0,9%	-3,6 days
Bellwood	+0,2%	-0,8 days
Celsius	-2,6%	+10,4 days
Converse	+1,2%	-4,8 days
Duster	+2,4%	-9,6 days
Infinity	+3,2%	-12,8 days
Jed	-1,6%	+6,4 days
Melwood	-2,0%	+8,0 days
Target	+2,0%	-8,0 days

Fuente: <http://www.aipl.arsuda.gov>

Tabla 2: Pesos aplicados a cada característica en cálculos anteriores (2000) y nuevos (2003) del Mérito Económico Neto en la Vida Productiva

Característica	NMS (2000)	NMS (2003)
Leche	5	0
Grasa	21	22
Proteína	36	33
Vida productiva	14	11
Puntaje para células somáticas	-9	-9
Composición de la ubre	7	7
Patatas/pierna	4	4
Tamaño	-4	-3
Tasa de preñez de las hijas		7
Dificultad de parto		-2
Dificultad de parto de las hijas		-2

Fuente: www.aipl.arsuda.gov/reference/nmcalc.htm

Toros jóvenes (con hijas de primera generación) usualmente tendrían una confiabilidad de 45 a 60 %, indicando una gran influencia de la información de pedigree. Los valores de TPH de los toros pueden cambiar más que otras características, porque diferentes fuentes de información (reportes de apareos, IPC, y descartes por razones reproductivas) aparecen a distintos momentos durante la vida del toro.

Los objetivos de los criadores que fueron una vez enfocados en producción y tipo se están ampliando hacia la inclusión de características de salud y fertilidad. La Tabla 2 muestra el peso dado a cada característica en el nuevo índice MENVP\$. Modificaciones recientes incluyen selección directa por fertilidad (tasa de preñez de las hijas), característica que recibe el siete por ciento del énfasis total. Estos cambios van a

Tabla 3: Correlaciones genéticas para puntajes de leche ajustada [14]

CC al Período	Primera Lactancia		Segunda Lactancia	
	Días a Primer Servicio y CC ¹	Servicios por Concepción y CC ²	Días al Primer Servicio y CC ³	Servicios por Concepción y CC ⁴
Parto	-0,23	0,23	-0,68	0,23
Pos parto	-0,57	0,05	-0,72	-0,05
Diagnostico de gestación	-0,40	-0,01	-0,67	-0,31
Periodo seco	-0,22	0,05	-0,09	-0,42

¹ Promedio aproximado del error estándar 0,20

² Rango aproximado del error estándar, de 0,22 a 0,27

³ Promedio aproximado del error estándar 0,21

⁴ Rango aproximado del error estándar, de 0,21 a 0,29

proveer una ganancia genética esperada de 0,1 por ciento en la tasa de preñez, en un período de 21 días, por año.

del parto. Por tanto, éste es probablemente el tiempo óptimo para registrar CC (Tabla 3 y 4).

Influencia de Otros Factores en la Fertilidad

◆ Condición Corporal

La condición corporal (CC) es una característica subjetiva con heredabilidad moderada (0,2 a 0,4) que busca indicar la cantidad de tejido de reserva (grasa sobretodo) en el cuerpo, indicando así el estado nutricional y de salud de la vaca lechera [9, 14, 25, 26]. Altos puntajes de CC durante la lactancia están relacionados con bajos niveles productivos pero son favorablemente relacionados con el desempeño reproductivo [5]. Pryce et al. [14] obtuvieron correlaciones genéticas de -0,40 y -0,22 entre CC e intervalos inter-parto, antes y después de ajustar por producción de leche respectivamente. Royal et al. [20] encontraron una correlación genética de -0,84 entre CC e intervalo inter-partos. Veerkamp et al. [24] mostraron que bajas CC fueron relacionadas con incrementos en el tiempo de inicio de la actividad ovárica luego del parto, y Royal et al. [20] sugirieron que un retraso de seis días en el inicio de la actividad luteal ocurre por un punto de reducción en CC (en una escala de 1 a 9). Pryce et al. [14] encontraron que cambios en la CC entre uno y cuatro meses post-parto tienen el mayor impacto en el intervalo entre partos. Pryce et al. [14] también encontraron, para vacas de primera lactancia, que la CC muestra su máxima correlación genética con intervalo inter-parto cuando es medida un mes después

