



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

**“Impacto Genético, de toros de Inseminación Artificial en
un hato lechero de vacas Holstein altas productoras.”**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:
Erika Ivonne Delgado Leyva

Asesor: Dr. Benito López Baños
Coasesor: Dr. Armando Enrique Esperón Sumano



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2-8
Objetivos.....	9
Material y Métodos.....	10-12
Resultados.....	13-19
Discusión.....	20-21
Conclusiones.....	22
Referencias.....	23-24

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo, evaluar los sementales que se utilizaron mediante inseminación artificial (IA), en un hato lechero de altas productoras Holstein, para determinar el aporte y la mejora genética que están transfiriendo a sus hijas. Las hijas de estos toros se evaluaron mediante producción total de leche (PTL) por lactancia, la cual se ajustó a 305 días, se utilizaron 881 registros de vacas hijas de 200 toros. Los componentes de varianza se estimaron mediante el método de máxima verosimilitud (ML) usando el procedimiento VARCOMP del programa SAS. Estos componentes de varianza sirvieron para estimar la heredabilidad ($h^2 = 0.09$) de la PTL y la repetibilidad ($R = 0.02$); se estimó a cada toro su Valor Reproductivo Esperado (EBV) y la Producción de Leche Esperada de las hijas, por sus siglas en inglés (PTA). Se presentan la PTL de las hijas de los 5 toros con PTA más bajo y las hijas de los 5 toros con PTA más alto, cabe mencionar que los toros aquí evaluados primeramente fueron ordenados alfabéticamente por su nombre comercial a los que se le asignó después un número progresivo del 1 al 200. Puede verse que al menos en los extremos de la curva normal que se forma al separar los 100 toros con PTA positivos de los 100 toros con PTA negativos, que estos últimos tienen más hijas (75) en el hato con 12,494.7 Kg, que los toros con PTA más altos (47) con 10,659.3 Kg, situación que se refleja en el promedio de la producción de leche total (PLT), puesto que existe una diferencia de 28 vacas y 1,835 kg de leche. Se concluye que el mejoramiento genético en este hato a pesar de que está altamente tecnificado, se encontró un mal uso de toros, sin considerar el aporte genético de estos en sus hijas, perdiendo la oportunidad de producir más leche con el mismo número de vacas.

INTRODUCCIÓN

La Genética es la ciencia dedicada al estudio de la herencia y al análisis de los mecanismos por los cuales se conservan y transmiten las semejanzas entre los padres y los hijos. Estudia los caracteres semejantes que se heredan a la progenie (hijos, nietos, etc.), aquellos que los hacen parecerse entre sí. Pero también examina las características que no son semejantes, que cambian denominadas “variaciones”, que también son transmitidas genéticamente. Además, investiga en qué medida son importantes los factores ambientales en la determinación de la apariencia de los organismos, se refiere a que analiza las diversas características que pueden ser influidas por el ambiente (*López et al.2015*).

La genética, estudia la forma en que las características de los organismos vivos se generan, sean estas morfológicas, fisiológicas, bioquímicas o conductuales, se transmiten y expresan de una generación a otra, bajo diferentes condiciones ambientales. Es el estudio de la naturaleza, organización, función, expresión, transmisión y evolución de la información genética de los organismos. Genética proviene de la palabra (gen) que en griego significa “descendencia” (*López et al.2004*).

Un rasgo hereditario es establecido genéticamente. Se transmite de padres a hijos, según las reglas de la herencia. La mayoría de los rasgos son determinados tanto por los genes como por el entorno. A un rasgo en particular y al conjunto de todas las características ostentadas por un organismo se le denomina fenotipo, el cual es el resultado de la herencia, esto es, de la expresión del genotipo en un determinado ambiente. El genotipo es la información genética que posee un organismo, en relación con un rasgo particular, para transmitirla a la siguiente generación. El término también se refiere a la colección de genes de un organismo. Algunos rasgos son determinados principalmente por el genotipo, mientras que otros son influidos por factores ambientales (*Mark T. et al., 2004*).

En México, en los últimos 37 años se han llevado a cabo programas para medir los avances en materia de genética, especialmente en la raza Holstein en conjunto con varios factores modificados dentro del manejo zootécnico mediante la alimentación, el uso masivo de la inseminación artificial, la selección y evaluación precisa y el avance en el procesamiento de datos. Se desconoce el progreso genético que han tenido hatos grandes y pequeños, que están fuera de la Asociación Holstein de México, y que podrían contribuir significativamente en los

datos que se registran cada año y los cambios en los valores genéticos de los padres de las vacas Holstein. Se podría evaluar el impacto genético de toros que actualmente se están utilizando mediante inseminación artificial, permitiendo justificar el uso de dichos toros y el ganadero saber, si la selección de estos sementales es la óptima para sus necesidades. Para el estudio de mejoramiento genético de bovinos lecheros en México se requiere la identificación de los animales genéticamente mejorados, se estiman los valores genéticos predichos (VGP), expresados como habilidades de transmisión predichas, con objeto de que sean los padres de la siguiente generación, lo más importante es el beneficio económico junto con la rentabilidad de toda su vida productiva; para lograr esto, se invierte desde su crecimiento para recuperar el costo de la crianza , tratando que la producción sea rentable (*Toledo et al., 2015*).

