

# EVALUACION GENETICA PARA LA PRODUCCION DE LECHE EN GANADO HOLSTEIN EN MEXICO<sup>a</sup>

Mauricio Valencia Posadas<sup>b</sup>  
Felipe de Jesús Ruíz López<sup>c</sup>  
Hugo Montaldo Valdenegro<sup>b</sup>  
Jeffrey F. Keown<sup>d</sup>  
L. Dale Van Vleck<sup>e</sup>

## RESUMEN

Valencia PM, Ruiz LFJ, Montalvo VH, Keown JF, Van Vleck LD. *Téc Pecu Méx.* 1999;37(3)1-8. Se utilizaron 80,486 registros de producción de leche de primera lactancia durante el período 1970-1997, para calcular valores genéticos predichos (VGP) en ganado Holstein en México. Las lactancias fueron previamente ajustadas a edad-mes de parto, 305 días y dos ordeñas. Se utilizó el método del mejor predictor lineal insesgado, mediante el uso de un modelo animal que incluyó como efecto fijo hato-año-estación de partos, y como efectos aleatorios al grupo de padres desconocidos y al valor genético aditivo del animal. Los promedios para el número de hatos donde se encuentran las hijas, número de hijas, el promedio de producción de leche de las hijas, la confiabilidad (CONF) y la habilidad de transmisión predicha (HTP) en los toros evaluados fueron de 2.9, 11.2, 9,079 kg, 49% y 14 kg, respectivamente. Para las vacas, los promedios fueron de 9,566 kg, 37% y 41 kg para la producción de leche de la primera lactancia, CONF y HTP, respectivamente. La tendencia genética para la producción de leche fue de 29 kg por año y la fenotípica de 151 kg por año. Con el modelo utilizado, se logró una evaluación genética consistente, pudiéndose establecer las bases de un sistema confiable para ganado Holstein en México.

**PALABRAS CLAVE:** Valores genéticos predichos, Modelo animal, Producción de leche, Ganado Holstein.

## INTRODUCCION

En los programas de selección de los bovinos lecheros, el cálculo de los valores genéticos predichos (VGP), expresado como habilidades de transmisión predichas,

permite la identificación de los mejores animales, con objeto de que sean utilizados como padres de la siguiente generación (1).

En México, el cálculo de VGP para toros Holstein se ha realizado desde hace 10 años en los Estados Unidos a través de un convenio de colaboración entre el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y Holstein de México, A.C. (2).

Para efectuar las evaluaciones genéticas, en diferentes partes del mundo (3,4) se utiliza la metodología del mejor predictor lineal insesgado (MPLI) a través del uso de un Modelo Animal, el cual evalúa

- a Recibido el 7 de diciembre de 1999 y aceptado para su publicación el 17 de mayo de 2000.
- b Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, Ex-Hacienda El Copal, AP 311 Irapuato, Guanajuato. CP 36500. Teléfono: (462) 424-84; fax: (462) 486-78; e-mail: posadas@dulcinea.ugto.mx. Correspondencia y solicitud de separatas.
- c CENID Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP-SAGAR, Km 1 carretera a Colón, 76280, Ajuchitlán, Querétaro.
- d Department of Animal Science, University of Nebraska, Lincoln 68583-0908.
- e Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center, ARS-USDA, Lincoln, Nebraska 68583.

simultáneamente a toros y vacas (5). El procedimiento MPLI tiene las propiedades de obtener en sus predicciones varianza mínima, está basado en la teoría estadística de los modelos lineales mixtos, por lo que su predicción es lineal e insesgada y la correlación entre los valores predichos y reales es máxima. Tiene además la ventaja de poder incluir varias características en el mismo proceso de evaluación. MPLI puede corregir efectos ambientales como hato-año-estación, así como el proceso de selección. Debido a estas propiedades, el MPLI se ha convertido en el método de elección para calcular VGP (1,6,7).

A pesar de que el USDA efectuó las evaluaciones genéticas previas, muchos de los procedimientos y cálculos utilizados para realizarlas se desconocían. Por ello se considera conveniente que este tipo de evaluaciones se realicen en México, ya que existe la infraestructura y recursos para efectuarla aquí. El implementar la evaluación en México, también permitiría estudiar diferentes modelos y metodologías de evaluación, y en un mediano plazo se podrían elegir los más adecuados, congruentes con las necesidades que demanda la industria lechera y a las características del ganado Holstein del país.

