

Asociación entre parámetros productivos y reproductivos de vacas lecheras de acuerdo el sistemas de producción

E. J. Dutour¹ y L. M. Melucci

Facultad Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata, (UNMDP), Bs. As., Argentina.

Recibido Agosto 14, 2009. Aceptado Abril 17, 2010.

Relationship between productive and reproductive parameters of dairy cows in different production systems

ABSTRACT. The majority of the milk producing systems in Argentina are based on the use of perennial and annual pastures plus supplementation with cereal grains and conserved forages. The genetic change that occurred in Argentine dairy cattle was due principally to the importation of semen from the USA and Canada. In those countries the Holstein breed was selected over many years for milk yield and body size under conditions of intensive management. It has been observed that upon increasing milk producing potential as a result of genetic selection, reproductive indexes deteriorate. Under grazing conditions it is impossible to control environmental conditions to the same or nearly the same degree as in intensive systems. Therefore, the use of animals originating from intensive systems under grazing conditions results in a mismatch between the requirements of the new genotype and those that the environment can provide. Thus the increase in individual production potential could be detrimental to the overall productivity of the grazing system, since this system cannot sustain those high levels of production.

Key words: Argentine, Genotype x environment interaction, Grazing system, Milk production, Reproductive performance,

RESUMEN. La mayoría de los sistemas de producción de leche en Argentina se basan en el uso de pasturas y verdeos suplementados con granos y forrajes conservados. El cambio genético del ganado lechero argentino se debió principalmente a la importación de semen de Estados Unidos y Canadá. En estos países, la raza Holstein fue seleccionada durante muchos años por producción y tamaño corporal en condiciones de manejo intensivo. Se ha observado que al aumentar el potencial de producción de leche como resultado de la selección genética se deterioran los índices reproductivos. En los sistemas de pastoreo resulta imposible ejercer un control ambiental igual o cercano al que se realiza en los sistemas intensivos. De esta manera, al utilizar animales provenientes de sistemas intensivos en las condiciones de pastoreo se produce un grave desencuentro entre los requerimientos del nuevo genotipo y los que el ambiente puede ofrecer. El incremento del potencial productivo individual iría en detrimento de la productividad del sistema pastoril, ya que este sistema no alcanza a sostener esas altas productividades

Palabras clave: Argentina, Interacción genotipo-ambiente, Producción de leche, Reproducción, Sistema de pastoreo

Introducción

La producción de leche en Argentina se basa principalmente en el uso de pasturas y verdeos suplementados con granos y forrajes conservados. La raza bovina predominante es Holando Argentino, la cual deriva del Holstein y de quien anualmente incorpora semen procedente de Estados Unidos y Canadá (SENASA, 2002; Casanova *et al.*, 2005;

Molinuevo, 2005) permitiéndole incorporar un alto potencial de producción de leche. En Estados Unidos y Canadá, la raza Holstein fue seleccionada durante muchos años por producción y tamaño corporal (Hansen *et al.*, 1999; Hansen, 2000) ya que el tipo de alimentación permitió que el potencial de producción de leche de los animales se expresara en

¹Autor para la correspondencia, e-mail: joaquindutour@hotmail.com

su totalidad. El consumo de las vacas durante el primer tercio de la lactancia por lo general no alcanza a cubrir sus requerimientos y se produce un balance energético negativo. A medida que este desbalance es mayor, mayor resulta el deterioro reproductivo (de Vries y Veerkamp, 2000; Pryce, 2002). En los sistemas de producción basados principalmente en pasturas, tales como los de Argentina, es probable que en esa primera etapa de la lactancia, las vacas de alta producción se encuentren en un desbalance energético extremo afectando aún más la reproducción y por ende la productividad total del sistema. Resulta de interés analizar los trabajos realizados a nivel internacional sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas lecheras para prever la incidencia del incremento del potencial genético lechero sobre los sistemas de producción principalmente pastoriles.

Aspectos reproductivos de los bovinos lecheros

El intervalo entre dos partos sucesivos (IEP), intervalo entre el parto y la nueva concepción (IPC), el número de inseminaciones que requiere una vaca para concebir (NS/C), intervalo parto a primer servicio (IP1°S), intervalo primer servicio a concepción (I1°SC) son algunos índices que se emplean más frecuentemente para describir el comportamiento reproductivo de las vacas lecheras. El IP1°S indica el tiempo que el animal demora en volver a una actividad luteal normal y sus estros pueden ser detectados por el hombre de manera que se puede lograr una inseminación y una fecundación efectivas. En el Cuadro 1 se presenta una síntesis de valores publicados para estos índices de acuerdo al país de procedencia. Se observa claramente que los mejores indicadores reproductivos fueron informados en Nueva Zelanda y Reino Unido mientras que los restantes países considerados no se diferencian entre sí.

Grosshans *et al.* (1997) atribuyeron el buen desempeño reproductivo de las vacas lecheras en Nueva Zelanda a las diferencias en el manejo, la nutrición, los niveles de producción de leche y la detección de celos. Debido a la naturaleza estacional de estos sistemas cada vaca no debe extender sus intervalos entre partos más allá de 12 meses, de manera que las que no quedan preñadas en la estación de servicios son descartadas y este descarte explicaría la mayor fertilidad de los rodeos neozelandeses (Grosshans *et al.*, 1997; Harris y Kolver, 2001). Para Pryce (2002), en los sistemas intensivos, podría registrarse una menor exigencia reproductiva cuando las vacas son de alta producción permitiendo su permanencia en el rodeo aunque exhiban un desempeño reproductivo

deficiente y además como en estos sistemas los animales permanecen en confinamiento gran parte del año, se agregaría una mayor incidencia de enfermedades que repercuten sobre la fertilidad.

De acuerdo a Harris y Kolver (2001), entre 1981 y 2001, el porcentaje de genes de la raza Holstein norteamericano se incrementó de 2% a 38% en el rodeo Holstein Friesian de Nueva Zelanda. De acuerdo a trabajos evaluados por estos autores, las vacas derivadas del Holstein norteamericano resultaron más pesadas, produjeron más volumen de leche-con menor concentración de grasa y proteína-y tuvieron menor fertilidad y sobrevivencia que las vacas Holstein Friesian de Nueva Zelanda. Las vacas con mayor proporción de genes de origen norteamericano mostrarían una menor condición corporal durante la lactancia que afectaría su comportamiento reproductivo (Lucy, 2005). Este autor sugiere la utilización de un índice de selección que pondere apropiadamente la fertilidad, la condición corporal y la producción.

Molinuevo (1998) indicó que los altos índices de reposición en los tambos revelan un gran desajuste entre el nivel genético de las vacas y el sistema de producción. Beltramino y Thomas (1998) mediante un estudio de simulación determinaron que, aún con altos índices reproductivos la reposición del rodeo puede verse muy comprometida si las vacas no completan tres lactancias. Estos autores indicaron valores de 33% y 40% de reposición para 3 y 2.5 lactancias por vaca, respectivamente. En base a estas cifras, Molinuevo (2001) señaló que los rodeos con vacas de alta producción en primera lactancia y baja producción total por vida, podrían no ser sustentables debido a que no alcanzarían a producir sus propios reemplazos.

En diferentes países se ha señalado un deterioro en los indicadores reproductivos a través de los años (Lucy, 2001; Pryce *et al.*, 2004; Hare *et al.*, 2006). Estudios realizados en Estados Unidos que comprendieron casi el 85% del rodeo lechero (NAHMS, 2002b), registraron entre 1995 y 2002, un incremento de 0.4 mes en el intervalo entre partos, pasando de 12.9 a 13.3 meses. Más recientemente Hare *et al.* (2006) con datos del USDA, entre 1980 y 2004, que incluyeron a las razas Ayrshire, Brown Swiss, Guernsey y Holstein, citaron un incremento anual del intervalo entre partos entre 0.90 y 1.07 d, mientras que para la raza Jersey esa misma tendencia fue algo menor (0.49 d por año). Butler (1998) reportó que la tasa de concepción al primer servicio en el estado de New York, Estados Unidos, bajó de aproximadamente 65% en 1951 a 40% en 1996.

Cuadro 1. Rangos de indicadores reproductivos para vacas lecheras citados en la bibliografía según país de origen

País de procedencia ¹	IPC* (días)	IEP (días)	NS/C	IP1°S (días)	II°SC (días)
Argentina	91.5-157.0	423.8 - 474.8	1.76 - 2.50	68.7 - 103.8	
Estados Unidos	115.3 - 176.8	402.9 - 415.0	1.83 - 2.30		
Canadá	102.0 - 108.4	395.4	1.66 - 2.14	80.2 - 90.0	32.5 - 32.8
Nueva Zelanda	89.5 - 101.1	365.7 - 375.8	1.48 - 1.49	76.1 - 86.6	13.3- 14.5
Reino Unido	100.0 - 115.3	383.0 - 396.0	1.67 - 1.95	71.0 - 81.6	

*IPC: intervalo parto concepción, IEP: intervalo entre partos, NS/C: número de servicios por concepción, IP1°S: Intervalo parto 1° servicio, II°SC: Intervalo primer servicio-concepción.