En algunos países existen asociaciones para llevar a cabo el control en la producción láctea, en México se cuenta con la Asociación Holstein, la cual le permite al ganadero recibir mensualmente cuanto produce cada vaca, la producción total al final de la lactancia, promedio de producción del hato, aspectos de manejo, vacas secas, gestantes, por inseminar y las que no son rentables, todos estos datos ayudan al productor a tomar mejores decisiones. Gracias a que el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2015) establece su pronóstico de 11,033,340 toneladas de leche, esa cantidad significa un incremento de +2% respecto a 2014. La Asociación Holstein de México (AHM) y el Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) realizan las evaluaciones genéticas para la población de ganado Holstein registrada ante la asociación. (*Anónimo. 2015*).

La producción láctea ha sido el principal criterio de selección en bovinos productores de leche en México por su relación directa con los retornos económicos de los productores, puesto que es un recurso alimenticio de alta demanda, se utilizan los criterios de producción para determinar las mejores vacas en el transcurso de la lactación, utilizando factores de ajuste que ayudan a relacionar la producción total con respecto a la producción parcial acumulada, cuando este factor es multiplicado por la producción parcial nos da como resultado una lactancia estimada a 305 días, logrando ajustar o estandarizar los datos de cada animal para una mejor evaluación. Este carácter ha sido utilizado frecuentemente en evaluaciones genéticas e índices de selección en combinación con características de reproducción, conformación, funcionales y longevidad (*Valencia et al., 2008*).

En los últimos 25 años, se ha incrementado el intercambio internacional de semen de toros Holstein, el impacto de la inseminación artificial (IA) en la industria lechera ha permitido adquirir avances espectaculares en el ámbito genético del ganado para la producción de leche. En los establos con alta producción de leche ya sea nacional o internacional, está bien adoptada la idea de que la IA es la mejor opción por el procedimiento económico, simple y exitoso para introducir genes de interés en las poblaciones Holstein. El impacto que ha tenido la ganadería lechera gracias a la IA, nos da como resultado un incremento en la intensidad de selección ya que solo un pequeño número de toros es requerido para generar progenie, ya que son seleccionados por el desempeño y basados en el mérito genético de sus hijas en la producción de leche y otros parientes. (*Hansen y Block, 2004*).

Las vacas Holstein en México tienen un promedio aproximado de 5.2 millones de litros diarios producción ajustada a 305 días, pero la vaca produce más leche conforme a su madurez y al alcanzar la edad de 6 años, puesto que una vaquilla de 2 años de edad produce 30% menos, comparada con la de 6 años; una de 3 años produce 20% menos y así consecutivamente. En una población de animales generalmente se presenta una gran variabilidad entre ellos y esto permite seleccionar aquellos que se considera podrán mejorar las características de interés al productor. (*López et al. 2015*).

Uno de los pioneros del mejoramiento genético, fue el inglés Robert Backwell, de los primeros en aplicar la selección artificial con base en la producción individual, pruebas de progenie y el uso de la endogamia. En la producción de leche, se logró un importante progreso genético, por dos cuestiones importantes que fue legado para producciones hoy en día. El primero fue la formación de asociaciones para llevar el control de los hatos lecheros, siendo Dinamarca el primer país en implementarlo a partir de 1885, de ahí se aplicó la misma política para Japón, Rusia y Francia. El segundo, fue cómo explicar la herencia de las características conforme a los principios mendelianos, ya que estos son la base de la Ciencia de la Genética (*Ochoa GP. 1991*). Durante este estudio se va a calcular la heredabilidad y la repetibilidad de parámetros importantes para determinar el mejoramiento introducido en esta raza Holstein de acuerdo a los sementales que se están evaluando. La heredabilidad es la característica fenotípica de los padres que se desea encontrar en los hijos, si esta característica tiene alta heredabilidad, entonces los padres con buena producción tendrán hijos con buena producción, si la característica tiene baja heredabilidad el nivel productivo de los padres se refleja también el nivel productivo de los

hijos. En otros términos, la heredabilidad que buscamos es una medida de fortaleza, confiabilidad, consistencia de la relación que hay entre fenotipos y valores de cría para una determinada característica en este caso de producción láctea en una población. Aunque tenemos variantes ya que hay efectos transmisibles a la progenie y otros efectos no transmisibles porque el mérito genético no es visible y se debe predecir mediante parámetros genéticos. La heredabilidad es el cuadrado de una correlación, varía entre 0 y 1 y está definida para una población, en un ambiente y en un momento dado, puede determinar la característica que el estudio requiera: reproductivas, productivas, calidad de producto, esqueléticas y anatómicas. La heredabilidad indica en qué medida diferencias fenotípicas, son explicadas por factores heredables o por componentes genéticos no aditivos y el ambiente. Es decir, que cuando la heredabilidad es alta, se puede decir que el desempeño productivo nos permite trabajar por medio de la selección, en cambio si ésta es baja, tenemos influencia del medio ambiente y factores no genéticos. El objetivo de la selección es elegir aquellos animales con mejores características para que sean padres de la siguiente generación (*Cardellino y Rovira 2013*).

El rango de heredabilidad estimado en ganado Holstein en México, es de 0.13 a 0.57 aproximadamente para la producción de leche a primer parto, y el rango de repetibilidad es de 0.32 a 0.52 para producciones de leche hasta el tercer parto (*Sosa 1980*).

Se debe considerar que la heredabilidad no es un valor absoluto, ya que puede verse alterada por diferencias genéticas entre los individuos o factores medio ambientales que ocurren en el hato, esta variación entre los animales es con la que se ha trabajado para predecir la mejora genética por selección: Variación Fenotípica (VF) = Variación Genética (VG) + Variación Ambiental (VA). La relación que hay entre la variación genética aditiva y la variación fenotípica se le conoce como herencia o heredabilidad y es uno de los conceptos más importantes en genética ya que determina las diferencias entre los individuos y las características que se transmiten a la progenie, siendo un parámetro importante para calcular una posible mejora en la transmisión de genes específicos.