◆ Producción de Leche

Westwood et al. [31] evaluaron los factores que influenciaron la fertilidad de 82 vacas multíparas en Australia y observaron que las vacas produciendo más de 38 litros de leche por día tuvieron 2,6 veces más probabilidad de ovular tarde (53 días después del parto) que las vacas produciendo menos de 29 litros por día. Los autores notaron que este retraso en ovulación deriva en un retraso del primer estro y por tanto, un intervalo más largo al parto. Weigel [28] mostró que vacas primíparas que producen más de 36 litros de leche por día y multíparas que producen más de 45 litros por día tuvieron 1,8 y 1,6% más baja tasa de concepción, respectivamente, comparado con otros animales de la misma edad. Pryce et al. [14] obtuvo estimaciones de correlaciones genéticas de 0,56 a 0,61 entre rendimiento de leche, grasa y proteína e intervalo entre partos. Veerkamp y Brotherstone [25] estimaron una correlación genética de -0,37 entre rendimiento de leche y CC. Royal et al. [19] obtuvieron

Tabla 4: Correlaciones genéticas para CC [14]

CC Período de Registro	Correlación Genética
CC promedio	-0,55
1 mes	-0,88
2 mes	-0,73
3 mes	-0,60
4 mes	-0,54
5 mes	-0,48
6 mes	-0,46
7 mes	-0,44
8 mes	-0,41
9 mes	-0,40
10 mes	-0,39

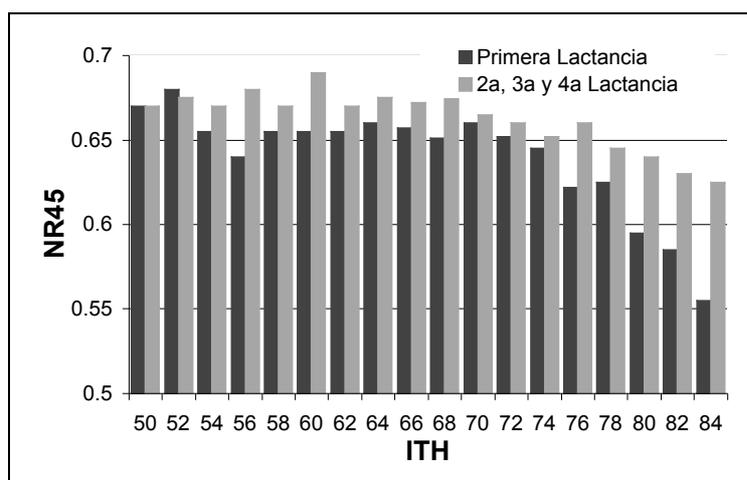


Figura 2: Efecto del índice de temperatura-humedad (ITH) en el no-retorno a los 45 días (NR45) en la primera y última paridad.

correlaciones genéticas de $-0,33$ y $-0,69$ entre CC y rendimiento de grasa y proteína, respectivamente, indicando que las características de producción pueden ser importantes predictores de fertilidad.

◆ Estrés Calórico

Estrés calórico es una preocupación muy relevante en algunas áreas, bajo estas condiciones las vacas muestran reducido consumo y actividad física, lo cual deriva en reducida expresión del celo. El estrés calórico ocurre cuando el incremento en temperatura corporal impacta varias funciones corporales. Un incremento en la temperatura corporal al momento de la inseminación deriva en baja fertilización y alta incidencia de muerte embrionaria, porque la viabilidad del oocito, espermatozoides y embrión se ven comprometidas. La incidencia, intensidad, y duración del estro presente también es reducida.