¹Argentina: Piazza *et al.*, 1996, 1997; Andere *et al.*, 1997; Melucci *et al.*, 1997, 2000, 2001; Molinuevo, 2006; Estados Unidos: Badinga *et al.*, 1985; Campos *et al.*, 1994; Dematawewa y Berger, 1998; Hare *et al.*, 2006; Marti y Funk, 1994; NAHMS 2002^a, 2002b; Canadá: Fatehi *et al.*, 2006; Hayes *et al.*, 1992; Jamrozik *et al.*, 2005; Moore *et al.*, 1992; Muir *et al.*, 2004; Nueva Zelanda: Grosshans *et al.*, 1997; Dairy Statistic 2004/2005. Reino Unido: Kadarmideen *et al.*, 2003; Pryce *et al.*, 1999, 2000, 2001.

Pryce *et al.* (2004) señalaron una disminución entre 1975 y 1998 de 0.5% por año en la tasa de concepción al primer servicio para Estados Unidos. Similares resultados fueron mencionados por VanRaden *et al.* (2004) para el período comprendido entre 1960 y 2000. En Inglaterra, Royal *et al.* (2002a, b) citaron una disminución del orden del 1% por año en la tasa de concepción a primer servicio. Washburn *et al.* (2002) observaron que entre 1976 y 1978, los valores medios de intervalo parto a concepción para las razas Holsteins y Jerseys fueron de 124 y 122 d, respectivamente y aumentaron a 168 y 152 d entre 1997 y 1999, respectivamente. Para estos mismos periodos, los autores señalaron que el número de servicios por concepción pasó de 1.91 a 2.94 para ambas razas, respectivamente.

Fatehi *et al.* (2006), observaron en vacas Holstein canadienses entre 1997 y 2003, cambios desfavorables en los intervalos primer servicio a concepción, parto primer servicio y tasa de no retorno al primer servicio, tanto desde el punto de vista genético como fenotípico.

Del mismo modo, Bousquet *et al.* (2004) señalaron una disminución en la tasa de no retorno a los 56 d postparto de 69% a 67%, en el periodo comprendido entre 1995 y 2001 y una disminución del 5% entre los años 1992 a 2002, en las tasas de concepción al primer y segundo servicio. Para el Reino Unido, Darwash *et al.* (1999) describieron un descenso del índice de fertilidad desde un 65% para el periodo 1975-1982 a un 44% para 1995-1999, lo que representa aproximadamente un 1% anual. Pryce *et al.* (2004) publicaron resultados de rodeos lecheros en el Reino Unido monitoreados entre 1975 y 1982 y entre 1995 y 1998, en los cuales la tasa de concepción promedio al primer servicio pasó de 55.6% a 39.7%.

En Nueva Zelanda, aproximadamente el 30% del rodeo lechero es cruza (Dairy Statistics, 2004/2005) por lo que los efectos beneficiosos de la heterosis se verían reflejados en la fertilidad. La

utilización de cruzamientos entre Holstein Friesian y Jerseys o incluso entre las Holstein Friesian neozelandesas y las Holstein de Estados Unidos (Harris *et al.*, 2000), compensó en parte la pérdida en fertilidad registrada en Holstein Friesian desde 1980 (Burton y Harris, 1999; Harris *et al.*, 2000).

En su trabajo de revisión Lucy (2001), indicó que la disminución de la eficiencia reproductiva observada en el ganado lechero de Estados Unidos también se registró en Irlanda, Reino Unido y Australia pero que los factores causantes de ese declive podrían ser diferentes. En países que centran la base alimenticia en pasturas en lugar de alimentos concentrados, la rápida adopción de líneas de padres norteamericanas con el consiguiente aumento en la producción de leche, podrían producir desajustes entre el biotipo animal y el nivel nutricional. Para contrarrestar este efecto sobre la reproducción, varios autores (Grosshans *et al.*, 1997; Pryce *et al.*, 1999; Harris y Kolver, 2001; Lucy, 2001; VanRaden *et al.*, 2004) señalaron la conveniencia de introducir variables reproductivas en los programas de mejoramiento genético lechero y optimizar así la explotación lechera. Sin embargo, los valores estimados de heredabilidad para estos caracteres son bajos (generalmente menores al 10%), pero para algunos autores esa baja heredabilidad se debería generalmente a una gran varianza ambiental y no porque la varianza aditiva sea baja (Philipsson, 1981; Grosshans *et al.*, 1997; Pryce *et al.*, 1999; Dematawewa y Berger, 1998; Veerkamp *et al.*, 2001; Berry *et al.*, 2003a; Philipsson y Lindhé, 2003). Philipsson (1981) informó una variación genética para fertilidad casi tan grande como la existente para producción de leche. Grosshans *et al.* (1997) señaló que la variabilidad genética para reproducción permitiría importante progreso genético en ese carácter.

Las correlaciones genéticas estimadas entre diferentes características de fertilidad fueron por lo general superiores al 50% (Grosshans *et al.*, 1997;

Dematawewa y Berger, 1998; Campos *et al.*, 1994; Kadarmideen *et al.*, 2003; Veerkamp *et al.*, 2001; Wall *et al.*, 2003; González-Recio y Alenda, 2005) lo que pondría de manifiesto mecanismos fisiológicos comunes entre estos criterios y por lo cual la selección por cualquiera de ellos resultará en una mejora en los otros rasgos de fertilidad.

Aspectos productivos de los bovinos lecheros

Varios autores (Miller *et al.*, 1967; Jairath *et al.*, 1995; Lobo y Allaire, 1995) señalaron que, en general, la selección por mayor producción de leche durante la primera lactancia implicó una mayor producción de leche durante toda la vida útil de la vaca. Sin embargo, otros trabajos (Rekik y Allaire, 1993; VanRaden y Wiggans, 1995) señalaron que para incrementar el beneficio de la selección por producción es necesario considerar la producción por vida útil o la permanencia en producción de las vacas. Molinuevo (1998, 2005, 2006) señaló que si bien los objetivos de los programas de selección genética buscaron la mayor producción individual por vida útil de la vaca, el criterio de selección utilizado generalmente fue la producción durante la primera lactancia y para los sistemas de pastoreo este criterio no fue un buen indicador de la producción posterior. En estos sistemas, las limitantes de tipo nutricional impedirían que los animales sostengan esas altas producciones de leche (Marini y Oyarzabal, 1999; Kolver, 2003; Molinuevo, 2005), por lo que resulta inapropiado extrapolar los resultados de los sistemas intensivos a aquellos que manejan pasturas como componente principal de la dieta.

Los productores lecheros de Argentina utilizan mayoritariamente líneas de padres aportadas por el Holstein norteamericano en sus rodeos pero, la forma más económica de producción descansa en la utilización del pastoreo como alimento principal todo el año. Es por ello que resulta interesante evaluar cual sería el impacto de incorporar a estos sistemas de producción básicamente extensivos, padres seleccionados en ambientes intensivos.

Clark y Jans (1995) analizaron las diferencias existentes entre los sistemas lecheros intensivos de EEUU y los sistemas pastoriles de Nueva Zelanda y observaron que la proporción de pastura en la dieta de Nueva Zelanda representó un 90% mientras que fue algo menos del 40% en Estados Unidos.

De acuerdo a los informes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2004a, 2004b), la producción registrada por vaca por lactancia fue superior a 8200 kg de leche y 310 kg de grasa (3,68%) entre 1998 y 2002. En el 47% de los rodeos se utilizaron raciones TMR (*total mixed rations*) y más del 75% de las vacas estuvieron

estabuladas (NAHMS, 2002a). En Nueva Zelanda en cambio, la producción de la totalidad del rodeo (que incluyó diferentes razas y cruza) alcanzó un promedio de 3574 L/lactancia, equivalente a 308 kg de sólidos de leche (proteína + grasa)/vaca y para el ganado Holstein Fresian, que representó más del 48% del rodeo de Nueva Zelanda, la producción media fue de 4085 L/lactancia (Dairy Statistic, 2004/2005).

En Argentina, Molinuevo (2006) analizó registros productivos de 775.243 vacas Holando Argentino con 1,844,130 lactancias y estimó una producción promedio en primera lactancia de 5054 L y de 5720 L para la máxima producción media en la cuarta lactancia. Los porcentajes de grasa butirosa variaron desde 3.46 % en primera lactancia, a 3.38% en la décima lactancia.