En la selección de vacas para una producción futura se calculan características que pueden ser medidas más de una vez en diferentes tiempos en el mismo animal, es posible obtener la correlación promedio entre registros de producción de la misma vaca, a esta correlación se le llama repetibilidad, cuando esta repetibilidad es alta la eliminación con base al primer ciclo de producción será efectiva para mejorar la producción del año siguiente (*Ochoa et al., 1991*).

En cuanto a los registros reproductivos en machos se requiere saber: peso, fecha de la primera evaluación reproductiva, volumen, concentración del eyaculado, motilidad y mal formaciones; también son importantes los registros de la última evaluación reproductiva satisfactoria. Para la selección genética de un macho se requieren datos de acuerdo a sus registros reproductivos como: comportamiento individual, comportamiento de sus progenitores, comportamiento de su descendencia y comportamiento de parientes (*López et al., 2003*).

Para las evaluaciones de sementales también es importante calcular el promedio de los estimadores de los valores genéticos comparando los EBV's de los padres contra los de los toros probados que serán utilizados como sementales para el mejoramiento genético (*Montaldo et al., 1993*).

Las evaluaciones, así como los estudios genéticos que se han realizado para Holstein en México han sido escasos y solamente tomaron en cuenta a los animales registrados ante la AHM. Por lo tanto, se desconoce el progreso genético que han tenido hatos Holstein fuera de la asociación, pero que contribuyen en gran medida a la producción nacional, como es el caso del Banco Nacional de Información Lechera (BNIL) que actualmente se encuentra dentro del Programa Nacional de Mejoramiento Genético (PNMG) que incluye a la AHM y al BNIL. Debido a esto es importante evaluar los cambios en los valores genéticos de los padres de las vacas Holstein y su utilización en la población a través del tiempo. La base de datos de leche del PNMG presenta una excelente oportunidad para evaluar tendencias genéticas y fenotípicas de vacas y de toros durante los últimos cinco años (*Toledo et al., 2015*).

El uso de sementales con evaluaciones genéticas importantes a nivel nacional o internacional, permite incrementar el nivel productivo en las vacas, introduciendo diversidad genética en diferentes países. Sin embargo, el uso de material genético a nivel comercial para la IA, requiere del uso de índices que permitan comparar el valor genético del semen con la producción láctea de las hijas de cada ejemplar, que está a la venta en el mercado, garantizando una mejoría en la producción del hato. (*Harris y Newman, 1994*).

La varianza fenotípica σ_F^2 es la suma de las varianzas atribuibles a fuentes de variación genéticas (G) y ambientales (E), así como de las interacciones entre ellas. Esto se puede representar por:

$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_E + 2\sigma_{GE}$ y si se supone que no existe correlación entre el genotipo y el medio ambiente, entonces $\sigma_{GE} = 0$, a todo esto, se les llama componentes de varianza y es la varianza que se considera total (López *et al.* 2015).

Muchas características de importancia económica tienden a repetirse varias veces en la vida de un animal, esta asociación de medidas repetidas en un mismo animal es un parámetro poblacional definido para una característica dada y se conoce en genética como repetibilidad, cabe mencionar que no es una constante biológica porque varía según la población y el ambiente (Valencia *et al.* 1999).

En el caso de producción de leche, se puede medir esta característica más de una vez en diferentes tiempos, en el mismo animal. La repetibilidad es una correlación entre medidas repetidas del mismo carácter sobre un grupo de individuos, es decir en otros términos es el cociente entre la varianza de habilidad de producción y la varianza fenotípica, son los mismos genes y las mismas interacciones permanentes, las que determinan ambos registros, solamente un efecto ambiental temporal cambia de un registro a otro en el mismo individuo. Cuando la repetibilidad es alta las diferencias en fenotipo son mayormente atribuibles a diferencias en habilidad de producción y no a diferencias ambientales temporales; la eliminación con base en el primer ciclo de producción será efectiva para mejorar la producción del hato en los siguientes años. La repetibilidad es el límite máximo de la heredabilidad, es más fácil estimarla dado que no requiere una estructura familiar y por lo tanto requiere menos tiempo y menos animales (Abubakar *et al.* 1987).

OBJETIVOS

❖ **Objetivo General:**

- Evaluar el aporte genético de toros utilizados por Inseminación Artificial en un hato de vacas Holstein, altas productoras.

❖ **Objetivos Particulares:**

- Estimar la heredabilidad y la repetibilidad de la producción total de leche ajustada a 305 días.
- Calcular la producción total esperada de sus hijas (PTA).
- Clasificar a los toros que aportan positivamente o negativamente sus genes de acuerdo a la producción láctea de sus hijas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizaron registros de producción de leche de 881 vacas, ubicadas en un establo del estado de Querétaro y semen de 200 toros usados mediante inseminación artificial. Dicho estado se localiza en una latitud de (21° 40' – 20° 01'), con una longitud de (99° 03'- 100° 36'), cuenta con un clima seco en la mayor parte del estado, a excepción del norte donde cuenta con un clima templado, moderado y lluvioso con una temperatura de 18°. (www.queretaro.gob.mx)

La producción Total de Leche (PTL) se ajustó a 305 días para cada vaca, usando como covariable el número de lactancia de la hembra. Para obtener los ajustes a 305 días se utilizó la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = [(\mu + t_i + B(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ijk}) / DP] \times 305$$

Dónde:

Y_{ij} es la producción total de leche de la j -ésima vaca del i -ésimo toro

X_{ij} es el número de lactancia

\bar{X} es el promedio del número de lactancia

μ es la media poblacional

t_i es el efecto del i -ésimo toro

B es el parámetro de ajuste

ε_{ijk} el error aleatorio del k -ésimo hija de la j -ésima hembra con el i -ésimo toro

DP son los días en producción.