Las vacas con estrés calórico van a tener una reducción en el incremento de estradiol previo al estro, un menor folículo dominante durante la segunda ola folicular, un mayor número de folículos por ola por ciclo estral, y largas fases luteales [32]. Weigel [28] mostró que la tasa media de concepción para el verano fue de 25,9 por ciento, comparada con una media de 34,1 por ciento en invierno. Ravagnolo y Misztal [16] evaluaron la tasa de no retorno a los 45, 60

y 90 días después de la inseminación en Holsteins en Florida y encontraron una relación casi nula entre tolerancia al calor para rendimiento lechero y tolerancia al calor para fertilidad. Ravagnolo et al. [17] encontraron que las tasas de no retorno fueron más bajas para valores de índice de temperatura y humedad (ITH) arriba de 66 - 70 que por debajo de estos límites y notaron que cada punto adicional de ITH reduce la tasa de no-retorno en un 0,5 a un 0,7 por ciento. Ravagnolo y Misztal [15], al evaluar la primera inseminación de hatos Holstein en Georgia, mostraron que ITH en el día de inseminación tuvo el efecto más alto en NR45, seguido por ITH dos días antes, cinco días antes y cinco días después de la inseminación. La figura 2 muestra la reducción en NR45 de acuerdo al ITH para vacas de primera y última parición.

◆ Nutrición

Westwood et al. [31] observaron que en animales alimentados con alta proporción de proteína degradable (85 por ciento) fue 3,2 veces menos probable que concibieran al primer servicio y tres veces menos probable que se preñaran a los 150 días post-parto, comparado con animales alimentados con baja proporción de proteína degradable (63 por ciento); ambas raciones tenían un 19,3 por ciento de proteína cruda total. Vacas con un caída del colesterol en el plasma por debajo de $0,9 \mu\text{mol/L}$ tuvieron 2,3 veces menor riesgo de quedar preñadas a los 150 días post-parto que vacas sobre $1,8 \mu\text{mol/L}$. En vacas con un prolongado intervalo parto a primera ovulación, altas concentraciones de NEFA promedio en el suero (mayor que $313,3 \mu\text{mol/L}$) durante los primeros 70 días fueron asociados con un riesgo significativamente bajo de lograr preñez a los 150 días post-parto. Con respecto al consumo, animales que comían más que el 4,03 por ciento de su peso corporal en los primeros 110 días de lactancia tuvieron al menos dos veces más riesgo de quedar preñadas para los 150 días post-parto que animales que comían menos que el 3,45 por ciento de su peso corporal [31].

Tabla 5: Extremos biológicos de características de tipo y manejo y estimados de correlación genética con el intervalo inter partos para características de producción, tipo y manejo

Característica	1	9	SE ¹
Producción de leche			0,61 (0,08)
Producción de grasa			0,56 (0,08)
Producción de proteína			0,57 (0,08)
Estatura	Pequeña	Alta	0,33 (0,10)
Profundidad corporal	Poco profunda	Profunda	0,26 (0,12)
Ancho del pecho	Angosto	Ancho	0,28 (0,09)
Angulo de grupa	Isquiones altos	Isquiones bajos	0,07 (0,12)
Angularidad	Tosca	Angulosa	0,47 (0,10)
Ancho de grupa	Angosta	Ancha	-0,02 (0,12)
Curvatura de pata trasera	Recta	Curvada	0,19 (0,11)
Angulo de la pata	Bajo	Empinado	-0,20 (0,12)
Inserción de la ubre delantera	Suelta	Firme	-0,17 (0,12)
Altura de ubre posterior	Muy baja	Muy alta	0,07 (0,11)
Soporte de la ubre	Roto	Fuerte	0,16 (0,11)
Profundidad de la ubre	Poco profunda	Profunda	-0,13 (0,01)
Pezones, vista trasera	Separados	Cercanos	-0,01 (0,01)
Pezones, vista lateral	Cercanos	Separados	0,44 (0,10)
Largo de los pezones	Cortos	Largos	0,09 (0,11)
Velocidad de ordeño	Lenta	Rápida	0,25 (0,15)
Temperamento	Nervioso	Tranquilo	0,24 (0,14)
Locomoción	Mala	Excelente	-0,10 (0,14)

¹SE – Correlación genética con Intervalo entre partos (CI)