Las diferencias en producción de leche entre los diferentes países pueden ser ocasionadas por diferencias tanto en el biotipo animal, manejo, alimentación como por diferencias en los objetivos de selección llevados a cabo. Estas últimas se originan principalmente por las condiciones de mercado, precio de la leche y costos de producción. Existe una estrecha relación entre la utilización de pasturas, el precio de la leche y los costos de producción. Clark y Jans (1995) señalaron que a mayor precio de la leche menor sería la utilización de pasturas y a mayores costos de producción menor sería la utilización de las pasturas, donde éste último aspecto es el que más se destaca. Ante un mayor precio de la leche los tamberos tienden a incorporar semen de padres con predicciones de mérito genético para producción de leche más elevada y ello va acompañado de un aumento de la oferta alimenticia. Es por ello que en los sistemas intensivos el mejoramiento genético fue acompañado del mejoramiento en el sistema de producción, manejo y alimentación. La estabulación y utilización de concentrados permiten adecuar la disponibilidad de alimento a los requerimientos del animal y, si bien este sistema es de alto costo, es compensado con los altos precios de la leche que recibe el productor en estos sistemas (Milk Prices, 2004).

En Nueva Zelanda, la selección aplicada buscó adaptar el biotipo animal a la producción estacional de sus pasturas. Harris y Kolver (2001) señalaron que el menor precio de la leche recibido por los productores respecto a los de EEUU, los obliga a manejar sus vacas en sistemas productivos de bajos costos y probablemente con menor disponibilidad de nutrientes por lo que los biotipos más adaptados a estos sistemas tienen menor potencial de producción de leche que en los sistemas intensivos de EEUU.

En EEUU, el progreso genético anual para producción de leche en ganado Holstein pasó de 37 kg en la década del 60, a 79 kg en la década del 70, 102 kg en la década del 80 y 116 kg en los seis primeros años de la década del 90 (Hansen, 2000). En este país la producción de leche por vaca aumentó un 20.7% entre los años 1991 a 2002 (NAHMS, 2002b). Datos aportados por el National Milk Records (NMR) del Reino Unido, mostraron que la producción promedio por vaca aumentó 200 kg por año en el período 1996 a 2000 debido tanto a la selección aplicada como a las mejoras ambientales tales como alimentación, establos, sanidad, prácticas de manejo (Pryce *et al.*, 2004).

En Nueva Zelanda y como resultado de la mejora genética y del ambiente, la producción de sólidos totales en la leche por vaca aumentó 50 kg entre 1992 y 2004, representando una tendencia anual de 4.2 kg (Dairy Statistic, 2004/2005). Las tendencias genéticas registradas para sólidos totales de la leche en los períodos de 1985-1996 y 1997-2004 fueron de 2.56 y 3.55 kg por año, respectivamente. Mientras que la tendencia genética en el volumen de leche para los mismos períodos fueron 36.0 y 37.5 L por año, respectivamente (Animal Evaluation, 2005).

Clark y Jans (1995) señalaron que en 1950 la producción por vaca en Nueva Zelanda era similar a la de Estados Unidos, después de 40 años la producción de leche por vaca en Estados Unidos superó casi cuatro veces a la de Nueva Zelanda.

En Argentina, Vera y Cuatrin (2006) hallaron una tendencia genética media anual de 20,29 kg de leche, 0.68 kg de grasa y 0.51 kg de proteína en una población experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Rafaela (Santa Fé) durante el período 1988-2001 sin modificación en los porcentajes de grasa y proteína.

Para la mayoría de los países, el objetivo de selección más importante fue incrementar la producción de leche por animal, lo cual se efectivizó principalmente por la alta precisión de la selección lograda a través del alto número de registros que se dispone en las evaluaciones genéticas y no por la heredabilidad del carácter. Las estimaciones de heredabilidad variaron entre 0.15 (Badinga *et al.*, 1985) a 0.57 (Pryce *et al.*, 2002). Para producción de grasa y proteína las estimaciones de heredabilidad variaron entre 0.18 y 0.42 y entre 0.18 y 0.46, respectivamente, donde los menores valores correspondieron al trabajo de Dematawewa y Berger (1998) y los mayores al trabajo de Pryce *et al.* (2000). Para composición de la leche, las estimaciones resultaron en general algo superiores a los valores para producción, variando entre 0.38 (Campos *et al.*,

1994) y 0.60 (Jairath *et al.*, 1995) para % grasa y entre 0.51 y 0.66 (Campos *et al.*, 1994) para % proteína.

Las estimaciones de correlaciones genéticas entre producción de leche y producción de grasa mostraron mucha variación, desde 0.29 (Berry *et al.*, 2003a) a 0.80 (García *et al.*, 2001). En cambio las correlaciones genéticas entre producción de leche y producción de proteína fueron menos variables entre los diferentes trabajos revisados: 0.73 (Berry *et al.*, 2003a) a 0.92 (Van Dorp *et al.*, 1998). Las correlaciones genéticas estimadas entre producción de grasa y producción de proteína fueron positivas y altas, variando entre 0.62 (Berry *et al.*, 2003a) y 0.85 (Ahlborn y Dempfle, 1992).

Las correlaciones entre producción de leche y su composición fueron negativas y variaron entre -0.24 (Campos *et al.*, 1994) y -0.43 (Ahlborn y Dempfle, 1992) para % de grasa y entre -0.30 (Campos *et al.*, 1994) y -0.42 (Ahlborn y Dempfle, 1992) para % de proteína. De esta manera, una selección por producción de leche disminuirá la proporción de sus componentes. Las estimaciones de correlaciones genéticas entre producción de grasa con % de grasa y % de proteína variaron desde 0.33 (Ahlborn y Dempfle, 1992) a 0.58 (Campos *et al.*, 1994) y desde -0.09 (Campos *et al.*, 1994) a 0.09 (Ahlborn y Dempfle, 1992). Las estimaciones de correlaciones genéticas entre producción de proteína con % de grasa y % de proteína variaron desde -0.10 (Campos *et al.*, 1994) a -0.06 (Ahlborn y Dempfle, 1992) y 0.07 a 0.20 (Ahlborn y Dempfle, 1992).

Entre las diferentes lactancias las correlaciones genéticas y fenotípicas no fueron muy variables (Dematawewa y Berger, 1998) indicando cierta estabilidad entre los rasgos de producción a través de los distintos procesos de cálculos, razas o países.

Relaciones entre caracteres de producción de leche y caracteres reproductivos de las vacas

Diferentes trabajos señalaron que el incremento en el mérito genético para producción de leche redujo la fertilidad de las vacas. Estas evidencias surgieron: 1) a través de las estimaciones de correlaciones genéticas entre ambos tipos de caracteres (Badinga *et al.*, 1985; Campos *et al.*, 1994; Pösö y Mänttysaari, 1996; Grosshans *et al.*, 1997; Dematawewa y Berger, 1998; Pryce *et al.*, 2000, 2001, 2002; Veerkamp *et al.*, 2001; Royal *et al.*, 2002a; Berry *et al.*, 2003a; Kadarmideen *et al.*, 2003; Wall *et al.*, 2003; VanRaden *et al.*, 2004); 2) mediante la evaluación del comportamiento reproductivo de líneas de animales seleccionados por alta y baja producción de leche (Harrison *et al.*, 1990; Hageman *et al.*, 1991; Bonczek *et al.*, 1992; Dunklee *et al.*, 1994; Kelm *et al.*, 1997; Pryce *et al.*, 1999); 3) a través de la comparación de grupos de

vacas lecheras de biotipos diferentes (Kolver *et al.*, 2002; Gandini *et al.*, 2007) y 4) mediante la comparación dentro de rodeos lecheros, de grupos de animales conformados según nivel de producción (Marti y Funk, 1994; Piazza *et al.*, 1996; Melucci *et al.*, 1997, 2001; Marini y Oyarzabal, 1999).

La revisión bibliográfica de trabajos de la década del 70 realizada por Philipsson (1981), indicó la presencia de cierto antagonismo entre producción de leche y fertilidad de las vacas por lo que se recomendó la inclusión de características reproductivas en los programas de selección lechera. Nebel y McGilliard (1993), a partir del análisis de resultados de investigaciones realizadas durante la década 80, informaron que las altas producciones de leche afectarían el comportamiento reproductivo de las vacas. Revisiones bibliográficas más recientes como las de Lucy (2001), Pryce (2002), Veerkamp *et al.* (2003) y Pryce *et al.* (2004) confirmaron esta relación antagónica y reforzaron las investigaciones sobre los caminos fisiológicos que determinan tal asociación. Lucy (2001) y Van Raden *et al.* (2004), a partir del auge mostrado en la adopción de las llamadas nuevas tecnologías reproductivas, señalaron la conveniencia que el empleo de estas técnicas fueran acompañadas por la utilización de rasgos reproductivos como criterios de selección, debido al continuo deterioro de la fertilidad de las vacas lecheras.