Se estimaron los componentes de varianza mediante el método Máxima Verosimilitud para lo cual se usó el programa SAS 1996. Estos componentes de varianza sirvieron para estimar la heredabilidad de la producción de leche total y la repetibilidad. Para ello se consideró a la Varianza Fenotípica total como:

$$\sigma_{FT}^2 = \sigma_W^2 + \sigma^2 s$$

Donde:

σ_{FT}^2 Es la varianza fenotípica total.

σ_W^2 Es la varianza del error.

σ_s^2 Es la varianza de semental.

A la heredabilidad como:

$$h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_{FT}^2}$$

Donde:

h^2 Es la heredabilidad

σ_s^2 es la varianza aditiva de sementales.

σ_{FT}^2 es la varianza fenotípica total.

Y para la repetibilidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\sigma_s^2}{\sigma_{FT}^2}$$

Donde:

R es la repetibilidad (Correlación Intraclase)

σ_s^2 es la varianza de sementales.

σ_{FT}^2 es la varianza fenotípica total.

Se estimó el Valor Reproductivo Esperado de cada toro (EBV), así como el número de hijas que descienden de cada toro, la ecuación que se utilizó fue:

$$EBV = \frac{nh^2}{2[1 + (n + 1)t]} (\bar{x}_f - \bar{x}_o)$$

Dónde:

EBV es el Valor Reproductivo Esperado.

n es el número de hijas por semental.

h^2 es la heredabilidad de la producción total de leche.

\bar{x}_f es el promedio de las hijas de cada semental.

\bar{x}_o es el promedio del hato.

t es la repetibilidad ó correlación intraclase.

Con los EBV estimados se calculó para cada toro su PTA (Producción de Leche Esperada) mediante:

$$PTA = \frac{1}{2}(EBV)$$

Donde:

PTA es Producción de Leche Esperada

EBV es Valor Reproductivo Esperado

$\frac{1}{2}$ es la mitad

RESULTADOS

En el cuadro siguiente se muestran los principales indicadores del hato en estudio, con producción total de leche en kg ajustada a 305 días, número de vacas hijas de estos sementales, número de sementales utilizados mediante inseminación artificial, desviación estándar y el coeficiente de variación.

CUADRO 1. Principales indicadores del hato.

DATOS	VALORES
NÚMERO DE VACAS	881
NÚMERO DE SEMENTALES	200
PTL PROMEDIO	11523.03 kg
DESVIACIÓN ESTANDAR	2109.34 kg
CV (%)	18.31

*PTL=Producción total de leche, CV= Coeficiente de Variación

En el cuadro 2 se muestra la descripción general de la producción láctea promedio de las hijas por lactación desde la lactación de 1 año a 6 o más años, el respectivo número de vacas que pertenecen a cada grupo y la desviación estándar de cada lactación.

CUADRO 2. Descripción general del hato en estudio.

LACTANCIA	NUM. VACAS	PROMEDIO kg	DESV EST. kg
1	395	11,668.99	1,572.77
2	239	10,326.76	1,868.80
3	148	12,716.51	2,247.96
4	67	12,216.88	2,957.76
5	21	11,297.87	2,663.94
6 o más	11	12,052.14	2,440.31
MEDIA GRAL.	881	11,518.45	1,908.68

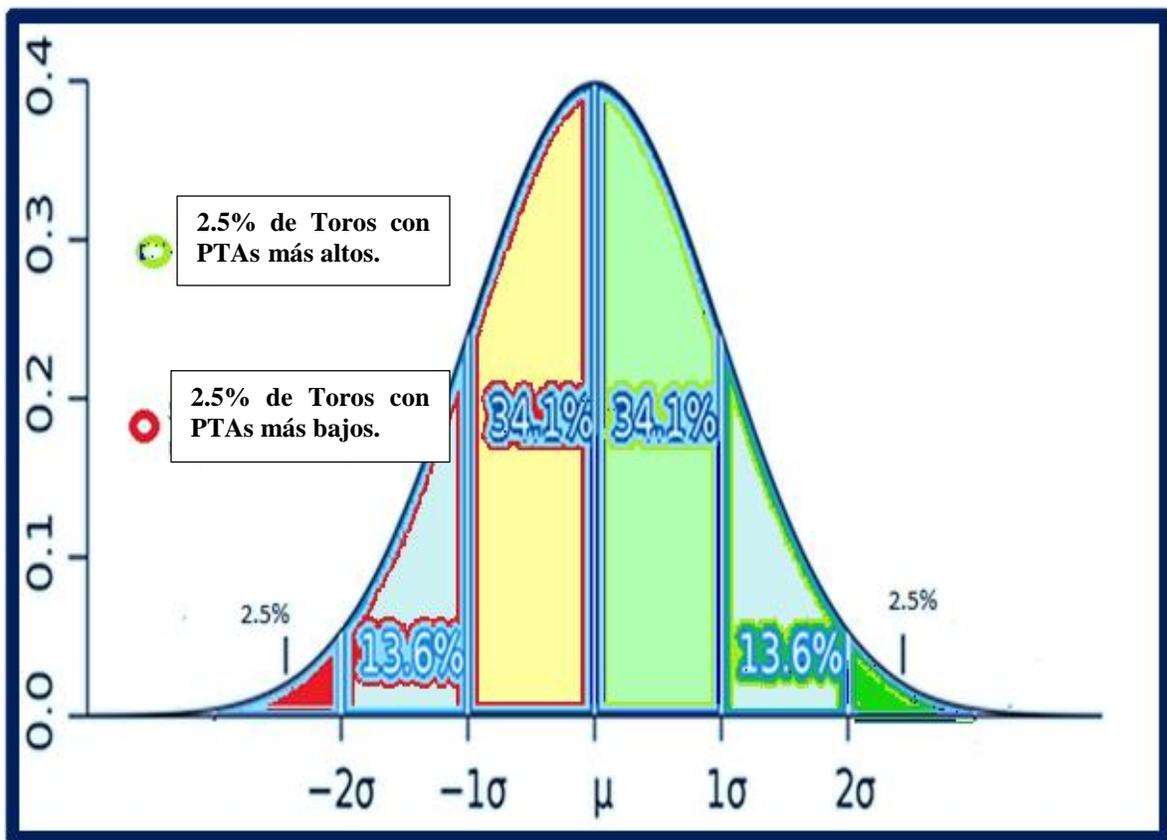
DESV EST. =Desviación estándar, MEDIA GRAL=media general, kg=kilogramo.

