

A

01621
62



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INTERACCION GENOTIPO X AMBIENTE PARA PRODUCCION
DE LECHE USANDO REGRESIONES ENTRE EVALUACIONES
GENETICAS DE TOROS HOLSTEIN EN CANADA, ESTADOS
UNIDOS Y MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
SANDRA GIOVANNA NUÑEZ SOTO

ASESORES: DR. HUGO H. MONTALDO VALDENEGRO

DR. FELIPE DE J. RUIZ LOPEZ

M.P.A. REYES LOPEZ ORDAZ

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Sandra Giovanna Nuñez Soto

Nuñez Soto

2003

MEXICO, D. F.

FECHA: 10/05/03

1.2





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.

"Saber no es suficiente, debemos aplicar. Desear no es suficiente, debemos hacer."

Johann W. Von Goethe

"El esqueleto de la ciencia son los hechos, pero los músculos y los nervios son el significado que se les confiere, y el alma de la ciencia son las ideas."

Ruy Perez Tamayo
científico mexicano

"Profundizar en el conocimiento científico es una de las mejores vías para lograr plenitud y libertad."

Pilar Alvarez Pellicero
bióloga española

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Agradecimientos

Deseo expresar mi total agradecimiento a todas aquellas personas que participaron directa e indirectamente en este trabajo, en especial a mis padres CP. José Gaspar Antonio Núñez Balderas y Sra. Dulce Ma. Soto de Núñez por su gran apoyo tanto moral como económico, por sus consejos y enseñanzas, por darme una gran carrera profesional y una gran fuerza para lograr este trabajo, a mi padre mi agradecimiento especial por su paciencia, sus grandes conocimientos y transmitirme su honestidad en todo lo que realiza, y a mi madre por esos grandes momentos de felicidad, su ayuda en todo y por darme esa gran fuerza personal.

Asimismo, agradezco a mis hermanos Angélica, Ileana (gracias por tu especial apoyo) y Xavier por su apoyo incondicional y ser parte importante de mi vida, a Mario por su paciencia, consejos y apoyo de todo tipo, a mis compañeros de trabajo por su apoyo en todo momento, a mis amigos por su solidaridad en todo momento y hacerme la vida más divertida; en horas de trabajo extraordinario: al Doctor Felipe Ruiz, INIFAP, y al MPA. Reyes López Ordaz, FMVZ-UNAM, por haberme proporcionado apoyo académico y personal para el término de este estudio.

Agradezco en especial al Doctor Hugo H. Montaldo Valdenegro, ya que este trabajo no habría sido posible sin su estímulo intelectual, y de quien tomé toda mi formación profesional y desarrollo personal.

A la Dra. Hilda Castro Gámez por ofrecerme su apoyo e introducirme a este maravilloso mundo de la Genética Animal, y llevar acabo uno de mis más grandes deseos de mi vida.

A los académicos de la Facultad que fungieron como mi jurado, por sus grandes conocimientos y ser parte de mi orientación académica.

Y por último agradezco a mi Alma Mater "Universidad Nacional Autónoma de México" en especial a la "Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia" quien me dio la formación académica y de todos mis profesores que participaron en ella.

"Por mi raza hablará el espíritu".



0

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MATERIAL Y MÉTODOS	10
RESULTADOS	15
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES	24
LITERATURA CITADA	25
FIGURAS	33
CUADROS	37

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RESUMEN

NÚÑEZ SOTO SANDRA GIOVANNA. Interacción genotipo x ambiente para producción de leche usando regresiones entre evaluaciones genéticas de toros Holstein en Canadá, Estados Unidos y México (bajo la dirección de: Hugo H. Montaldo Valdenegro, Felipe de J. Ruiz López y Reyes López Ordaz).

