

Indices de máximo beneficio económico para la selección de sementales Holstein en México

Hugo H. Montaldo*
Jeffrey F. Keown**
L. Dale van Vleck***
Vurt P. van Tassell†

Abstract

Indexes to maximize profit from artificial insemination for Holstein sire selection were developed. Weights were obtained from a model of profit with continuous selection from biological and economic parameters in dairy herds of Mexico. The profit index for a 10-year investment horizon was $IB_{10} = 2.14 \text{ milk price per kg PTAL}_{\text{MEX}} - 19.92 \text{ semen price per dose}$. $PTAL_{\text{MEX}}$ is the predicted transmitting ability for milk production in Mexico. The profit index for a 20-year horizon was $IB_{20} = 5.80 \text{ milk price per kg PTAL}_{\text{MEX}} - 32.12 \text{ semen price per dose}$. The economic value of one kg of $PTAL_{\text{MEX}}$ for a 10-year horizon was 0.107 milk price per kg, and the value for a 20-year horizon was 0.181 milk price per kg. Aspects related to the application of the index with bulls evaluated in Mexico and other countries are discussed.

KEY WORDS: Dairy cattle, Mexico, International sire selection, Profit, Economic index.

Resumen

Se desarrollaron índices para maximizar el beneficio económico en la selección de sementales Holstein para inseminación artificial. Las ponderaciones se obtuvieron a partir de un modelo del beneficio económico con selección continua, a partir de parámetros biológicos y económicos del proceso de selección en hatos productores de leche en México. El índice de beneficio para 10 años de horizonte de inversión fue $IB_{10} = 2.14 \times \text{precio por kg de leche} \times PTAL_{\text{MEX}} - 19.92 \times \text{precio por dosis de semen}$. $PTAL_{\text{MEX}}$ es la capacidad predicha transmisible (*predicted transmitting ability*) para la producción de leche en México. El índice de beneficio para 20 años de horizonte de inversión fue $IB_{20} = 5.80 \times \text{precio por kg de leche} \times PTAL_{\text{MEX}} - 32.12 \times \text{precio por dosis de semen}$. El valor económico de un kg de $PTAL_{\text{MEX}}$ para un horizonte de 10 años fue $0.107 \times \text{precio por kg de leche}$, el valor para 20 años fue $0.181 \times \text{precio por kg de leche}$. Se discuten aspectos relativos a la aplicación del índice con toros evaluados en México y otros países.

PALABRAS CLAVE: Bovinos productores de leche, México, Selección internacional de sementales, Beneficio, Indices económicos

Recibido el 1 de junio de 1998 y aceptado el 6 de noviembre de 1998.

*Department of Rural Science, University of New England, Armidale, NSW 2351, Australia. En estancia de investigación del Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato, 36500, México.

**Department of Animal Science, University of Nebraska, Lincoln, NE 68583, USA.

***R. L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center, ARS-USDA, Lincoln, NE 68583, USA.

†Animal Improvement Programs Laboratory, ARS-USDA, Beltsville, MD 20705, USA.

Introducción

El uso de sementales con evaluaciones superiores para características económicamente importantes evaluados a nivel nacional o en otros países, permite incrementar el nivel productivo de la población de vacas. Sin embargo, un uso racional del material genético disponible a nivel comercial para la inseminación artificial requiere del uso de índices que permitan comparar el valor económico del semen con su costo, de tal manera que el beneficio económico neto para los usuarios se vea maximizado.^{1,2}

En los últimos 25 años, ha ocurrido a nivel internacional un importante intercambio de semen de toros Holstein.^{3,4} Además, sistemas confiables para transformar los valores genéticos estimados (EBV) en un país en "equivalentes" de expresión genética esperada en un segundo país, se han desarrollado por INTERBULL (*International Bull Evaluation Service*) con el procedimiento MACE (*Multitrait Across Country Evaluation*)⁵ y otras agencias. Esto confiere al mercado actual de semen para inseminación artificial una característica internacional. Este estudio tiene como objetivo desarrollar índices que permitan maximizar el beneficio económico esperado en México de la selección de toros Holstein, evaluados por progenie o ancestros (pedigrí) con base en la *predicted transmitting ability*, o capacidad predicha transmisible para la producción de leche (PTAL); asimismo, discutir posibles extensiones del método a sementales evaluados en otros países, otras características y para controlar el riesgo.