Cuadro 3. Se muestran los componentes de varianza que se calcularon para el presente estudio.

Componentes de Varianza	
σ_s	108059
σ^2_E	4757776
σ^2_{FT}	4865835
h^2	0.088
R	0.022
K	11.09

σ_s = Varianza Entre Sementales, σ^2_E = Varianza Dentro de Sementales,
 σ^2_{FT} = Varianza fenotípica total, h^2 = Heredabilidad R = Repetibilidad
 K = Promedio hijas por semental.

GRAFICA 1. Distribución aproximada de los PTAs de los 200 toros usados en este trabajo



PTA=Producción de leche esperada, σ = Desviación estándar

CUADRO 4. Promedio y producción total de leche de las hijas de 5 toros (2.5%) con EBV y PTA más alto.

NUM. TORO	N. HIJAS	PROD. TOTAL kg	PROMEDIO kg	EBV	PTA kg
116	14	172,396	12,314	382.3	191.2
19	8	101,168	12,646	345.7	172.8
217	3	42,477	14,159	336.3	168.2
3	4	53,952	13,488	327.4	163.7
148	18	217,260	12,070	318.2	159.1
TOTAL	47	587,253	12,494.7		

PTA=Producción de leche esperada en kg, EBV= Valor Reproductivo Esperado, N.=número, PROD=Producción total en kg.

CUADRO 5. Promedio y producción total de leche de las hijas de 5 toros (2.5%) con EBV y PTA más bajos.

NÚM. TORO	N. HIJAS	PROD. TOTAL kg	PROMEDIO kg	EBV	PTA kg
190	14	146,762	10,483	-502.7	-251.3
182	17	181,424	10,672	-475.1	-237.5
24	5	46,770	9,354	-442.6	-221.3
186	11	115,907	10,537	-394.7	-197.4
113	28	308,588	11,021	-391.5	-195.8
TOTAL	75	799,447.5	10,659.30		

PTA=Producción de leche esperada en kg, EBV= Valor Reproductivo Esperado, N.=número, PROD.=Producción total en kg.

CUADRO 6. Diferencias en kilogramos de leche entre las hijas de los 5 toros con PTA's más altos y más bajos que se deja de producir en el hato.

DATOS	NÚM. HIJAS	PRODUCCIÓN PROMEDIO KG DE LECHE	PRODUCCIÓN TOTAL EN KG LECHE
5 TOROS -	75	10,659	799,447
5 TOROS +	47	12,494	587,253
HIJAS FALTANTES DE TOROS +	28	12,499	349,832
HIJAS DE TOROS + AJUSTADAS AL MISMO NUM. DE TOROS -	75	12,499	937,085
DIFERENCIA REAL		937,085-799,447	137,638

DISCUSIÓN

Los cuadros 1 y 2 muestran la estructura y composición del hato en estudio, como se puede ver 881 vacas en producción denotan un hato relativamente pequeño si lo comparamos con otros que sobrepasan las 5000 vacas, pero se puede afirmar que este hato pertenece a aquellos altamente tecnificado ya que su producción promedio PTL por lactancia por vaca es de 11523 Kg ajustada a 305 días.

El cuadro 3 se muestra los componentes de varianza obtenidos en este trabajo, así como los parámetros genéticos de $h^2 = 0.088$ y $R = 0.022$, valores que resultan más bajos que los reportados por otros autores ya que el rango de heredabilidad estimado en ganado Holstein en México fue de 0.13 a 0.57 aproximadamente para la producción de leche a primer parto, y el rango de repetibilidad de 0.32 a 0.52 para producciones de leche hasta el tercer parto (Valencia *et al.*, 2008; Toledo *et al.*, 2014). Sin embargo se sabe que el medio ambiente interacciona con los genotipos no solo de los sementales sino que también con su descendencia (Abubakar *et al.* 1987; Falconer y Mackay, 2001; López *et al.* 2004; Roque *et al.* 2014; López *et al.* 2015).