Asimismo, resulta de interés estimar VGP para vacas, y así apoyar la elección de desechos y madres de sementales. Este trabajo tiene como objetivo calcular VGP para toros y vacas Holstein en México utilizando la metodología MPLI-Modelo Animal.

## **MATERIALES Y METODOS**

Los registros utilizados fueron proporcionados por Holstein de México

A.C. y corresponden a lactancias ocurridas en el período 1970-1997. De una base de 120,399 vacas y con el objeto de incrementar la precisión en la predicción de los valores genéticos, se eliminaron las vacas cuyo código de terminación en la primera lactancia era no utilizable (lactancias iniciadas con aborto, venta, muerte, enfermedad o lesiones), vacas con producciones por lactancia con menos de 1500 kg de leche (al considerar lactancias anormales) y animales con menos de 18 meses de edad al primer parto. También se eliminaron las vacas que carecían de información del número de lactancia a la que pertenecía cada registro. En este estudio, se utilizaron sólo primeras lactancias que fueron previamente ajustadas a edad-mes de parto, 305 días y 2 ordeñas. El número total de animales en la base de datos fue de 80,486 vacas, hijas de 5,158 toros.

Al archivo de pedigrí se añadieron todos los ancestros disponibles e incluyó un total de 184,269 registros. Aproximadamente el 25% de los animales tenían padre y/o madre desconocidos. Para corregir parcialmente el efecto de selección a través del tiempo, se definieron 12 grupos de padres desconocidos, seis para machos y seis para hembras. Los grupos se definieron con base al año de nacimiento de los animales (8), asignando el mismo grupo cada cinco años, por ejemplo: animales con padre desconocido nacidos entre 1971 y 1975, su grupo fue 1; animales con padre desconocido nacidos entre 1976 y 1980, su grupo fue 2, etc. El procedimiento utilizado para asignar el grupo a las hembras fue similar al de los machos.

Para representar los efectos de época e incrementar aun más la precisión, se analizaron los promedios de producción de leche por mes de parto, con el objeto de establecer estaciones de parto (4). Tratando de conservar un adecuado número de observaciones en la combinación de efectos hato-año-estación de parto, se definieron tres estaciones quedando de la siguiente manera: estación 1 enero-abril; estación 2 mayo-agosto y estación 3 septiembre-diciembre. El número de hatos y años analizados fueron de 269 y 26 respectivamente, y el número de niveles para hato-año-estación fue de 4,939. Las bases de datos y el archivo de pedigrí se hicieron utilizando algunos programas en FORTRAN, y otros en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) (9).

La predicción de los valores genéticos para toros y vacas fue utilizando la metodología MPLI a través del uso de un Modelo Animal. Las estimaciones y predicciones se efectuaron con el programa MTDFREML (7).

El modelo animal utilizado incluyó como efecto fijo hato-año-estación de partos y como efectos aleatorios el animal y el grupo de padres desconocidos (5,8). El modelo fue:

$$y = Xb + Zu + ZQg + e,$$

Donde:

y = vector nx1 de observaciones de producción de leche,

X = matriz incidencia conocida nxp de efectos fijos que incluyó hato-año-estación,

b = vector de efectos fijos desconocido px1,

Z = matriz incidencia de efectos aleatorios nxq que incluyó animal,

u = vector de efectos genéticos aditivos conocidos qx1,

Q = matriz de relaciones genéticas aditivas que relaciona los animales con los grupos de padres desconocidos,

g = vector de efectos de grupo genético (12 grupos definidos), y

e = vector aleatorio (error) nx1.

Se supuso que los elementos de 'u' y 'e' se distribuyeron normalmente, que no estaban correlacionados y que los elementos de 'y' se distribuyeron normalmente.

La base genética se estableció de tal manera, que el VGP para la producción de leche de una vaca promedio nacida en 1990, fue de cero. A partir de los VGP obtenidos para todos los animales evaluados, se utilizó un modelo de regresión simple para estimar la tendencia genética. Se calculó el promedio anual de los VGP y estos se utilizaron como variable de respuesta, en función del año de nacimiento de los animales (10). Para estimar la tendencia fenotípica, el procedimiento fue similar que el usado para estimar la tendencia genética, sustituyendo el promedio anual de los VGP por los promedios anuales de producción de leche de la primera lactancia. El procedimiento utilizado fue PROC REG del SAS (9).