Algunos desarrollos previos de índices de selección de toros para la inseminación artificial han utilizado el método de flujo genético descontado (*discounted gene flow*).⁶ En este estudio se adoptó un modelo de selección continua,^{7,8} que puede ser más adecuado para describir el balance financiero y el riesgo asociado con el valor económico de la respuesta genética y el costo del semen para ganaderos tomando decisiones con un horizonte fijo de inversión.^{9,10}

Material y métodos

Índices económicos

El índice económico (I) se define en forma general como $\mathbf{v}'\mathbf{EBV}$; es decir, el producto del vector de ponderaciones económicas \mathbf{v} y el vector de valores genéticos estimados \mathbf{EBV} , expresados en unidades y base locales. En este estudio, \mathbf{I} para un semental evaluado en México para la producción de leche es: $\mathbf{I} = 0.27 \times \text{PTAL}_{\text{MEX}} \times 2$, cuando $\mathbf{v}' = 0.27$, el precio por kg de leche en dólares y $\mathbf{EBV} = \text{PTAL}_{\text{MEX}} \times 2$. En el caso de evaluaciones de sementales en otros países, se requiere estimar previamente PTAL_{MEX}

a partir de las ecuaciones de conversión. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América (USDA) ha calculado ecuaciones para convertir evaluaciones de sementales en Canadá y Estados Unidos de América en 1996 a evaluaciones mexicanas.*

Modelo de simulación

El modelo simuló fenotipos individuales de hembras, e incluyó el efecto genético aditivo del animal, un efecto ambiental permanente y un efecto ambiental temporal, los que fueron considerados aleatorios. La característica expresada en la población fue el índice económico (\mathbf{I}). Los parámetros genéticos y fenotípicos fueron obtenidos a partir del vector de ponderaciones económicas (\mathbf{v}) de las características incluidas en el índice y de las matrices de varianzas y covarianzas genética aditiva (\mathbf{G}), de ambiente permanente (\mathbf{P}) y de ambiente temporal (\mathbf{T}), como sigue:

$$\text{Heredabilidad } (h^2) = \mathbf{v}'\mathbf{G}\mathbf{v}/\mathbf{v}'\mathbf{F}\mathbf{v} \text{ con } \mathbf{F} = \mathbf{G} + \mathbf{P} + \mathbf{T}$$

$$\text{Repetibilidad } (re) = \mathbf{v}'(\mathbf{G} + \mathbf{P})\mathbf{v}/\mathbf{v}'\mathbf{F}\mathbf{v}$$

En este estudio que incluyó una sola característica en el índice económico, las matrices y vectores fueron escalares. La metodología es susceptible de ser utilizada en casos multivariados,¹⁰ por lo que se describe aquí en forma general. Los valores de \mathbf{G} , \mathbf{P} y \mathbf{T} se obtuvieron de Montaldo y Torres¹¹ y Stanton *et al.*¹² La ponderación económica (\mathbf{v}), es el precio promedio recibido por el productor por kg de leche. El fenotipo de una progenie se obtuvo como el promedio del valor genético de los padres más la desviación mendeliana, el efecto del ambiente permanente y el efecto del ambiente temporal.

El beneficio esperado se obtuvo con el promedio de 10 000 réplicas de un hato con 1 000 vacas y utilizando un semental distinto por año. La respuesta a la selección se calculó reemplazando cada año una proporción promedio de 0.28 vacas, con hembras hijas de toros seleccionados cada año con un valor de índice \mathbf{I} . No hubo selección dentro del hato. Montaldo¹⁰ describe en detalle la metodología de simulación para generar los valores fenotípicos de las vacas del hato con este modelo de simulación.