Es importante señalar que a pesar de que los valores obtenidos para la heredabilidad y la repetibilidad son relativamente bajos y que el tamaño del hato estudiado es pequeño, se estimaron los valores de EBV y PTA usando estos resultados para producción de leche de las hijas de los 200 toros empleados en el presente estudio, Así también cabe mencionar que los toros aquí evaluados primeramente fueron ordenados alfabéticamente por su nombre comercial a los que se le asignó después un número progresivo del 1 al 200 y es así como se presentan en este trabajo.

En el gráfico 1 se representa la distribución de los 200 toros, usando sus PTA's estimados en este trabajo, como puede verse dicha curva está dividida en 6 porciones cada una delimitada por la desviación estándar de tal suerte que, partiendo del centro que representa a la media general, si le sumamos y restamos una desviación estándar el área que se cubre sería aproximadamente el 68.2% de los toros lo que equivale aproximadamente a 136 sementales, pero si le sumamos y restamos dos desviaciones estándar representamos el 95% de los toros, lo que equivale aproximadamente a 190 sementales y los restantes 5% quedan distribuidos en las áreas más

extremas de la curva, siendo éstos los utilizados para integrar los cuadros 4 y 5. Los PTA's no usados en los cuadros (190 sementales) se presentan en el anexo A (*López, 2017; Daniel, 2012.*)

En el cuadro 4 se puede ver la producción de los 5 toros con EBV y PTA más altos así como el número de hijas que dejaron en el hato, siendo un total de 47 vacas con un promedio de producción general de 12,494.7 kg, arrojando una producción total de 587, 253 kg de leche, en tanto que los toros con más bajo EBV y PTA's en sus hijas dejaron 75 descendientes con un promedio general de 10,659.3 kg por hija, arrojando un total de 799,447.5 kg (cuadro 5).

Puede verse en este cuadro 6 que al menos en los extremos de la curva normal que se formaría al separar los 100 toros con PTA positivos de los 100 toros con PTA negativos, que estos últimos tienen más hijas (75) en el hato, que los toros con PTA positivos más altos (47), situación que se refleja en el promedio de la producción de leche total (PLT) de las hijas de los toros con PTA más bajo y más altos de 10,659 y 12,494 Kg respectivamente. Lo que sugiere que el propietario del hato estaría perdiendo la oportunidad de producir más leche 137,638 kg con el mismo número de vacas como se muestra en el cuadro 6, si él o sus asesores técnicos, no eligen mejor el semen de los toros padres de las futuras vacas de su hato (*Abubakar et al. 1987; López et al. 2015*).

CONCLUSIONES

Se concluye que el mejoramiento genético en este hato a pesar de que está altamente tecnificado, existe una deficiente selección en el uso de los toros, al no considerar el aporte genético de estos en sus hijas, perdiendo la oportunidad de producir más leche con el mismo número de vacas.

Se calculó la Producción de leche esperada (PTA) de las hijas de toros y se encontró una diferencia marcada debido a que el hato es pequeño y existe una interacción genotipo-ambiente lo que pudo propiciar a una baja heredabilidad y repetibilidad.

El impacto genético que sugiere este hato por el uso de toros mediante Inseminación Artificial y el efecto del toro en la mejora genética futura, se hace más importante por el hecho, de que repercute en la producción de leche en kg y es de suma importancia económica para el productor lo adecuado es tratar siempre de seleccionar a los mejores sementales para obtener el máximo beneficio en aporte genético.

REFERENCIAS

1. Abubakar BY, McDowell RE, Van Vleck LD. 1987. Interaction of genotype and environment for breeding efficiency and milk production of Holsteins in México and Colombia. *Trop Agric (Trinidad)*; 64:17.
2. Anónimo. 2015 Boletín, elaborado por la estadística que presenta es de referencia, no oficial, y proviene de varias fuentes, las principales: USDA/AMS, FAO, OMC, OCDE, EUROSTAT, MEX/INEGI, MEX/LICONSA, MEX/BANXICO, MEX/SE, MEX/SIAP/SAGARPA) Información dirigida al sector lechero de México. www.lactodata.info.com
3. Cardellino R. y Rovira J., 2013. Mejoramiento Genético Animal. Capítulos 5 y 7.
4. Castillo M., A. 1985. Las funciones que estima el paquete para análisis estadísticos SAS. Comunicaciones en Estadística y Cómputo. CEC. CP. Vol. 4, Núm. 3. 31 p.
5. Hansen, P. and Block, J. 2004. Towards anembryocentric world; the current and potential uses of embryo technologies in dairy production. In: *Reproduction Fertility and Development Vol.16*; p.1-14.
6. Harris DL, Newman S. 1994. Breeding for profit: synergism between genetic improvement and livestock production. *J Anim Sci*; 72:2178-2200.
7. López OR, Castillo JH, Montaldo VH. 2003. Covarianzas genéticas y fenotípicas para días abiertos y características de la curva de lactancia en vacas Holstein en el norte de México. *Vet Méx.*
8. López B.B., Carmona M.M.A., Altamirano A.F., Barrón G.Ma del C., Alquicira C.J.A., Solares D.G. Y Martínez V.D.2004. *Genetica Veterinaria, Manual de laboratorio*. FES-Cuatitlan, UNAM. 130 P.
9. López B.B. 2015. Capítulo “Heredabilidad” en el compendio. “Elaboración de un compendio electrónico utilizando la plataforma Moodle como apoyo para la impartición de clases de genética de la carrera de MVZ de la FES-Cuatitlán. <http://tuaulavirtual.educatic.unam.mx/course/view.php?id=2979>
10. López B.B., Gijón F.A., Esperón S.A.E, Guzmán D.C., González S.F.B., Carmona M.M.A., Manzano C.C. 2015. Las células somáticas en leche de vacas Holstein altas productoras responden a un efecto interacción genotipo-ambiente. *Memorias del*

XXXIX Congreso Nacional e Internacional de Buiatría 2015 “Lic. Luis Bravo Tornel”
400 | P á g i n a. 30,31 de Julio y 1 de Agosto de 2015. Puebla, Puebla.