En el Cuadro 2 se presentan estimaciones de correlaciones genéticas y fenotípicas entre características de producción de leche con caracteres reproductivos de las vacas. En líneas generales, las estimaciones de correlaciones genéticas entre dichos caracteres fueron de moderadas a altas, fortaleciendo la idea del antagonismo genético entre ambos tipos de caracteres. Esta tendencia se mantiene constante aún discriminadas por lactancia (Grosshans *et al.*, 1997; Dematawewa y Berger, 1998).

Royal *et al.* (2002b) y Berry *et al.* (2003a) obtuvieron estimaciones de correlaciones genéticas negativas muy próximas a cero entre el IP1°S y la producción de leche, probablemente por la gran variabilidad del IP1°S. Las estimaciones de las correlaciones fenotípicas entre los caracteres de producción y los indicadores reproductivos mostraron la misma tendencia, aunque de menor magnitud (Dematawewa y Berger, 1998, Veerkamp *et al.*, 2001; Muir *et al.*, 2004; VanRaden *et al.*, 2004).

Para Nueva Zelanda, las mejoras en el manejo de las vacas lecheras minimizaron desde el punto de vista fenotípico, los efectos negativos de la selección por mayor producción de leche (Grosshans *et al.*, 1997). Sin embargo, en Argentina las relaciones in-

formadas siempre fueron negativas (Piazza *et al.*, 1996; Melucci *et al.*, 1997, 2001; Marini y Oyarzabal, 1999, 2002; Molinuevo, 2005, 2006) y no se dispone aún de correlaciones genéticas publicadas.

Según Molinuevo (2005) en Nueva Zelanda los sistemas productivos son más homogéneos y los ajustan adecuadamente al potencial productivo de las vacas. En Argentina, el potencial genético de producción de las vacas probablemente sea superior al de Nueva Zelanda debido a la mayor influencia de semen norteamericano, pero ese alto potencial genético para producción de leche sólo puede ser sostenido con altos niveles alimenticios y adecuado manejo. Cualquier desajuste entre ambas variables conducirá a que esa supuesta ventaja se torne contraproducente por deteriorar los aspectos reproductivos de las vacas (Ponzoni, 1997; Molinuevo, 2005, 2006).

En cualquiera de los ambientes analizados, tanto en los intensivos como en los pastoriles, el efecto de una mejor dieta modificó la correlación fenotípica producción-fertilidad (Dematawewa y Berger, 1998; Grosshans *et al.*, 1997; Lucy, 2001; Molinuevo, 2005) sin modificar las relaciones genéticas.

Varios trabajos evaluaron las relaciones entre producción y reproducción a partir de líneas de selección divergentes en cuanto a producción de leche para la raza Holstein (Harrison *et al.*, 1990; Hageman *et al.*, 1991; Kelm *et al.*, 1997; Pryce *et al.*, 1999) y para la raza Jersey (Bonczek *et al.*, 1992). En todos los casos, las líneas de baja producción mostraron un mejor desempeño reproductivo que las de alta producción. Para el rodeo de la Universidad de Wisconsin, EEUU, Hageman *et al.* (1991) observaron que las vacas de la línea seleccionada por alta producción de leche tuvieron 3.6 y 3.8 d más de intervalo parto primer celo y parto primer servicio, respectivamente que las vacas de la línea control. Bonczek *et al.* (1992) citaron intervalos promedio parto a primer servicio y parto a concepción de 88 y 110 d en las vacas de las líneas seleccionadas por mayor producción y de 77 y 99 d, respectivamente, para las vacas de la línea control. Kelm *et al.* (1997) reportaron 165 y 152 d de intervalos partos a concepción para vacas de las líneas seleccionadas por mayor producción de leche y el control, respectivamente. Pryce *et al.* (1999) observaron que las vacas de la línea seleccionada por mayor producción de leche registraron 0.06 puntos menos en la tasa de concepción al primer servicio; 12, 11, 5 y 17 d más de intervalos entre partos, parto a primer celo, parto a primer servicio y parto a concepción, respectivamente, respecto de las vacas

Cuadro 2. Estimaciones de correlaciones genéticas y fenotípicas entre características de producción de leche y caracteres reproductivos de las vacas

	Correlación genética		
	kg Leche	kg Grasa	kg Proteína
IPC*	0.63 ¹	0.57 ¹	0.59 ¹
	0.16 ³	0.46 ³	0.33 ³
	0.17 ⁴	0.20 ⁴	0.11 ⁴
	0.27 ⁵	0.32 ⁵	0.29 ⁵
	0.42 ¹²	0.21 ¹¹	0.58 ¹⁴
	0.61 ¹⁴	0.52 ¹⁴	0.32 ¹⁵
IEP	0.38 ¹⁵	0.33 ¹⁵	0.53 ²
	0.74 ²	0.68 ²	0.25 ³
	0.27 ³	0.36 ³	0.14 ⁴
	0.16 ⁴	0.22 ⁴	0.28 ⁵
	0.40 ⁵	0.35 ⁵	0.57 ⁶
	0.61 ⁶	0.56 ⁶	0.67 ¹⁴
	0.51 ⁹	0.58 ¹⁴	
NSC	0.27 ¹⁰		
	0.67 ¹³		
	0.67 ¹⁴		
	0.44 ¹	0.419 ¹	0.42 ¹
	0.25 ⁵	0.25 ⁵	0.21 ⁵
	0.46 ⁸	0.24 ⁸	0.37 ⁸
IP1°S	0.06 ¹⁰	0.39 ¹⁴	0.54 ¹⁴
	0.12 ¹¹		
	0.48 ¹⁴		
	0.49 ²	0.21 ²	0.36 ²
	0.28 ⁵	0.21 ⁵	0.18 ⁵
I1°SC	-0.01 ^{7:8}	-0.08 ⁸	-0.09 ⁸
	0.49 ¹⁰	0.42 ¹⁴	0.51 ¹⁴
	0.53 ¹⁴		
0.31 ⁸	0.20 ⁸	0.27 ⁸	
	Correlación fenotípica		
	kg leche	kg grasa	kg proteína
IPC	0.29 ¹	0.27 ¹	0.28 ¹
	0.22 ⁵	0.20 ⁵	0.21 ⁵
	0.27 ¹³	0.17 ¹⁴	0.19 ¹⁴
	0.20 ¹⁴	0.09 ¹⁵	0.10 ¹⁵
IEP	0.11 ¹⁵		
	0.23 ⁵	0.20 ⁵	0.22 ⁵
	0.17 ⁹	0.16 ¹⁴	0.18 ¹⁴
	0.05 ¹⁰		
NSC	0.05 ¹³		
	0.19 ¹⁴		
	0.20 ¹	0.19 ¹	0.20 ¹
	0.15 ⁵	0.14 ⁵	0.16 ⁵
	0.04 ¹⁰	0.11 ¹⁴	0.13 ¹⁴
IP1°S	0.38 ¹¹		
	0.12 ¹⁴		
	0.11 ⁵	0.11 ⁵	0.11 ⁵
	0.32 ⁷	0.12 ¹⁴	0.13 ¹⁴
	0.04 ¹⁰		
	0.15 ¹⁴		

*IPC, intervalo parto concepción; IEP, intervalo entre partos; NSC, número de servicios por concepción; IP1°S, Intervalo parto 1° servicio; I1°SC, Intervalo primer servicio-concepción.

¹Dematawewa y Berger, 1998. ²Pryce *et al.*, 2001. ³Campos *et al.*, 1994 para Jersey. ⁴Campos *et al.*, 1994 para Holstein. ⁵Kadarmideen *et al.*, 2003. ⁶Pryce *et al.*, 2000. ⁷Royal *et al.*, 2002b. ⁸Berry *et al.*, 2003^a. ⁹Muir *et al.*, 2004; ¹⁰Wall *et al.*, 2003. ¹¹Badinga *et al.*, 1985; ¹²Pösö y Mänttysaari, 1996 para Ayrshire. ¹³Pryce *et al.*, 2002; ¹⁴Veerkamp *et al.*, 2001; ¹⁵VanRaden *et al.*, 2004.

de la línea control. Harrison *et al.* (1990) informaron resultados similares, además expresaron que la alta producción de leche sería antagónica en la expresión de la conducta del estro pero no en cambio para la reactivación de la función ovárica. Por su parte en los trabajos de Dunklee *et al.* (1994), Jones *et al.* (1994) y Rauw *et al.* (1998) se indicaron mayores problemas sanitarios y gastos sanitarios en las vacas de las líneas seleccionadas por alta producción de leche respecto a las líneas control.

Kolver *et al.* (2002) evaluaron dos biotipos lecheros: Holstein Friesian neozelandesa y Holstein de Norteamérica y de Holanda, agrupadas éstas dos últimas como «extranjeras», bajo dos condiciones de alimentación: en pastoreo y con dietas TMR. Observaron que en ambos ambientes, las vacas extranjeras registraron una mayor producción de leche acompañada por un menor desempeño reproductivo. Posteriormente Lucy (2005) atribuyó esas diferencias a la menor condición corporal de las vacas de Norteamérica como reflejo de una diferente priorización de nutrientes.