Evaluación económica

Los resultados del índice económico fueron expresados como respuesta económica neta acumulada descontada al a -ésimo año (R_a), como:

$$R_a = I_a \times (12/\text{ip}) \times \text{net} [1/(1 + d)]^a + R_{a-1}$$

donde: I_a es el índice económico promedio del hato, obtenido por simulación para el a -ésimo año

ip es el intervalo entre partos en meses

net es la proporción beneficio neto/beneficio bruto sobre los costos de alimentación d es la tasa de interés real.

*Powell, comunicación personal, 1998, Beltsville, MD 20705, USA.

El índice económico de los sementales (IS_a), usados el año a , fue:

$$IS_a = I + IC + I \times (a-1)$$

donde: I es el índice promedio de los sementales

IC es una corrección para la diferencia del valor genético promedio de la población de vacas en 1996 y la base genética del índice I es la tendencia genética por año del índice económico, basado en la tendencia genética anual de la población Holstein de Estados Unidos de América para la producción de leche entre 1989 y 1993 expresada como I^{10} .

Se usaron extrapolaciones lineales, a partir de la tendencia genética observada en México y la estructura de edad en la población de hembras, para corregir la diferencia entre la base genética y la media del valor genético de las vacas.¹⁰ La estructura de edad utilizada en este estudio fue similar a la descrita por Dekkers y Shook.⁹ Los parámetros de la población de hembras fueron obtenidos del USDA.*

El costo acumulado descontado del semen para el a -ésimo año (C_a) fue:

$$C_a = ndo \times cos \times [1/(1+d)]^a + C_{a-1}$$

donde: ndo es el número de dosis requeridas para producir una hembra de reemplazo considerando la tasa de fertilidad, y supervivencia hasta la edad de reemplazo

cos es el costo de una dosis de semen en dólares norteamericanos

d es la tasa de interés real.

Los valores de los parámetros fueron: $I = 21.36$, $IC = -161.60$, $v = 0.27$, $G = 295$, $P = 442$, $T = 604$, $ip = 13.3$, $net = 0.70$, $d = 0.05$, $ndo = 7.0$ (10).

El beneficio económico para el horizonte de inversión a (B_a) definido de acuerdo a Hill⁸ acumulando retornos (R_a) y costos (C_a) al año a , es:

$$B_a = R_a - C_a$$

Las ponderaciones para I ($w_{I(a)}$) y cos ($w_{C(a)}$), que maximizan el beneficio al año a , se obtuvieron a partir de R_a y C_a usando en la simulación sementales con $I = 1$ y $cos = 1$. De este modo, se obtuvieron ponderaciones adecuadas para expresar el beneficio como función del cambio en una unidad de I y cos . El índice de beneficio al año a (IB_a) fue:

$$IB_a = w_{I(a)} \times I - w_{C(a)} \times cos$$

Sustituyendo I por $2 \times PTAL_{MEX} \times \text{precio por kg de leche}$, obtenemos:

$$IB_a = w_{I(a)} \times 2 \times PTAL_{MEX} \times v - w_{C(a)} \times cos$$

Finalmente el índice con ponderaciones para $PTAL_{MEX}$ y cos es:

$$IB_a = w_{PTAL_{MEX}(a)} \times PTAL_{MEX}^{XV} - w_{C(a)} \times cos$$

Resultados

El índice de beneficio para 10 años de horizonte de inversión fue $IB_{10} = 2.14 \times \text{precio por kg de leche} \times PTAL_{MEX} - 19.92 \times \text{precio por dosis de semen}$.

El índice para 20 años fue $IB_{20} = 5.80 \times \text{precio por kg de leche} \times PTAL_{MEX} - 32.12 \times \text{precio por dosis de semen}$.