◆ Peso Corporal

Veerkamp et al. [24] encontraron una fuerte correlación negativa (-0,54) entre el inicio de la actividad luteal luego del parto (usando análisis de progesterona en leche) y peso corporal (PC) a los 100 días post-parto. Una fuerte correlación genética negativa (-0,80) también fue observada entre el cambio de peso corporal en los primeros 100 días post-parto y el inicio de la actividad luteal. Dos estudios relacionados [3, 26] mostraron que el puntaje de condición corporal explicaba solo el 12 al 45% de la variación de peso corporal, indicando que cambios en la CC es una característica diferente que el PC. Distintos estudios [3, 10, 24] reportaron que vacas más pesadas necesitaron más servicios y tuvieron un intervalo más largo desde primer servicio a la concepción que vacas más livianas. Westwood et al. [31] observaron que para vacas que perdieron menos de 51 kg de peso corporal

en los primeros 42 días de lactancia era 3,7 veces más probable que concibieran, comparado con vacas que pierden más de 109 kg en el mismo período.

◆ Características de Tipo

Las características de tipo (particularmente características corporales), como son registradas en la mayoría de los países, infieren fundamentalmente tamaño corporal (*frame*) y no movilización de tejido, por tanto no están relacionadas fuertemente con la fertilidad. Sin embargo, características como forma lechera podría ser útil para predecir fertilidad cuando no hay medidas de CC disponibles. Estudios previos han encontrado una correlación genética de 0,84 entre el GCC y la forma lechera. Vacas que tuvieron alto puntaje para forma lechera e intervalo entre partos tienden a tener mas

bajo puntaje de condición corporal. Pryce et al. [14] obtuvieron una correlación genética de 0,47 entre forma lechera e intervalo entre partos, indicando que toros seleccionados por buena forma lechera pueden tener un pobre desempeño reproductivo. Rogers et al. [18] encontraron una correlación genética de 0,50 entre forma lechera y la incidencia de desordenes reproductivos. Estos resultados sugieren que, luego de aplicar una selección fuerte para rendimiento lechero, podría ser beneficioso seleccionar para valores bajos o moderados de forma lechera.

◆ Lactancia

Vacas de segunda lactancia o lactancias posteriores tienen mas bajo puntaje de CC que vacas de primera lactancia, por tanto las diferencias genéticas para CC y fertilidad podrían acentuarse en animales más viejos.

Miller et al. [12] encontraron que vacas de primera lactancia tienen seis o siete por ciento más alta tasa de no-retorno que vacas en la sexta lactancia o lactancias más tardías.

◆ Escala de Facilidad de Parto

Miller et al. [12] mostraron una reducción en la tasa de no-retorno al primer servicio y un incremento en los días a primer servicio y el PPC cuando el puntaje de facilidad de parto (en el inicio de la lactancia) se incrementa. Weigel y Rekaya [29] también notaron que el puntaje de facilidad de parto de cuatro y cinco fue asociado con tasas de concepción más bajas.

◆ Salud

Miller et al. [12] mostraron una pequeña pero significativa correlación entre la tasa de no retorno y Conteo de células somáticas (*somatic cell score*, CCS) en Holstein, pero esta relación no fue significativa en las Jerseys. El PPC se incrementa en 0,5 días por cada unidad que se incrementa el CCS. En un estudio reportado por Baker et al. [1], con vacas Jersey, el intervalo desde el parto al primer servicio (94 versus 71 días) y el PPC (137 versus 92 días) fue más grande para vacas con mastitis que para aquellas sin mastitis, respectivamente.

Resumen

La correlación positiva entre rendimiento en leche y el PPC ha sido de creciente interés para los investigadores en la genética de la fertilidad,

porque algunas de las razas más importantes (i.e., Holstein) han mostrado decreciente fertilidad en los años pasados.

La fertilidad del macho y la hembra son dos de las maneras para seleccionar toros por fertilidad. La fertilidad de la hembra es también incluida en el cálculo del índice de Mérito Económico Neto (Estados Unidos).

El puntaje de condición corporal, usado como parámetro para evaluar nutrición en un hato, es una de las principales variables que influyen en la fertilidad, el mejor momento para medir este parámetro es alrededor del mes después del parto, y tiene un impacto significativo en los días al primer servicio, y consecuentemente en los días abiertos.