En Italia Gandini *et al.* (2007) compararon desde el punto de vista productivo y reproductivo a la raza Holstein con la raza local Reggiana de baja producción y observaron una diferencia de 10,7; 18,9 y 33,3 d más de intervalos parto primer servicio, parto a concepción y entre partos para la raza Holstein respecto de la local, atribuyendo parte de esa diferencia a la diferente historia selectiva de ambas razas. Probablemente las altas intensidades de selección para producción de leche aplicadas en Holstein durante muchas generaciones pudieron ocasionar una disminución en el comportamiento reproductivo.

Melucci *et al.* (1997) evaluaron la incidencia del nivel de producción de leche durante los primeros 90 d de lactancia sobre el intervalo entre el primer y segundo parto, para vacas procedente de un rodeo comercial de Tandil (Buenos Aires) caracterizado por encima del promedio zonal en cuanto a manejo reproductivo y nivel genético de los animales. Bajo las condiciones analizadas, los niveles de producción de leche (1686 ± 340 kg a los 90 d) no fueron indicativos de un gran impacto genético en producción de leche. Los extremos de alta y baja producción de leche mostraron los mayores intervalos entre partos por lo que se señaló que en las categorías de menor producción, ese mayor intervalo entre partos podría asociarse a una menor oferta de alimento por parte del tamero, justamente por tratarse de vacas con menores producciones. En cambio, en las categorías de mayor producción, al tratarse de sistemas pastoriles, pudieron no cubrirse la mayor demanda de requerimientos energéticos. Marini y Oyarzabal

(1999) analizaron registros productivos de 1346 vacas lecheras de once establecimientos en la Provincia de Santa Fé (Argentina) en el periodo 1987 a 1997. Dividieron las vacas dentro de cada tambo en tres grupos según niveles de producción en primera lactancia y observaron que a medida que la producción promedio por tambo aumentaba, también lo hacía el intervalo entre el primer y segundo parto (IEP) y por cada 100 L de aumento de la producción de leche, el IEP se extendió en promedio entre 2 y 13 d. En situaciones productivas diferentes, Marti y Funk (1994) analizaron información de 348,243 vacas de 5694 rodeos del estado de Wisconsin, EEUU. Dividieron dentro de cada rodeo las vacas en cuatro grupos según nivel de producción de leche y observaron que el intervalo parto a concepción (IPC) aumentó entre 1.1 a 1.3 d por cada 100 kg más de leche. Esta relación fue menor para los rodeos con alta producción, es decir que el antagonismo entre producción y reproducción fue más severo para los rodeos con menor producción que los de mayor producción.

Melucci *et al.* (2001) utilizaron 1698 registros de vacas Holando Argentino, en el periodo comprendido entre 1990 y 1995, perteneciente a siete rodeos del partido de Trenque Lauquen (Buenos Aires). La información fue categorizada en tres grupos por rodeo según nivel de producción de leche de las vacas en la primera lactancia. Observaron que las vacas del grupo con producción más baja, registraron su primer servicio posparto 33 y 15 d antes que las de los grupos de producción alta y media, respectivamente. Para el caso del intervalo parto a concepción, los autores registraron diferencias significativas entre grupos en dos de los cinco años de estudio. Las vacas con producciones más bajas requirieron menos dosis de semen que las vacas de los grupos medio y alto (1.78, 2.15 y 2.31 servicios por concepción, respectivamente).

Consideraciones fisiológicas que explicarían la asociación negativa entre producción de leche y reproducción

Al momento del parto se producen en el organismo de la vaca cambios fisiológicos importantes. El equilibrio hormonal destinado a mantener la gestación cesa abruptamente para dar lugar a la producción de leche y retorno al ciclo estral. Durante el período inmediatamente posterior al parto, los requerimientos de energía y proteína de la vaca aumentan hasta alcanzar y mantener la producción de leche dispuesta por el potencial genético. Las vacas que genéticamente están dotadas para tener altas producciones apuntan así a producir de acuerdo a su potencial, aun cuando no se le provean los alimentos que su metabolismo requiere.

En condiciones de déficit alimenticio, el organismo de esas vacas tiende a sacrificar otras funciones fisiológicas (como el retorno al ciclo estral) con tal de aproximarse a producir al nivel de su potencialidad. De esta manera, se producirían las fallas en el retorno al celo y la nueva concepción (Molinuevo, 2005).

Se indicó que la producción de leche, el consumo de alimento y el balance de energía, son rasgos heredables y que la selección por producción de leche incrementó el consumo y también incrementó la brecha existente entre energía requerida por el animal y el consumo de éste (Veerkamp, 1998; Veerkamp *et al.*, 2003). En general, las vacas lecheras experimentan un balance energético negativo al inicio de la lactancia porque el consumo de alimento no alcanza a cubrir los requerimientos energéticos para el mantenimiento y la producción de leche (Drackley, 1999; de Vries y Veerkamp, 2000). Para compensar este desequilibrio, movilizan reservas corporales (Butler *et al.*, 1981; Staples y Thatcher, 1990; Komaragiri y Erdman, 1997; Komaragiri *et al.*, 1998). Lucy (2005) señaló que la partición de nutrientes al inicio de la lactancia es el evento más importante que determinará el nivel de producción de leche. Cuanto más alto sea el potencial de producción de leche, más negativo será el balance energético en las vacas (Veerkamp *et al.*, 2000, 2003; Buckley *et al.*, 2000). En este sentido Veerkamp *et al.* (1994), determinaron que las vacas lecheras de alto mérito genético para producción de leche movilizaron más reservas corporales, sugiriendo que el uso de esas reservas durante la lactancia es el amortiguador al cual recurren los animales de alto mérito genético para afrontar esa adversidad nutricional.

Varios autores relacionaron al balance energético negativo con la fertilidad, indicando que al aumentar ese balance negativo, se deteriorarían aún más los rasgos de fertilidad (Butler *et al.*, 1981; Canfield *et al.*, 1990; Spicer *et al.*, 1990; Staples y Thatcher, 1990; Canfield y Butler, 1991; Nebel y McGilligard, 1993; Beam y Butler, 1998; de Vries y Veerkamp, 2000; Veerkamp *et al.*, 2000, 2003; Lucy, 2001; Pryce, 2002; Butler, 2003). Veerkamp *et al.* (2003) señalaron que aunque los caminos fisiológicos pueden diferir, los efectos inducidos del balance energético sobre la fertilidad serían similares a los efectos de la subnutrición. De esta manera, el éxito reproductivo de las vacas lecheras estaría estrechamente ligado a la partición de nutrientes (Lucy, 2005).

El balance energético de las vacas se puede estimar también a través de su condición corporal

(Veerkamp *et al.*, 2000; de Vries y Veerkamp, 2000; Buckley *et al.*, 2003) y es independiente del peso y del tamaño (Wildman *et al.*, 1982; Berry *et al.*, 2002). De acuerdo a Wildman *et al.* (1982), la condición corporal de las vacas es una medida subjetiva de las reservas de grasa y tejido que ellas poseen y se utiliza para monitorear y manejar el nivel nutricional y la salud del ganado lechero. De este modo, la pérdida de la misma se correlaciona con la movilización de reservas corporales (Komaragiri *et al.*, 1998; de Vries y Veerkamp, 2000).

Diversos trabajos indicaron que a medida que las vacas perdieron condición corporal su fertilidad disminuyó (Nebel y McGilligard, 1993; Domecq *et al.*, 1997; Pryce *et al.*, 2000, 2001, 2002; Dechow *et al.*, 2001, 2002, 2004; Royal *et al.*, 2002a, b; Berry *et al.*, 2003a, b; Buckley *et al.*, 2003; Veerkamp *et al.*, 2000, 2001, 2003).

Dado sus valores de heredabilidad (0.2 a 0.4), la condición corporal podría ser un criterio de utilidad en los programas de mejoramiento del desempeño reproductivo (Dechow *et al.*, 2001; Pryce *et al.*, 2001).

La selección genética para incrementar la producción de leche modificó el aspecto fenotípico de las vacas lecheras (Lucy, 2005), llevándolas a ser más delgadas (con menor condición corporal) durante la lactancia comparadas a las vacas lecheras tradicionales en EEUU (Hansen, 2000). Esa menor condición corporal de las vacas lecheras modernas reflejaría la predisposición genética para dirigir los nutrientes hacia la producción de leche, es decir que la regulación endocrina prioriza esta función (Lucy, 2005).