Discusión

La utilización de IB_{10} o IB_{20} como criterios de selección resultó en beneficios económicos similares, cuando fueron evaluados por simulación para la selección de sementales de Estados Unidos de América en hatos de México para horizontes de 10 y 20 años.¹⁰ De este modo, IB_{10} e IB_{20} pueden ser utilizados para maximizar el beneficio esperado a la selección con un rango de 10 a 20 años de horizonte de inversión. La razón $w_{C(10)} / w_{I(10)}$ fue 18.61, comparada con 11.07 para $w_{C(20)} / w_{I(20)}$. Esto sugiere que el énfasis relativo en los costos disminuye con el tiempo con un modelo de selección continua, pero el beneficio/costo no se afecta significativamente por estos cambios para el periodo 10 a 20 años. El valor económico de un kg de $PTAL_{MEX}$ para un horizonte de 10 años fue 0.107 precio por kg de leche, el valor para 20 años fue 0.181 precio por kg de leche. Los precios por dosis de semen que corresponden a un beneficio cero, para un rango de valores posibles para el precio de la leche de acuerdo al valor de la $PTAL$, se muestran en la Figura 1 para un horizonte de inversión de 10 años y en la Figura 2 para un horizonte de inversión de 20 años.

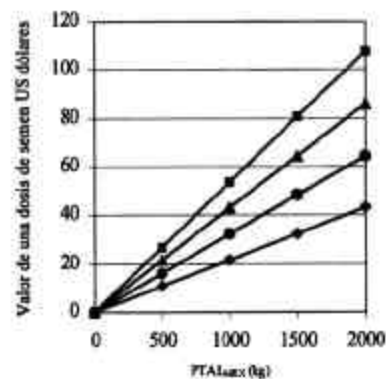


Figura 1. Valor máximo de una dosis de semen para obtener cero beneficio a 10 años. Precios de la leche por kg en US dólares; 0.20 (rombos), 0.30 (círculos), 0.40 (triángulos) y 0.50 (cuadrados).

*Powell, comunicación personal, 1998, Beltsville, MD 20705, USA.

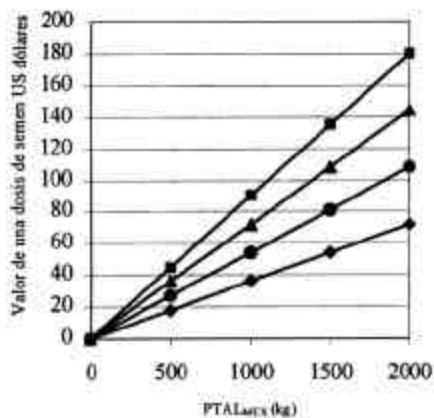


Figura 2. Valor máximo de una dosis de semen para obtener cero beneficio a 20 años. Precios de la leche por kg en US dólares; 0.20 (rombos), 0.30 (círculos), 0.40 (triángulos) y 0.50 (cuadrados).

Estos resultados permiten ilustrar los precios máximos y los márgenes de beneficio que se pueden obtener con el uso de sementales de distinto valor genético, según el precio por kg de leche. Las gráficas pueden ser utilizadas como guía para comparar la equivalencia de distintas perspectivas de inversión bajo distintos horizontes y precios de la leche. Por ejemplo, el valor por dosis de semen para un precio de la leche de 0.50 US dólares a 10 años, resulta equivalente al valor del semen con un precio de la leche de 0.30 a 20 años.

Uso de sementales evaluados por pedigrí

En el caso del índice de toros jóvenes, calculado como el promedio de los estimadores de los valores genéticos del padre y la madre, se requiere de una corrección para hacer los EBV basados en el promedio de los EBV de los padres, comparables a los EBV de toros probados.¹⁰ Para Estados Unidos de América, esto se obtiene restando 64 kg (141 lb) a los EBV para la producción de leche de toros jóvenes.¹³ Un valor equivalente aproximado, obtenido de las ecuaciones de conversión, para el caso de evaluaciones en México es restar 42 kg y para Canadá 43 kg a los EBV. Los índices de pedigrí, basados en el padre y el abuelo materno no requieren corrección.¹³

Control del riesgo

El riesgo genético puede definirse como la probabilidad de obtener un valor intolerablemente bajo de la respuesta económica.