El estrés calórico en el día de inseminación, y (en menor medida) algunos días antes o después de la inseminación, tiene un impacto importante en la fertilidad, y hace cuestionable la decisión de inseminar vacas bajo estas condiciones.

Altas proporciones de proteína degradable en la dieta, y bajo consumo (medido como proporción del peso corporal) son factores nutricionales relacionados con baja fertilidad.

La baja correlación entre peso corporal y puntaje de condición corporal muestra que éstas son características diferentes, vacas de mayor peso requieren más servicios y tienen un PPC más largo que vacas de menor peso.

Una vez que una fuerte selección por rendimiento en leche ha sido aplicada, una selección por baja o moderada forma lechera podría ser beneficiosa.

Referencias

1. **Baker, A.R., F.N. Schrick, M.J. Lewis, H.H. Dowlen, and S.P. Oliver.** 1998. Influence of clinical mastitis during early lactation on reproductive performance in Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 81:1285–1290.
2. **Ballachey, B.E., D.P. Evenson and R.G. Saacke.** 1988. The sperm chromatin structure assay: Relationship with alternate tests of semen quality and heterospermic performance of bulls. *J. Androl.* 9:109–115.
3. **Berry D.P., F. Buckley, P. Dillon, R.D. Evans, M. Rath, and R.F. Veerkamp.** 2002. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows *J. Dairy Sci.* 86:2193–2204.
4. **Braundmeier A.G. and D.J. Miller.** 2001. The search is on: Finding accurate molecular markers of male fertility *J. Dairy Sci.* 84:1915–1925.
5. **Dechow C.D., G.W. Rogers and J.S. Clay.** 2001 Heritabilities and correlations among body condition scores, production traits, and reproductive performance *J. Dairy Sci.* 84:266–275.
6. **DeJarnette, J.M., R.G. Saacke, J.H. Barne, and C.J. Vogler.** 1992. Accessory sperm: Their importance to fertility and embryo quality, and attempts to alter their numbers in artificially inseminated cattle. *J. Anim. Sci.* 70:484–491.
7. **Fohrman, M.H., R.E. McDowell, C.A. Matthews, and R.A. Hilder.** 1954. A crossbreeding experiment with dairy cattle. *Tech. Bull.* 1074. USDA, Washington, DC.
8. **Fricke P.M., D.Z. Caraviello, K.A. Weigel, and M.L. Welle.** 2003. Use of Ovsynch for resynchronizing ovulation at various intervals after first postpartum timed artificial insemination in lactating dairy cows *J. Dairy Sci.* (accepted).
9. **Gallo L., P. Carnier, M. Cassandro, R. Dal Zotto, and G. Bittante.** 1999. Genetic aspects of condition score, heart girth and milkyield in Italian Friesian cows. Pages 159–164 *in* *Metabolic Stress in Dairy Cows.* J. D. Oldman, G. Sim, A. F. Groen, B. L. Nielsen, J. E. Pryce, and T.L.J. Lawrence. ed. BSAS Occasional Publ. No. 24. BSAS, Midlothian, Scotland.
10. **Hansen, L.B., J.B. Cole, G.D. Marx, and A.J. Seykora.** 1999. Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size *J. Dairy Sci.* 82: 795–801.
11. **Kahi, A.K., I.S. Kosgey, V.L. Cardoso, and J.A.M. Van Arendonk.** 1998. Influence of production circumstances and economic evaluation criteria on economic comparison of breeds and breed crosses. *J. Dairy Sci.* 2271–2279.
12. **Miller R.H., J.S. Clay and H.D. Norman.** 2001. Relationship of somatic cell score with fertility measures *J. Dairy Sci.* 84:2543–2548.
13. **Pecsok S.R., M.L. McGilliard and R.L. Nebel.** 1994. Conception rates. 2. Economic value of unit differences in percentages of sire conception rates *J. Dairy Sci.* 77: 3016–3021.
14. **Pryce, J.E., M.P. Coffey and S. Brotherstone.** 2000. The genetic relationship between calving interval, condition score and linear type and management traits in pedigree registered Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:2664–2671.
15. **Ravagnolo O. and I. Misztal.** 2002a. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: Fixed-model analyses *J. Dairy Sci.* 85: 3101–3106.
16. **Ravagnolo O. and I. Misztal.** 2002b. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holstein cows: Genetic analyses *J. Dairy Sci.* 85: 3092–3100.
17. **Ravagnolo O., I. Misztal and G. Hoogenboom.** 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of Heat Index Function. *J. Dairy Sci.* 83: 2120–2125.
18. **Rogers, G.W., G. Banos and U. Sander-Nielsen.** 1999. Genetic correlations among protein yield, productive life, type traits from the United States and diseases other than mastitis from Denmark and Sweden. *J. Dairy Sci.* 82:1331–1338.
19. **Royal M.D., A.P. Flint and J.A. Woolliams.** 2002a. Genetic and phenotypic relationships among endocrine and traditional fertility traits and production traits in Holstein-Friesian dairy cows *J. Dairy Sci.* 85: 958–967.
20. **Royal, M.D., J.E. Pryce, J.A. Woolliams, and A.P.F. Flint.** 2002b. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:3071–3080.
21. **Saacke, R.G., J.C. Dalton, S. Nadir, R.L. Nebel, and J.H. Bame.** 2000. Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. *Anim. Reprod. Sci.* 60–61:663–677.