Kirkland y Gordon (2001) estudiaron los efectos del nivel de producción de leche en vacas lecheras Holstein-Friesian de alto mérito genético para producción de leche sobre la partición energética de los alimentos e indicaron la existencia de algún mecanismo endocrino que aseguraría el mantenimiento de la producción de leche. Por lo tanto, es de esperar que las vacas de mayor producción de leche en situaciones de balance energético negativo dispongan de un menor porcentaje de la energía para sus funciones reproductivas dado que la mayor proporción de esa energía se dirigirá a la producción de leche. En concordancia con esto, otros autores indicaron que la demanda de energía para la producción de leche inhibiría los cambios hormonales que permiten que las vacas se preñen (Canfield *et al.*, 1990; Spicer *et al.*, 1990; Canfield y Butler, 1991; Nebel y McGilligard, 1993; Beam y Butler, 1998; Butler, 2003; Lucy, 2001; Veerkamp *et al.*, 2003).

Desajustes entre el potencial animal y el sistema de producción

La falta de ajuste entre el potencial del animal con el sistema de producción o el uso de animales seleccionados de un ambiente diferente al cual serán utilizados, podría ocasionar la presencia de una interacción genotipo por ambiente (GxA), la cual implica que el mejor genotipo de un ambiente no se comportará de igual manera en otro ambiente diferente, o sea que el orden de actuación de los genotipos se modifica al cambiar el medio (Falconer y Mackay, 1996). Aún puede existir interacción cuando manteniéndose el mismo orden de los genotipos, las diferencias en el comportamiento de ellos no son constantes de un ambiente a otro. Según Falconer (1952) un carácter medido en dos ambientes distintos debiera ser considerado como dos caracteres distintos. Los mecanismos fisiológicos serían en parte diferentes y, en consecuencia, los genes requeridos para el buen comportamiento productivo serían también en cierta medida diferentes.

La interacción con el ambiente se puede controlar mediante insumos externos en los sistemas intensivos. Como resultado de la selección genética y del aumento del potencial de producción de leche, deben mejorarse simultáneamente las condiciones ambientales brindadas a los animales. Sin embargo, en los sistemas de producción lechera de bajos costos de producción, basados principalmente en el aprovechamiento de recursos naturales, la modificación del ambiente no es compatible con la realidad y viabilidad económica de la empresa (Ponzoni, 1997; Molinuevo, 2001). Según Ponzoni (1997), es importante trabajar con genotipos que estén en armonía con el ambiente aunque podrían permitirse moderados ajustes del genotipo y del ambiente de manera que resulten en mayor producción y rentabilidad.

En los tres años que duró la experiencia de Kolver *et al.* (2002) en Nueva Zelanda, en condiciones de pastoreo, la diferencia entre la producción de leche entre las vacas denominadas como extranjeras (OS) y las vacas lecheras Holstein Friesian neozelandesas (NZ) fue de 582 kg/vaca pero cuando se evaluaron en condiciones de TMR, esa diferencia se incrementó a 2.793 kg/vaca. El rendimiento de sólidos totales resultó prácticamente igual en condiciones en pastoreo. Sin embargo, en condiciones de las dietas TMR, las producción de sólidos totales fue de 118 kg/vaca mayor para las vacas OS. En condiciones de pastoreo las vacas NZ fueron más eficientes en la producción de sólidos totales, ganaron 64 kg durante la lactancia y mostraron 54.4% más tasa de preñez que las vacas

OS. En condiciones de TMR las vacas NZ ganaron 15 kg más durante la lactancia y mostraron 14.3% más tasa de preñez que las vacas OS. En el trabajo de Kolver *et al.* (2000), que correspondió al inicio del trabajo de Kolver *et al.* (2002) detectaron una interacción genotipo por dieta para la ganancia de peso vivo durante la lactancia. Las vacas NZ en condiciones de pastoreo ganaron 54.9 kg, mientras que con dietas TMR ganaron 123.1 kg. En el caso de las vacas OS la ganancia de peso vivo durante la lactancia fue de 22.1 y 139.3 kg/vaca en las condiciones de pastoreo y TMR, respectivamente.

Si bien el sistema de producción lechero de Argentina no es el mismo que el de Nueva Zelanda, ofrece condiciones similares ya que son en general restrictivas para una alta producción de leche por vaca. Por lo tanto, para el caso de Argentina donde se utiliza un tipo de vaca que proviene mayoritariamente de padres seleccionados en sistemas intensivos y luego se le ofrece un sistema en pastoreo con algún nivel de suplementación, sería esperable algún tipo de interacción GxA.

Autores como Kearney *et al.* (2004a, b), Weigel *et al.* (1999) y Boettcher *et al.* (2003), no encontraron interacciones genotipo por ambiente e indicaron que no se justificaría planificar pruebas de progenie distintas para toros pertenecientes a diferentes sistemas productivos (pastoriles y confinados), ya que las pruebas realizadas en condiciones de confinamiento asegurarían un buen progreso genético en condiciones de pastoreo. Ahora bien, para poder interpretar estos resultados se debe analizar las condiciones en las cuales se llevaron a cabo los trabajos. En esos trabajos se denominó «pastoril» a aquél sistema en el cual el animal consumió pasturas durante seis meses del año. Esta situación es muy diferente al manejo pastoril de Argentina y por lo tanto no se pueden extrapolar dichas conclusiones.

En los sistemas intensivos los animales son alimentados para que produzcan de acuerdo a su potencial y la selección genética apunta a incrementar dicho potencial genético. En los sistemas de pastoreo resulta imposible ejercer un control ambiental igual o cercano al que se realiza en los intensivos. De esta manera, al utilizar animales provenientes de sistemas intensivos en las condiciones de pastoreo se da un grave desencuentro entre los requerimientos del nuevo genotipo y los que el ambiente puede ofrecer (Ponzoni, 1997; Molinuevo, 2001). Molinuevo (1998) advirtió que al nivel de evolución actual de las razas, el incremento del potencial productivo individual resulta perjudicial para la productividad en los

sistemas en pastoreo, ya que este sistema no alcanza a sostener altas productividades individuales, afectando el comportamiento reproductivo de los animales. Es por esto que, no sería deseable llegar a niveles tan altos de producción, sino que debería procurarse conseguir un grado de mejora que resulte compatible con el ambiente en que se pretende crear la versión mejorada de la raza (Ponzoni, 1997). Es así que Molinuevo (1998, 2001) destacó la importancia de fijar objetivos de selección que tiendan a producir animales con características productivas equilibradas y alta capacidad reproductiva para mejorar la productividad total del rodeo, constituyendo la mejor muestra de adaptación al ambiente.

Consideraciones finales

A medida que aumenta el potencial de producción de leche como resultado de la selección genética se observa un deterioro de los índices reproductivos. En los sistemas en pastoreo resulta imposible ejercer un control ambiental igual o cercano al que se realiza en los sistemas intensivos y al utilizar animales provenientes de esos sistemas intensivos en las condiciones en pastoreo se produce un grave desencuentro entre los requerimientos del nuevo genotipo y los que el ambiente puede ofrecer. El incremento

Si bien los objetivos de selección más importantes en ganado lechero consistieron en buscar la mayor producción de leche por animal, considerar varios aspectos simultáneamente implicaría disminuir la respuesta individual en cada carácter, pero la aplicación de un índice apropiado, permitirá maximizar el beneficio económico (Ponzoni, 1997). Este autor sugirió que en los objetivos de selección deberían incluirse no sólo rasgos asociados con mayores ingresos, sino también aquellos asociados con los costos de producción de la empresa y Molinuevo (1998) mencionó además la importancia de priorizar los caracteres reproductivos ya que ellos se asocian con el ajuste de la población al medio productivo y con la productividad de los rodeos.

del potencial productivo individual resultaría perjudicial para la productividad en los sistemas en pastoreo, ya que este sistema no alcanza a sostener altas productividades individuales, afectando el comportamiento reproductivo de los animales. Se visualiza como primordial la fijación de objetivos de selección que tiendan a producir animales con características productivas equilibradas y alta capacidad reproductiva para mejorar la productividad total de los rodeos.

Literatura Citada

- Ahlborn, G. and L. Dempfle. 1992. Genetic parameters for milk production and body size in New Zealand Holstein-Friesian and Jersey. *Livest. Prod. Sci.* 31: 205-219.
- Andere, C.I., M. T. Domínguez, E. M. Rodríguez, y D. E. Casanova. 1997. Aspectos productivos y reproductivos en la descripción de sistemas tamberos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(Sup 1): 276-277.
- Animal Evaluation. 2005. New Zealand Animal Evaluation Limited. Annual Activity Record for Dairy Insight 2005. <http://www.aeu.org.nz> [consulta: agosto 2006]
- Badinga, L., R. J. Collier, and W. W. Thatcher. 1985. Interrelationships of milk yield, body weight, and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 68:1828-1831.
- Beam, S. W. and W. R. Butler. 1998. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J. Dairy Sci.* 81:121-131.
- Beltramino, F. E. y J. A. Thomas. 1998. Simulación del efecto de la tasa reproductiva y longevidad en los reemplazos lecheros. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18(Sup. 1): 290.
- Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2002. Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:2030-2039.
- Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2003a. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2193-2204.
- Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2003b. Genetic parameters for body condition score, body weight, milk yield, and fertility estimated using random regression models. *J. Dairy Sci.* 86:3704-3717.
- Boettcher, P. J., J. Fatehi, and M. M. Schutz. 2003. Genotype × environment interactions in conventional versus pasture-based dairies in Canada. *J. Dairy Sci.* 86:383-389.
- Bonczek, R. R., D. O. Richardson, E. D. Moore, R. H. Miller, J. A. Owen, H. H. Dowlen, and R. Bell. 1992. Correlated responses in reproduction accompanying selection for milk yield in Jerseys. *J. Dairy Sci.* 75:1154-1160.