Para cada toro se obtuvo el número de hatos donde se encuentran sus hijas (NUHAT), el número de hijas (NUHI), el promedio de producción de leche (kg) de las hijas (KGLE), el porcentaje de primeras lactancias que terminan en desecho (RAS), la confiabilidad (CONF)

(%) y la habilidad de transmisión predicha (HTP) (kg). Para las vacas se calculó HTP y CONF.

La correlación entre el valor predicho y el valor verdadero ( $r_{TI}$ ) se estimó con el programa MTDFREML de acuerdo a la metodología descrita por Boldman *et al.* (7). La confiabilidad se estimó como  $r^2_{TI}$  y en este estudio el VGP fue expresado como la habilidad de transmisión predicha (HTP), que fue igual a  $VGP/2$  (11). En análisis preliminares se obtuvo una heredabilidad de 0.29, la cual fue utilizada para la predicción de los valores genéticos. Se obtuvieron estadísticas descriptivas de las variables analizadas para toros nacidos de 1983 a 1996 ( $n=1,790$ ) y para vacas nacidas a partir de 1990 ( $n=25,629$ ).

Con el objeto de comparar los resultados de la presente evaluación con los resultados obtenidos en la anterior evaluación genética de 1998, se estimaron las correlaciones para CONF y HTP a partir de la información

de 294 toros con confiabilidades mayores al 60% en ambas evaluaciones. Asimismo, se obtuvieron las correlaciones para CONF y HTP con información de 68 toros extranjeros con hijas en Estados Unidos y en México y que tuvieron evaluación genética en los dos países. Las correlaciones se estimaron con el procedimiento PROC CORR del SAS (9).

## RESULTADOS

Los promedios para las variables obtenidas en la evaluación genética sobre 1,790 toros nacidos de 1983 a 1996 se presentan en el Cuadro 1. Del total de toros, se identificaron 368 animales con registro mexicano y sus promedios para NUHAT, NUHI, RAS, KGLE, CONF y HTP fueron de 2.6 hatos, 17.6 hijas, 2.1%, 8,614 kg, 49% y -87 kg, respectivamente. Asimismo, se identificaron 1,422 toros con registro extranjero, cuyos promedios para las variables mencionadas en el mismo orden

**Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de las variables obtenidas en la evaluación genética de 1,790 toros.**

Variable	Valores		
	Promedio	Mínimo	Máximo
NUHAT	2.9		
NUHI	11.2	1	
KGLE, kg	9,079	1,796	
RAS, %	1.4	0	
CONF, %	48.7	11	
HTP, kg	14.3	-930	

NUHAT = número de hatos donde se encuentran las hijas; NUHI = número de hijas; KGLE = promedio de producción de leche de las hijas; RAS = porcentaje de primeras lactancias que terminan en desecho; CONF = confiabilidad; HTP = habilidad de transmisión predicha.

fueron de 2.9 hatos, 9.4 hijas, 1.2%, 9,220 kg, 41% y 50 kg.

Para las vacas, el promedio, mínimo y máximo para la producción de leche de la primera lactancia (PL1), CONF y HTP se presentan el Cuadro 2.

Los promedios para NUHAT, NUHI, CONF y HTP para la evaluaciones de 1998 utilizando la información de 294 toros fueron de 6.1 hatos, 43 hijas, 58% y 113 kg, respectivamente. En la evaluación actual, los promedios obtenidos en estos toros fueron de 7.9 hatos, 46 hijas, 63% y 25 kg, respectivamente. Las correlaciones obtenidas para CONF y HTP entre las dos evaluaciones fueron altas, con valores de 0.82 y 0.78, respectivamente.

Para los 68 toros extranjeros con hijas en México y en los Estados Unidos, las correlaciones para CONF y HTP entre las evaluaciones de ambos países fueron de 0.29 y 0.18, respectivamente.

La tendencia genética para la producción de leche fue de 29 kg por año y la fenotípica de 151 kg por año.