El riesgo depende de varios factores, incluyendo el número de sementales usados por año, el tamaño del hato y el horizonte de tiempo considerado para la selección.¹⁰ Utilizando una muestra de toros comercialmente disponibles en Estados Unidos de América, Keown *et al.*¹⁴ estudiaron el efecto del número de sementales en la respuesta genética y el riesgo con parámetros y métodos similares a los descritos en este estudio. Seleccionando en base a IB₂₀, los valores máximos del límite de confianza inferior al 95% del beneficio económico (L95) para un horizonte de 10 años, se obtuvieron usando 3 a 5 toros probados por año o 5 a 20 toros seleccionados por pedigrí por año con un número similar de hijas por toro. El uso de un horizonte de 20 años, tiende a reducir el número de sementales probados para maximizar los valores de L95, e incrementa la ventaja económica de utilizar sementales probados. El número óptimo de sementales probados para L95 fue de 3, mientras que para jóvenes, el número varió de 2 a 5.

Cuando se usa el método de flujo genético descontado junto con programación cuadrática, es posible estimar portafolios o combinaciones óptimas de toros para maximizar el beneficio bajo restricciones en la varianza de la respuesta.¹⁵ Ese método, sin embargo, es sólo aplicable cuando se conoce la varianza de la respuesta *a priori*. Cuando la varianza de la respuesta se debe calcular por simulación, debido a que no existe una ecuación para calcularla, o cuando la varianza de la selección de *n* sementales no es proporcional a $1/n$, no es posible aplicar esa metodología. La varianza del flujo genético descontado del semental, si bien es simple de calcular,^{6,15} ignora los componentes de variación materno, mendeliano y ambiental, y el hecho de que existe una cohorte de hijas por año en la expresión del beneficio.¹⁰

Consanguinidad

La reducción del tamaño efectivo de la población Holstein a nivel internacional por el extenso uso de unos pocos sementales para producir toros jóvenes para prueba de progenie, indica que en lo futuro el control de la consanguinidad será un componente importante en la optimización de los programas de selección. La optimización simultánea de la respuesta genética, los costos y la contribución de cada reproductor al incremento de la consanguinidad en la población, será necesario en el futuro para los productores comerciales. Con este fin, idealmente se pueden utilizar metodologías de maximización de funciones de respuesta que consideren un peso a la relación aditiva entre los animales y al costo de la tecnología reproductiva, además de los EBV mediante la asignación de apareamientos.* Desde el punto de vista práctico, evitar el apareamiento de animales estrechamente emparentados y usar toros con una relación aditiva menor a 0.25 (medio hermanos), puede contribuir a reducir los efectos de la consanguinidad en los hatos comerciales. Este problema puede ser especialmente importante en el caso de toros jóvenes.

*Kinghorn, B. P., Grundy, B., Shepherd, R. K. y Woolliams, J. A. Use of a stochastic algorithm to make selection and reproduction decisions under operational and cost constraints. http://metz.une.edu.au/~bkinghor/SelRep/2Stage_Matesel2.html. 1977.

Cambio de los parámetros

Los parámetros ip , net , d y ndo utilizados para el cálculo de R_k y C_a , pueden ser modificados para adaptar las ponderaciones del índice a situaciones particulares o realizar análisis de sensibilidad.² El programa de cómputo puede ser modificado y adaptado a situaciones con diferentes parámetros u horizontes.

Uso de sementales evaluados en otros países

Este método puede ser fácilmente utilizado con animales evaluados en otros países. Una posibilidad es utilizar ecuaciones de conversión para expresar los EBV en equivalentes a los EBV de Estados Unidos de América o Canadá y luego calcular los EVB en base mexicana a partir de las fórmulas de conversión disponibles. Las fórmulas dadas por el USDA para toros evaluados en Estados Unidos de América y Canadá en 19964 fueron:

$$PTAL_{MEX} (kg) = 135 + PTAL_{USA} (lb) \times 0.310$$

$$PTAL_{MEX} (kg) = -66 + EBVL_{CAN} \times 0.333$$

$PTAL_{USA}$ (lb) es la capacidad predicha transmisible para producción de leche para toros de Estados Unidos de América (lb) y $EBVL_{CAN}$ es el valor genético estimado canadiense (kg) para la producción de leche.