11. Mark T. 2004. Applied genetic evaluations for production and functional traits in dairy cattle. *J Dairy Science*; 87:2641-2652.
12. Montaldo VH, Torres NS. 1993. Repetibilidad de la producción de leche e intervalo entre partos en una población de vacas Holstein en México. *Arch Zootec*; 42:361-366.
13. Mourits MCM, Huirne RBM, Dijkhuizen AA, Kristenses AR, Galligan DT. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. *Agric Sys*; 61:17-31.
14. Ochoa GP, 1991. Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche, Dep. de Genética y Bioestadística, FMVZ UNAM-C.
15. SAS Institute. 1996. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements through Release 6.11. Cary, N. C. pp: 531-656.
16. Sosa FC. 1980. Estimación de Índice de herencia y constancia para producción de leche y tipo en un hato Holstein del noroeste de México [tesis licenciatura]. México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México.
17. Toledo AH, Ruiz LF, Vásquez PC, Berruecos VJ, Elzo A. 2015. Parámetros genéticos para producción de leche de ganado Holstein en dos modalidades de control de producción. *Rev Mex Ciencias Pecuarias* (4):443-457.
18. Valencia PM, Montaldo VH, Ruiz LF. 2008. Parámetros genéticos para características de conformación, habilidad de permanencia y producción de leche en ganado Holstein en México. *Téc Pecu Méx*; 46(3):235-248.
19. Valencia PM, Ruiz LFJ, Montalvo VH, Keown .JI!" Van Vleck LD. 1999. Evaluación Genética para la producción de leche en ganado Holstein en México, *Téc. Pecu. Mex.*;37(3)1-8.
20. VanRaden PM. 2004. Invited review: Selection on merit to improve lifetime profit. *J Dairy Science*; 87:3125-3131.
21. López, B.B. 2017. Bioestadística Veterinaria. UNAM. (en prensa).
22. Daniel, W.W. 2012. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud.

APÉNDICE A.

TORO	# HIJAS	PROMEDIO kg	EBV	PTA kg	TORO	# HIJAS	PROMEDIO kg	EBV	PTA kg
190	14	10,483	-502.7	-251.3	44	1	11,543	0.9	0.4
182	17	10,672	-475.1	-237.5	131	1	11,543	0.9	0.4
24	5	9,354	-442.6	-221.3	16	2	11,559	3.1	1.6
186	11	10,537	-394.7	-197.4	58	1	11,630	4.8	2.4
113	28	11,021	-391.5	-195.8	8	4	11,567	7.3	3.7
41	4	9,193	-388.2	-194.1	98	1	11,692	7.5	3.8
204	2	7,092	-385.0	-192.5	13	2	11,705	15.8	7.9
97	15	10,824	-355.9	-178.0	86	1	11,907	17.0	8.5
102	18	10,924	-348.4	-174.2	197	1	11,941	18.6	9.3
202	6	10,225	-311.5	-155.8	67	5	11618	19.4	9.7
42	1	5,589	-263.5	-131.7	170	1	12,018	22.0	11.0
40	14	10,984	-260.5	-130.3	45	2	11,783	22.6	11.3
55	3	9,617	-243.2	-121.6	17	1	12,111	26.1	13.1
111	3	9,758	-225.2	-112.6	160	1	12,163	28.4	14.2
59	1	6,567	-220.0	-110.0	82	2	11,851	28.5	14.2
50	1	6,575	-219.7	-109.8	180	1	12,183	29.3	14.7
126	12	11,018	-216.6	-108.3	179	1	12,198	30.0	15.0
78	8	10,824	-215.2	-107.6	199	2	11,891	32.0	16.0
203	1	6,713	-213.6	-106.8	125	2	11,901	32.8	16.4
68	1	6,976	-201.9	-100.9	198	5	11,698	35.7	17.9
14	5	10,543	-200.0	-100.0	120	2	11,965	38.4	19.2
188	15	11,139	-195.5	-97.8	10	2	11,975	39.3	19.6
168	2	9,380	-186.2	-93.1	143	1	12,428	40.2	20.1
206	1	7,376	-184.1	-92.1	35	1	12,537	45.0	22.5
95	5	10,737	-160.4	-80.2	89	11	11,636	45.2	22.6
64	3	10,320	-153.5	-76.7	20	1	12,605	48.0	24.0
135	4	10,628	-149.1	-74.6	74	2	12,077	48.1	24.1
108	1	8,395	-138.9	-69.4	129	1	12,612	48.4	24.2
136	2	9,973	-134.7	-67.3	145	2	12,080	48.4	24.2
122	15	11,266	-130.9	-65.4	6	1	12,670	50.9	25.5
84	1	8,782	-121.7	-60.9	53	1	12,719	53.1	26.6
183	1	8,808	-120.5	-60.3	211	2	12,143	53.9	26.9
158	1	8,991	-112.4	-56.2	161	1	12,755	54.7	27.4
23	2	10,290	-107.1	-53.6	39	4	11,879	59.3	29.7
115	1	9,196	-103.3	-51.7	105	2	12,219	60.5	30.2
166	1	9,213	-102.6	-51.3	146	1	12,890	60.7	30.3