22. **Saacke, R.G., J. Bame, D.S. Karabinus, J. Mulins, and S.S. Whitman.** 1988. Transport of abnormal sperm in the artificially inseminated cow based upon accessory sperm in the zona pellucida. *In* 11th Int. Congress Animal Reproduction and Artificial Insemination. Vol. 3. Dublin, Ireland. P.292.
23. **Vasconcelos, J.L.M., R.W. Silcox, J.A. Lacerda, J.R. Pursley and M.C. Wiltbank.** 1997. Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to heat stress after AI at 2 different times from ovulation in dairy cows. *Biol. Reprod.* 56(Supl. 1):140.
24. **Veerkamp R.F., J.K. Oldenbroek, H.J. Van Der Gaast, and J.H.J. Van Der Werf.** 2000. Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and live weights. *J. Dairy Sci.* 83:577-583.
25. **Veerkamp, R.F.** 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on liveweight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81:1109-1119.
26. **Veerkamp, R.F. and S. Brotherstone.** 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, liveweight and condition score in Holstein-Friesian dairy cattle. *Anim. Sci.* 64:385-392.
27. **Washburn, S.P., W.J. Silvia, C.H. Brown, B.T. McDaniel, and A.J. McAllister.** 2002. Trends in reproductive performance in southeastern Holstein and Jersey DHI herds. *J. Dairy Sci.* 85:244-251.
28. **Weigel K.A.** 2003. Improving the reproductive efficiency of dairy cattle through genetic selection. *J. Dairy Sci.* (submitted).
29. **Weigel K.A. and R. Rekaya.** 2000. Genetic parameters for reproductive traits of Holstein cattle in California and Minnesota. *J. Dairy Sci.* 83:1072-1080.
30. **Weigel, K.A. and P. VanRaden.** 2003. New evaluations offer a genetic approach to improving cow fertility (www.naab-css.org).
31. **Westwood C.T., I.J. Lean and J.K. Garvin.** 2002. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: A multivariate description. *J. Dairy Sci.* 85:3225-3237.
32. **Wilson S.J., C.J. Kirby, A.T. Koenigsfeld, D.H. Keisler, and M.C. Lucy.** 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 2. Heifers. *J. Dairy Sci.* 81: 2132-2138.

Tópicos de Fertilidad en Vacas en Alta Producción

Todas las publicaciones del Instituto Babcock tienen el Derecho de Autor del Comité de Directores de Sistema de la Universidad de Wisconsin. Estas publicaciones pueden ser copiadas completamente o en partes con fines educativos locales solamente, y siempre y cuando las Fuentes sean identificadas y los materiales no sean distribuidos con fines de lucro.

Para más información sobre cómo ordenar publicaciones adicionales, por favor contacte:

The Babcock Institute, 240 Agriculture Hall, 1450 Linden Drive; Madison, WI 53706-1562

Teléfono: (608) 265-4169, Fax: (608) 262-8852, Email: babcock@cals.wisc.edu, URL: <http://babcock.cals.wisc.edu>