Uso de otras características

El uso de múltiples características distintas de la producción de leche, como grasa y proteína cuando los EBV están disponibles, es posible utilizando una serie de suposiciones, en ausencia de los parámetros requeridos en México, donde sólo se dispone de información para la producción de leche. Una alternativa puede ser utilizar parámetros genéticos estimados en otras poblaciones y suponer que los coeficientes de regresión de la grasa y proteína de los EBV entre países, son proporcionales a los de la leche. Resultados recientes de Brasil y Estados Unidos de América para leche y grasa¹⁶ parecen favorecer esta opción. Las consecuencias de posibles errores en estas suposiciones, sin embargo, deben ser examinadas cuidadosamente; por ejemplo, realizando un análisis de sensibilidad, antes de proponer un índice que involucre estas características.

La incorporación de otras características en el índice, como caracteres funcionales de salud, fertilidad, facilidad de parto, eficiencia y característica de ordeño o relacionados con la producción de carne, requiere de un examen ulterior aprovechando la experiencia ganada en los países de la Comunidad Europea.¹⁷ Este tema es complejo y existe confusión y falta de

consenso al respecto. En parte esto se debe a diferencias en el enfoque económico utilizado, dificultades para obtener pesos económicos objetivos para algunos caracteres, así como para incorporar aspectos sociales en la derivación de los pesos económicos para caracteres funcionales. Otro problema es la validez de las suposiciones utilizadas en la predicción de la situación futura del mercado, lo que introduce un riesgo adicional en las predicciones económicas de la respuesta a la selección.^{2,17}

En varios países se han desarrollado índices *ad hoc*, que incorporan características que se perciben como importantes por los criadores, en proporciones que tienen un efecto relativamente pequeño en las tasas de mejoramiento de las principales características económicamente importantes.¹⁸ En algunos casos, la incorporación de características secundarias sin un claro valor económico al índice, puede tener un valor promocional que estimule su uso en la industria, lo que puede compensar a nivel población, una disminución en la respuesta económica por vaca.

Ejemplo de utilización

Supongamos que el semental A tiene una evaluación estadounidense con una $PTAL_{USA}$ de 1200 lb y una dosis de semen cuesta 10 dólares, el semental B tiene una evaluación mexicana de 285 kg y una dosis de semen cuesta 3 dólares. Suponiendo un precio de la leche por kg en México de 0.35 dólares y el evaluador está interesado en hacer una evaluación a 10 años. Para el semental A, $PTAL_{MEX} = 135 + 1200 \times 0.310 = 507$, $IB_{10} = 2.14 \times 0.35 \times 507 - 19.92 \times 10 = 180.54$; mientras que para el semental B, $IB_{10} = 2.14 \times 0.35 \times 285 - 19.92 \times 3 = 153.71$. El semental A tiene mayor beneficio económico esperado a 10 años.

El uso de los índices propuestos en este estudio IB_{10} e IB_{20} , permite ponderar en forma racional los retornos económicos y los costos de semen en la selección de sementales Holstein para inseminación artificial en México. El valor económico de un kg de $PTAL_{MEX}$ para un horizonte de 10 años fue 0.107 precio por kg de leche, el valor para 20 años fue $0.181 \times$ precio por kg de leche.

Usando al menos 3 y hasta 5 sementales probados, o al menos 5 y hasta 20 sementales jóvenes con base en los índices desarrollados con los métodos expuestos en este estudio, es posible mantener el riesgo bajo control ($P < .05$).