167	4	10,911	-102.0	-51.0	159	2	12,319	69.2	34.6
36	2	10,350	-101.9	-51.0	21	1	13,120	70.9	35.5
26	4	10,921	-100.3	-50.1	194	1	13,168	73.0	36.5
7	1	9,314	-98.1	-49.0	201	1	13,209	74.9	37.4
94	2	10,402	-97.4	-48.7	63	1	13,216	75.2	37.6
4	2	10,427	-95.2	-47.6	37	2	12,400	76.2	38.1
142	3	10,783	-94.4	-47.2	169	2	12,420	77.9	39.0
80	3	10,804	-91.7	-45.9	177	2	12,435	79.2	39.6
130	3	10,823	-89.3	-44.7	93	1	13,330	80.2	40.1
75	2	10,497	-89.1	-44.6	163	2	12,458	81.2	40.6
215	1	9,628	-84.1	-42.1	57	2	12,509	85.7	42.8
15	2	10,599	-80.3	-40.1	38	3	12,213	88.0	44.0
210	1	9,732	-79.5	-39.8	91	4	12,080	92.8	46.4
185	2	10,632	-77.4	-38.7	65	1	13,662	95.0	47.5
69	1	9,798	-76.6	-38.3	216	2	12,631	96.3	48.1
133	4	11,078	-74.1	-37.1	107	3	12,319	101.6	50.8
173	3	11,001	-66.6	-33.3	43	2	12,693	101.7	50.8
175	1	10,049	-65.4	-32.7	11	2	12,733	105.1	52.6
22	1	10,058	-65.0	-32.5	149	4	12,170	107.8	53.9
79	1	10,089	-63.7	-31.8	110	2	12,765	107.9	54.0
85	1	10,117	-62.4	-31.2	88	1	13,957	108.1	54.0
117	4	11,154	-61.5	-30.7	96	1	13,961	108.2	54.1
31	1	10,159	-60.6	-30.3	112	3	12,375	108.7	54.4
2	1	10,197	-58.9	-29.4	207	1	13,972	108.7	54.4
124	1	10,226	-57.6	-28.8	66	2	12,781	109.3	54.7
187	3	11,078	-56.8	-28.4	164	1	14,118	115.2	57.6
152	1	10,265	-55.9	-27.9	76	22	11,696	115.6	57.8
189	4	11,236	-47.8	-23.9	1	5	12,091	115.9	57.9
72	2	10,995	-45.9	-22.9	114	1	14,245	120.9	60.4
200	2	11,043	-41.7	-20.9	209	1	14,298	123.2	61.6
29	2	11,045	-41.5	-20.8	121	11	11,833	124.1	62.1
5	1	10,634	-39.5	-19.7	134	1	14,330	124.6	62.3
103	1	10,642	-39.1	-19.6	34	10	11,864	126.4	63.2
49	1	10,693	-36.9	-18.4	153	2	13,013	129.5	64.7
56	2	11,108	-36.1	-18.0	81	3	12,548	130.8	65.4
52	1	10,817	-31.3	-15.7	132	2	13,075	134.9	67.4
137	1	10,829	-30.8	-15.4	181	1	14,572	135.4	67.7
141	2	11,171	-30.6	-15.3	172	2	13,093	136.4	68.2
62	3	11,286	-30.2	-15.1	128	1	14,685	140.4	70.2
193	1	10,862	-29.3	-14.7	54	9	11,947	144.1	72.0
178	4	11,352	-28.5	-14.2	99	14	11,835	150.8	75.4

118	2	11,206	-27.5	-13.8	205	1	14,940	151.7	75.9
213	1	10,937	-26.0	-13.0	156	3	13,041	193.7	96.8
176	4	11,370	-25.5	-12.7	104	6	12,349	198.2	99.1
195	1	11,007	-22.9	-11.5	27	2	13,833	200.7	100.4
47	2	11,310	-18.5	-9.3	109	2	13,869	203.8	101.9
83	1	11,127	-17.6	-8.8	174	4	12,752	204.8	102.4
212	2	11,327	-17.0	-8.5	162	4	12,868	224.1	112.0
184	1	11,142	-16.9	-8.5	196	11	12,097	229.8	114.9
46	1	11,149	-16.6	-8.3	25	5	12,704	241.0	120.5
87	1	11,217	-13.6	-6.8	140	1	16,997	243.0	121.5
144	4	11,452	-11.8	-5.9	119	9	12,269	253.5	126.7
48	1	11,270	-11.2	-5.6	123	4	13,069	257.6	128.8
157	2	11,409	-9.9	-5.0	77	7	12,484	263.9	131.9
138	4	11,465	-9.7	-4.8	61	7	12,518	273.2	136.6
165	1	11,317	-9.1	-4.6	101	5	12,893	279.5	139.8
218	1	11,333	-8.4	-4.2	12	4	13,349	304.2	152.1
28	1	11,339	-8.2	-4.1	100	12	12,241	308.0	154.0
30	1	11,348	-7.8	-3.9	155	5	13,054	312.4	156.2
147	1	11,464	-2.6	-1.3	60	2	15,134	313.8	156.9
106	1	11,465	-2.6	-1.3	148	18	12,070	318.2	159.1
154	1	11,490	-1.5	-0.7	3	4	13,488	327.4	163.7
127	1	11,516	-0.3	-0.2	217	3	14,159	336.3	168.2
					19	8	12,646	345.7	172.8
					116	14	12,314	382.3	191.2
TOTAL	342	1,023,448	-11476.4	-5738.2	TOTAL	347	1,280,969	11894.4	5947.2