## DISCUSION

Para toros con registro mexicano, los promedios de HTP y KGLE fueron menores al compararlos con los promedios de los toros con registro extranjero (-130 kg y -606 kg, respectivamente). Esto probablemente se deba a un mayor tiempo de selección para la producción de leche en el ganado Holstein en los Estados Unidos y Canadá, y por ejercer una mayor presión de selección en los sementales que entran a prueba de progenie en aquéllos países.

En los toros con registro mexicano, el promedio de NUHI fue mayor que el obtenido para los toros con registro extranjero (17.6 vs 9.4 respectivamente), debido a que existieron 22 toros que tienen más de 50 hijas. Sin embargo, el número de toros mexicanos representó solamente alrededor del 20% del total de toros evaluados, nacidos a partir de 1983.

Los promedios obtenidos para NUHAT y NUHI en los toros evaluados en este trabajo fueron bajos, lo que repercutió en la CONF promedio. Las diferencias en los resultados para NUHAT, NUHI, CONF

**Cuadro 2. Estadísticas descriptivas para la producción de leche en 25,629 vacas con registro mexicano nacidas a partir de 1990.**

Variable	Valores		
	Promedio	Mínimo	Máximo
PL1	9,566	1,501	19,817
CONF, %	37	9	80
HTP, kg	41	-1,233	1,268

PL1= Primera lactancia; CONF=confiabilidad; HTP=transmisión predicha.

y HTP entre la evaluación de 1998 y ésta, se deben principalmente a los distintos criterios utilizados para la edición de las bases de datos (en la actual sólo se incluyeron primeras lactancias y en la anterior hasta la quinta lactancia), la definición de algunas variables como el hato-año-estación de partos considerada fija en la presente evaluación, mientras que en la pasada el grupo de manejo fue variable; y al diferente modelo estadístico utilizado en la evaluación. Los factores adicionales que incluía el modelo utilizado en 1998 fueron el efecto de ambiente permanente, al incluir información de varias lactancias en los análisis, y la interacción hato por semental, definidos como efectos aleatorios (2).

En algunos toros se observaron disminuciones importantes en el valor de la HTP en 1998 respecto a la obtenida en 1999. Dichos cambios se debieron a la incorporación en la evaluación de hijas con promedios de producción inferiores al promedio de sus contemporáneas. Otra razón fue que se utilizó diferente base genética, cuyo valor en este estudio fue de 336 kg.

La CONF promedio obtenida en las vacas de este trabajo fue menor que la de los toros (37 vs 49%), ya que CONF no se incrementa linealmente con la adición de registros y está influenciada por la información de parientes cercanos (11).

Para los 68 toros con evaluación genética en México y en los Estados Unidos, el número de hijas promedio para cada toro en los Estados Unidos fue de 2,870 y el promedio de hatos de 1,075, mientras que en México fueron de 13 hijas y 4 hatos.

Al ordenar los 68 toros de acuerdo a su HTP en cada país, de los mejores 15 clasificados en los Estados Unidos para la producción de leche, se encontraron 8 de estos animales, dentro de los primeros 15 clasificados en México. Este reordenamiento quizá se debe a que las precisiones obtenidas en la evaluación de cada país fueron diferentes, además de la existencia de una interacción genotipo x ambiente (12), lo que pudo propiciar la reclasificación de los animales.

La tendencia genética estimada en este estudio fue menor que la obtenida por Avendaño (13), cuyo valor fue de 74 kg por año con registros de vacas Holstein de México, y por Powell y Wiggans (2), quienes obtuvieron un incremento anual de 87 kg por año utilizando también información de ganado Holstein de México. Estas diferencias quizá se deban a que los autores referidos incluyeron información de hasta la quinta lactancia en sus análisis, mientras que en el presente estudio se analizaron solamente primeras lactancias, y también a que los modelos utilizados fueron distintos en cada estudio.

Con el modelo utilizado para obtener los VGP de este estudio, se logró una evaluación genética consistente, pudiéndose establecer las bases de un sistema confiable y propio de evaluaciones genéticas en ganado Holstein en México.

A pesar de existir evaluaciones genéticas en ganado Holstein en México, es conveniente la participación conjunta de diferentes entidades oficiales y privadas, productores e instituciones de educación e investigación relacionadas con la industria

lechera, con el objeto de hacer más eficiente el desarrollo de éstas en México.