El control de la consanguinidad debe ser considerado en las decisiones de apareamiento. En lo futuro métodos de asignación óptima de apareamientos, que involucren una serie de aspectos como la maximización del beneficio económico de la selección con restricciones en el riesgo y el incremento de la consanguinidad, pueden ser instrumentados a partir de desarrollos recientes en la teoría y el uso de métodos numéricos de maximización de funciones complejas como los algoritmos evolutivos.

*Powell, comunicación personal, 1998, Beltsville, MD 20705, USA.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Bennett Casell, Rex Powell, Felipe Ruiz, Mauricio Valencia y personal de compañías de inseminación artificial por proveer información, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el apoyo económico que proporcionó al primer autor, durante la elaboración de este estudio. Las observaciones de Antonio Reverter y Julius Van der Werf sobre una versión previa del presente estudio son apreciadas.

Referencias

1. Harris DL, Newman S. Breeding for profit: synergism between genetic improvement and livestock production. *J Anim Sci* 1994;72:2178-2200.
2. Weller JI. Economic aspects of animal breeding. London (UK): Chapman and Hall, 1994.
3. Powell RL, Sieber M. Where are the top bulls? *Holstein Wld* 1994;March:46-47.
4. Powell RL, Sieber M. The origin of the world's best sires. *Holstein Friesian J* 1994;June:427-440.
5. Powell RL. Interbull evaluations are here. *Holstein Wld* 1995;May:568-570.
6. Schneeberger M, Freeman AE, Berger PJ. Income and risk for dairymen selecting sires for artificial insemination. *J Dairy Sci* 1982;65:988-994.
7. Gibson JP. An introduction to the design and economics of animal breeding strategies. Course Notes. Guelph, Ontario, Canada: University of Guelph, 1995.
8. Hill WG. Investment appraisal for national breeding programmes. *Anim Prod* 1971;3:37-50.
9. Dekkers JCM, Shook GEA. Semi-stochastic model for simulation of genetic improvement by commercial artificial insemination firms in a large dairy cattle population. *J Anim Breed Genet* 1990;107:321-339.
10. Montaldo H. Optimization of selection response using artificial insemination and new reproductive technologies in dairy cattle (Ph.D. dissertation). Lincoln (Nebr): University of Nebraska, 1997.
11. Montaldo H, Torres S. Repetibilidad de la producción de leche e intervalo entre partos en una población de vacas Holstein en México. *Arch Zootec* 1993;42:361-366.
12. Stanton TL, Blake RW, Quass RL, Van Vleck LD. Response to selection of United States Holsteins in Latin America. *J Dairy Sci* 1991;74:651-664.
13. Samuelson DJ, Pearson RE. Accuracy of predicting genetic merit from pedigree information for bulls entering stud sampling programs. *J Dairy Sci* 1995;78:2057-2066.
14. Keown JF, Montaldo H, Van Vleck LD, Van Tassell, CP. Economic responses and risk from use of selected Holstein sires in Italy, Mexico, The Netherlands and USA. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1998 January 11-16; Armidale, New South Wales, Australia. Armidale, New South Wales, Australia: University of New England-CSIRO, 1998:327-330.
15. Leitch HW, Gibson JP, Dekkers JCM, Burnside, EB. Maximizing utility when selecting bulls globally. Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; Guelph, Ontario, Canada. Guelph, Ontario, Canada: University of Guelph-Agriculture Canada, 1994;50-53.
16. Costa CN, Blake RW, Pollak EJ, Oltenacu, PA. Genetic relationships for milk and fat yield between Holstein populations in Brasil and the United States. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1998 January 11-16; Armidale, New South Wales, Australia. Armidale, New South Wales, Australia: University of New England-CSIRO, 1998:323-326.
17. Groen AF, Steine T, Colleau JJ, Pedersen J, Prybyl J, Reinsch N. Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. Report of an EAAP-working group. *Livest Prod Sci* 1997;49:1-21.
18. Lohuis MM, Sivanadian B, Dekkers JCM. Expected responses from selection indices. 1997 Dairy Research Report. Guelph, Ontario, Canada: University of Guelph, Canada, 1997.