- Bousquet, D., E. Bouchard, and D. D. Tremblay. 2004. Decreasing fertility in dairy cows: myth or reality? 23. World Buiatrics Congress. Québec, Canada, July 11-16, 2004.
- Buckley, F., P. Dillon, S. Crosse, F. Flynn, and M. Rath. 2000. The performance of Holstein-Friesian dairy cow of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livest. Prod. Sci.* 64: 107-119.
- Buckley, F., K. O. Sullivan, J. F. Mee, R. D. Evans, and P. Dillon. 2003. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86:2308-2319.
- Burton, L. and B. Harris. 1999. Reproductive performance and genetic improvement of fertility in dairy cattle. *Dairy Farming Annual*, Massey University 51: 59-68.
- Butler, W. R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81:2533-2539.
- Butler, W. R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83:211-218.
- Butler, W. R., R. W. Everett, and C. E. Coppock. 1981. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 53:743-748.
- Campos, M. S., C. J. Wilcox, C. M. Becerril, and A. Diz. 1994. Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida. *J. Dairy Sci.* 77:867-873.
- Canfield, R. W. and W. R. Butler. 1991. Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.* 69:740-746.
- Canfield, R. W., C. J. Sniffen, and W. R. Butler. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73:2342-2349.
- Casanova, D., C. I. Andere, y E. M. Rodríguez. 2005. Aspectos prácticos del mejoramiento genético en el ganado lechero. 5ta Jornada Abierta de Lechería. Facultad de Agronomía - UBA. Buenos Aires, Argentina. 5 de octubre. pp 1-11.
- Clark, D. A. and F. Jans. 1995. High forage use in sustainable dairy systems. In: M. Journet, E. Grenet, M. H. Farce, M. Thériez, C. Demarquilly (Eds.) *Recent developments in the nutrition of herbivores*. Proc. 4th Intl Symp. Nutrition of Herbivores. INRA Editions, Paris. pp 497-526.
- Dairy Statistic. 2004-2005. Livestock Improvement Corporation Limited. Hamilton, New Zealand. s.p.
- Darwash, A. O., G. L. Ward, G. E. Lamming, and J. A. Woolliams. 1999. The effects of raising post-oestrus progesterone concentrations on luteal activity in post-partum dairy cows. *Brit. Soc. Anim. Sci.* 68:527-532.
- de Vries, M. J. and R. F. Veerkamp. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83:62-69.
- 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.
- Dechow, C. D., G. W. Rogers, and J. S. Clay. 2002. Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 85:3062-3070.
- Dechow, C. D., G. W. Rogers, L. Klei, T. J. Lawlor, and P. M. Vanraden. 2004. Body condition scores and dairy form evaluations as indicators of days open in US Holsteins. *J. Dairy Sci.* 87:3534-3541.
- Dematawewa, C. M. and P. J. Berger. 1998. Genetic and phenotypic parameters for 305-day yield, fertility, and survival in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 81:2700-2709.
- Domecq, J. J., A. L. Skidmore, J. W. Lloyd, and J. B. Kaneene. 1997. Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:113-120.
- Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82:2259-2273.
- Dunklee, J. S., A. E. Freeman, and D. H. Kelley. 1994. Comparison of Holsteins selected for high and average milk production. 2. Health and reproductive response to selection for milk. *J. Dairy Sci.* 77:3683-3690.
- Falconer, D. S. 1952. The problem of environment and selection. *Am. Nat.* 86:293-298.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*, (4^a Ed.) Addison Wesley Longman Limited. Edinburgh Gate, Harlow. England. 469 p.
- Fatehi, J., J. Jamrozik, and L. R. Schaeffer. 2006. Phenotypic and genetic trends in Canadian Holstein female reproductive traits. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. CD. August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil. s.p.
- Gandini, G., C. Maltecca, F. Pizzi, A. Bagnato, and R. Rizzi, 2007. Comparing local and commercial breeds on functional traits and profitability: The case of Reggiana dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 90:2004-2011.
- García, X., J. C., Magofke, H. González y A. Gargiullo. 2001. Parámetros genéticos en bovinos e leche. II. Estimaciones realizadas en un sistema de pastoreo con parición de primavera (X Región, Chile). *Publicación del Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Av. Prod. Anim.* 26 (1/2): 49-62.
- González-Recio, O. and R. Alenda. 2005. Genetic parameters for female fertility traits and a fertility

- index in Spanish dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88:3282-3289.
- Grosshans, T., Z. Z. Burton, D. L. Johnson, and K. L. Macmillan. 1997. Performance and genetic parameters for fertility of seasonal dairy cow in New Zealand. *Livest. Prod. Sci.* 51:41-51.
- Hageman, W. H., G. E. Shook, and W. J. Tyler. 1991. Reproductive performance in lines selected for high or average milk yield. *J. Dairy Sci.* 74:4366-4376.
- Hansen, L. B. 2000. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J. Dairy Sci.* 83:1145-1150.
- 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.
- Hare, E., H. D. Norman, and J. R. Wright. 2006. Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds. United States. *J. Dairy Sci.* 89:365-370.
- Harris, B. L. and E. S. Kolver. 2001. Review of Holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.): E56-E61.
- Harris, B. L., A. M. Winkelman, and L. J. Burton. 2000. Comparisons of fertility measures in strains of Holstein-Friesian cows and their crosses. *Massey Dairy Farm. Annu.*
- Harrison, R. O., S. P. Ford, J. W. Young, A. J. Conley, and A. E. Freeman. 1990. Increased milk production versus reproductive energy status of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:2759.
- Hayes, J. F., R. I. Cue, and H. G. Monardes. 1992. Estimates of repeatability of reproductive measures in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75:1701-1706.
- Jairath, L. K., J. F. Hayes, and R. I. Cue. 1995. Correlations between first lactation and lifetime performance traits of Canadian Holstein. *J. Dairy Sci.* 78:438-448.
- Jamrozik, J., J. Fatehi, G. J. Kistemaker, and L. R. Schaeffer. 2005. Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. *J. Dairy Sci.* 88:2199-2208.
- Jones, W. P., L. B. Hansen, and H. Chester-Jones. 1994. Response of health care to selection for milk yield of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 77:3137-3152.
- Kadarmideen, H. N., R. Thompson, M. P. Coffey, and M. A. Kossaibati. 2003. Genetic parameters and evaluations from single and multiple-trait analysis of dairy cow fertility and milk production. *Livest. Prod. Sci.* 81:183-195.
- Kearney, J. F., M. M. Schutz, P. J. Boettcher, and K. A. Weigel. 2004a. Genotype x environment interaction for grazing versus confinement. I. Production traits. *J. Dairy Sci.* 87:501-509.
- Kearney, J. F., M. M. Schutz, P. J. Boettcher, and K. A. Weigel. 2004b. Genotype x environment interaction for grazing versus confinement. II. Health and reproduction traits. *J. Dairy Sci.* 87:510-516.
- Kelm, S. C., A. E. Freeman, and D. H. Kelley. 1997. Realized versus expected gains in milk and fat production of Holstein cattle, considering the effects of days open. *J. Dairy Sci.* 80:1786-1794.
- Kirkland, R. M. and F. J. Gordon. 2001. The effects of milk yield and stage of lactation on the partitioning of nutrients in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:233-240.
- Kolver, E. S. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proc. Nutr. Soc.* 62:291-300.
- Kolver, E. S., A. R. Napper, P. J. A. Copeman, and L. D. Muller. 2000. A comparison of New Zealand and overseas Holstein Friesian heifers. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 60:265-269.
- Kolver, E. S., J. R. Roche, M. J. De Veth, P. L. Thorne, and A. R. Napper. 2002. Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet interaction dairy cow performance. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 62: 246-251.
- Komaragiri, M. and R. A. Erdman. 1997. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein. *J. Dairy Sci.* 80:929-937.
- Komaragiri, M. V. S., D. P. Casper, and R. A. Erdman. 1998. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. *J. Dairy Sci.* 81:169-175.
- Lobo, C. H. and F. R. Allaire. 1995. The effect of alternative economic and genetic covariation structures on the relative economic gain from selection using stayability traits. *J. Dairy Sci.* 78:2299-2307.
- Lucy, M. C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293.
- Lucy, M. C. 2005. Fertility traits in New Zealand versus North American Holsteins. *Adv. Dairy Technol.* 17: 311.
- Marini, P. R. y M. I. Oyarzabal, 1999. Producción de leche e intervalo parto-parto en vacas Holando. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 19(3-4):425-433.
- Marini, P. R. y M. I. Oyarzabal. 2002. Patrones de producción de vacas lecheras. 1. Componentes de la producción y sus características según nivel de producción. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22(1):29-46.
- Marti, C.F. and D. A. Funk. 1994. Relationship between production and days open at different levels of herd production. *J. Dairy Sci.* 77:1682-1690.
- Melucci, L. M., A. M. Sieghart y R. García Boissou. 2000. Producción de leche y parámetros reproductivos en vaquillonas Holando Argentino. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20(Sup. 1): 257-258.