Resulta conveniente seguir estudiando la influencia de distintos efectos en el modelo de evaluación, con el objeto de incrementar la precisión en el cálculo de VGP, por ejemplo añadiendo segundas y posteriores lactancias a la información de las vacas, e incluir en el modelo el efecto de ambiente permanente. Es de interés conocer también la influencia del país de origen de los sementales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de los doctores Rafael Núñez Domínguez, Belem Trejo Valdivia, Pedro Ochoa Galván, Carlos Sosa Ferreyra e Ignacio Mondragón Vázquez en la discusión de los resultados, así como al Comité Revisor de la revista Técnica Pecuaria en México por los comentarios técnicos que permitieron mejorar el contenido de este trabajo. Se agradece también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haber otorgado una beca de doctorado al primer autor y por haber financiado parcialmente este trabajo a través del proyecto K0222B.

## GENETIC EVALUATION FOR MILK PRODUCTION OF HOLSTEIN CATTLE IN MEXICO

### ABSTRACT

Valencia PM, Ruiz LFJ, Montalvo VH, Keown JF, Van Vleck LD. *Téc Pecu Méx.* 1999;37(3):1-8. First

lactation records (80,486) for the period 1970-1997 were used to calculate Predicted Breeding Values (PBV) of Holstein cattle in Mexico. Lactation records had been corrected for age-month of calving, 305 day and two milkings. Best linear unbiased predictor methodology was used to obtain PBV through an animal model that included herd-year-season as fixed effect and unknown parents groups and additive genetic value of the animal as random effects. The averages for number of herds, number of daughters, daughter milk production, reliability (CONF) and predicted transmission ability (HTP) were 2.9, 11.2, 9,079 kg, 49 % and 14 kg, respectively for bulls. For cows, averages were 9,566 kg, 37% and 41 kg for first lactation milk yield, CONF and HTP, respectively. Genetic and phenotypic trends for milk production were 29 kg and 151 kg per year respectively. With the model used to obtain PBV, a consistent genetic evaluation was achieved. With this study, the basis for a reliable system for the genetic evaluation of Holstein cattle in Mexico can be established.

**KEY WORDS.** Predicted breeding values, Animal model, Milk production, Holstein cattle.

## LITERATURA CITADA

1. Van Vleck LD. Selection index and introduction to mixed model methods. USA: CRC Press, Inc.; 1993.
2. Powell RL, Wiggans GR. Animal model evaluations for mexican Holsteins. *J Dairy Sci* 1991;(74):1420-1427.
3. Robinson JAB, Chesnais JP. Application of the animal model on a national basis to the evaluation of Canadian livestock. *Animal Model Workshop. J Dairy Sci* 1989; 71(Suppl 2):70-78.
4. Wiggans GR, VanRaden PM. National cooperative dairy herd improvement program. USDA-animal model genetic evaluations. 1998; <http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/dairy>.
5. Henderson CR. Application for linear models in animal breeding. Canada: University of Guelph; 1984.
6. Henderson CR. Theoretical basis in computational methods for a number of different animal model. *Animal Model Workshop. J Dairy Sci* 1989; 71 (Suppl 2):1-16.
7. Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP, Kachman SD. A manual for use of

- MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). USDA, Agric Res Service 1995:114.
8. Westell RA, Quaas RL, Van Vleck LD. Genetic groups in an animal model. *J Dairy Sci* 1988;(71):1310-1318.
  9. SAS. SAS User's guide for linear models. Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc. 1995.
  10. Wiggans GR. Genetic evaluation system in the United States. 2000; <http://www.aipl.arsusda.gov>.
  11. VanRaden PM, Wiggans GR. Derivation, calculation and use of national animal model information. *J Dairy Sci* 1991;(74):2737-2746.
  12. Cienfuegos RE, Oltenacu PA, Blake RW, Schwager SJ, Castillo JH, Ruíz LF. Interaction between milk yield of Holstein cows in Mexico and the United States. *J Dairy Sci* 1999;(82):2218-2223.
  13. Avendaño RL. Estimación de la tendencia genética para producción de leche en hatos Holstein de México [tesis maestría]. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México; 1989.