- Melucci, L. M., A. M. Sieghart y R. García Boissou. 2001. Producción de leche y parámetros reproductivos en vacas Holando Argentino. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 21(1):43-52.
- Melucci, L. M., A. M. Sieghart, C. A. Mezzadra, A. M. Piazza y C. Andere. 1997. Intervalo entre el primer y segundo parto en relación a la producción de leche en vacas Holando Argentino de primera lactancia. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(Sup. 1): 203.
- Milk Prices. 2004. LTO, International comparison of producer prices for milk. www.milkprices.com [consulta: abril 2007]
- Miller, P., L. D. Van Vleck, and C. R. Henderson. 1967. Relationships among herd life, milk production, and calving interval. *J. Dairy Sci.* 50:1283-1287.
- Molinuevo, H. A. 2005. Selección de bovinos lecheros para el sistema en pastoreo. En: H. A. Molinuevo (Ed.) *Genética bovina y producción en pastoreo*. INTA, Argentina. pp. 283-315.
- Molinuevo, H. A. 1998. Selección de bovinos para sistemas de producción en pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18, (3-4):227-245.
- Molinuevo, H. A. 2001. La vulnerabilidad de la selección genética clásica en sistemas de producción en pastoreo. *Est. Exp. Agropec. INTA. Balcarce, Bol. Téc.* 153. 19 p.
- Molinuevo, H. A. 2006. Análisis sistémico de la selección genética bovina para el sistema en pastoreo. En: H. A. Molinuevo (Ed.) *Parámetros productivos de la población lechera argentina*. Est. Exp. Agropec. INTA. Balcarce, 84 p.
- Moore, R.K., B. W. Kennedy, L. R. Schaeffer, and J. E. Moxley. 1992. Relationships between age and body weight at calving, feed intake, production, days open, and selection indexes in Ayrshires and Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75:294-306.
- Muir, B. L., J. Fatehi, and L. R. Schaeffer, 2004. Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first-lactation Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 87:3029-3037.
- NAHMS, 2002a. Dairy 2002. Part I: Reference of dairy health and management in the United States. Rep. N377.1202. National Animal Health Monitoring System, Animal and Plant Health Inspection Service (NAHMS), USDA, Fort Collins, CO. www.aphis.usda.gov [consulta: abril 2007]
- NAHMS, 2002b. Dairy 2002. Part II: Changes in the United States dairy industry, 1991-2002. Rep. N399.0603. National Animal Health Monitoring System, Animal and Plant Health Inspection Service (NAHMS), USDA, Fort Collins, CO. www.aphis.usda.gov [consulta: abril 2007]
- Nebel, R. L. and M. L. McGilliard, 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3257-3268.
- Philipsson, J. 1981. Genetic aspects of female fertility in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 8:307-319.
- Philipsson, J. and B. Lindhé. 2003. Experiences of including reproduction and health traits in Scandinavian dairy cattle breeding programmes. *Livest. Prod. Sci.* 83:99-112.
- Piazza, A. A., H. A. Molinuevo, L. M. Melucci, y A. A. Pissani. 1997. Producción y permanencia de vacas lecheras en sistemas pastoriles. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(Supl. 1):274-275.
- Piazza, A. M., H. A. Molinuevo, L. M. Melucci, y A. A. Pissani. 1996. Descripción productiva preliminar de una población lechera de la cuenca Mar y Sierras. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16(Sup. 1): 32-33.
- Ponzoni, R. W. 1997. Genotipo y ambiente: ¿Cuál es la combinación adecuada?. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(3): 227-239.
- Pösö, J. and E. A. Manttysaari. 1996. Genetic relationships between reproductive disorders, operational days open and milk yield. *Livest. Prod. Sci.* 46:41-48.
- Pryce, J. E. 2002. Reproductive performance: A literature review. In: B. L. Harris, J. E. Pryce and D. L. Johnson (Eds.) *The economics of dairy cow fertility*. Livestock Improvement Corporation, Hamilton, New Zealand. pp 54.
- 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.
- Pryce, J. E., M. P. Coffey, and G. Simm. 2001. The relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 84:1508-1515.
- Pryce, J. E., M. P. Coffey, S. H. Brotherstone, and J. A. Woolliams. 2002. Genetic relationships between calving interval and body condition score conditional on milk yield. *J. Dairy Sci.* 85:1590-1595.
- Pryce, J. E., B. L., Nielsen, R. F. Veerkamp, and G. Simm. 1999. Genotype and feeding system effects and interactions for health and fertility traits in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 57:193-201.
- Pryce, J. E., M. D. Royal, P. C. Garnsworthy, and I. L. Mao. 2004. Fertility in the high-producing cows. *Livest. Prod. Sci.* 86:125-135.
- Rauw, W. M., E. Kanis, E. N. Noordhuizen-Stassen, and F. J. Grommers. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: A review. *Livest. Prod. Sci.* 56:15-33.
- Rekik, B. and F. R. Allaire, 1993. Contribution of stayability records to the accuracy of selection for improved production value and herd life. *J. Dairy Sci.* 76:2299-2307.
- Royal, M. D., A. P. F. 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.

- 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.
- SENASA. 2002. <<http://www.senasa.gov.ar>> [consulta: marzo 2008]
- Spicer, L. J., W. B. Tucker, and G. D. Adams. 1990. Insulin-like growth factor in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J. Dairy Sci.* 13:929-931.
- Staples, C. R. and W. W. Thatcher, 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cow. *J. Dairy Sci.* 73:938-947.
- USDA, 2004a. Milk cows and production. Final estimates 1998-2002. April 2004. National Agricultural Statistics Service, USDA. Statistical Bull. Num. 988. 32 p. <http://www.nass.usda.gov> [consulta: marzo 2007]
- USDA, 2004b. Milk disposition and income. Final estimates 1998-2002. May 2004. National Agricultural Statistics Service, USDA. Statistical Bull. Num. 996. 25 p. <http://www.nass.usda.gov> [consulta: marzo 2007]
- Van Dorp, T. E., J. C. M., Dekkers, S. W. Martin, and J. P. T. M. Noordhuizen. 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 81:2264-2270.
- VanRaden, P. M. and G. R. Wiggans, 1995. Productive life evaluations: calculation, accuracy and economic value. *J. Dairy Sci.* 78:631-638.
- VanRaden, P. M., A. H. Sanders, M. E. Tooker, R. H. Miller, H. D. Norman, M. T. Kuhn, and G. R. Wiggans. 2004. Development of a national genetic evaluation for cowfertility. *J. Dairy Sci.* 87:2285-2292.
- Veerkamp, R. F. 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81:1109-1119.
- Veerkamp, R. F., B. Beerda, and T. Van Der Lende. 2003. Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and possible links to reduced fertility. *Livest. Prod. Sci.* 83:257-275.
- Veerkamp, R. F., E. P. C. Koenen, and G. De Jong. 2001. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. *J. Dairy Sci.* 84:2327-2335.
- 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.
- Veerkamp, R. F., G. Simm, and J. D. Oldham. 1994. Effects of interaction between genotype and feeding system on milk production, feed intake, efficiency and body tissue mobilisation in dairy heifers. *Livest. Prod. Sci.* 39:229-241.
- Vera, M. M. y A. L. Cuatrin. 2006. Tendencias genéticas en vacas lecheras de la EEA Rafaela. 29 Congreso Argentino de Producción Animal. 18 al 20 de octubre de 2006. Mar del Plata. Argentina. GM 2.
- Wall, E., S. Brotherstone, J. A. Woolliams, G. Banos, and M. P. Coffey. 2003. Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. *J. Dairy Sci.* 86:4093-4102.
- 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.
- Weigel, K. A., T. Kriegl, and A. L. Pohlman, 1999. Genetic analysis of dairy cattle production traits in a management intensive rotational grazing environment. *J. Dairy Sci.* 82:191-195.
- Wildman, E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner, and R. L. Bowman. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495-501.