Se analizaron evaluaciones genéticas oficiales 2001 de toros Holstein para producción de leche en Canadá, EEUU y México con una confiabilidad mínima del 75% en cada país, para investigar posibles interacciones genotipo x ambiente (IGA). Se utilizaron modelos de regresión lineal y cuadrática para predecir las habilidades de transmisión predicha en México (HTP) en (kg) a partir de evaluaciones canadienses y estadounidenses (HTP) en (kg). Para México-Canadá, se analizaron 41 toros y para México-EEUU 74 toros. Se evaluaron las correlaciones genéticas (r_g) entre pares de países. Los modelos de regresión y las r_g se evaluaron en general y dentro de dos niveles de ambiente (alto y bajo) de hatos mexicanos. Los efectos cuadráticos no fueron significativos ($P>0.05$). Se obtuvieron mayores coeficientes de determinación ajustados para México-EEUU (36.66%) que para México-Canadá (30.46%). Las pendientes de regresión lineal de las HTP en las evaluaciones estadounidenses fueron de 0.787 kg y en las canadienses de 0.662 kg. Las r_g para México-EEUU estuvieron entre 0.66 y 0.69 y resultaron menores a uno ($P<0.05$) y para México-Canadá, fueron entre 0.52 y 0.75. La r_g México-EEUU fue mayor para el ambiente alto que para el bajo (0.69 vs. 0.66), mientras que para México-Canadá sucedió lo contrario (0.52 vs. 0.75). La r_g entre EEUU-Canadá fue de 0.92. Los resultados indican que para maximizar la respuesta genética en leche en México usando semen importado de Canadá y EEUU, deben utilizar toros con las evaluaciones genéticas más altas para producción de leche. Las r_g menores a 0.8 indican importantes IGA para leche.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I. INTRODUCCIÓN

La población de vacas dedicada a la producción de leche en México fue de aproximadamente 1,813,588 en 1998¹, de éstas, 692,491 se consideraron especializadas en la producción de leche². La mayor parte de esta población especializada es de raza Holstein, la cual es utilizada para la producción de leche principalmente en sistemas intensivos en climas templados, tanto en México como a nivel internacional.^{3,4} La población especializada aporta aproximadamente el 50% de la producción total del país.^{5,2} De este grupo de animales, 9,432 vacas y 478 toros fueron registrados en la Asociación Holstein de México en el año 1998.⁶

La población de tipo Holstein está formada por una proporción pequeña de animales de registro (8,641 machos y 304,801 hembras registrados en el año 2001)⁶ y en el 2002 se registraron 9,527 hembras y machos.⁶ El resto de la misma, está formada por animales no registrados, obtenidos a partir de semen importado o de encaste con machos Holstein de Estados Unidos, Canadá y México.⁴ Por consecuencia, el desarrollo de esta raza en México en los últimos 25 años ha estado basado en importaciones de animales vivos, semen y embriones, principalmente desde Estados Unidos, Canadá y recientemente, y en menor proporción desde Europa y Oceanía.^{7,4,8,9,10}

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A nivel internacional, incluyendo Canadá y Estados Unidos, se han desarrollado programas de mejoramiento genético que han permitido incrementar el potencial genético de estas poblaciones para la producción de leche, grasa y proteína. Como resultado de lo anterior, el ganado Holstein de Canadá y Estados Unidos ha sido exportado a muchos países con el fin de incrementar los niveles de producción de leche.¹¹ Considerando las tendencias genéticas positivas obtenidas en Estados Unidos (111 kg/año de 1990-2000) y en Canadá (133 kg/año de 1988-1998), podemos suponer que el uso de semen de este origen, ha ayudado a incrementar el valor genético de la población Holstein de México para la producción de leche.^{12,10,13} El progreso genético anual estimado para la población de leche en México, fue de 25-30 kg a 305 días equivalente maduro,^{14,15} lo que equivale de 0.3 a 0.4% de la media. Aunque positivo, este valor es inferior al que se podría obtener en una población cerrada de 2000 vacas en control de producción con un programa eficiente de selección con pruebas de progenie e inseminación artificial; donde el progreso genético esperado por año puede ser de 1.5 a 2.0% de la media por año y muy inferior al que se puede obtener haciendo una selección eficaz de toros por valor genético para producción o por valor económico.^{16,17,7,18}

Considerando el déficit de leche de nuestro país^{4,19} y la necesidad de incrementar la eficiencia económica de la industria lechera, es indispensable iniciar programas eficientes para el mejoramiento genético del potencial

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

productivo de esta población.¹⁷ La producción de leche es un componente clave del objetivo de selección para el mejoramiento genético del ganado lechero.

Evaluación y selección de toros

Los métodos de evaluación genética de animales han venido evolucionando constantemente en las últimas décadas con el uso de modelos estadísticos lineales mixtos, tales como el modelo animal.³ Esto ha permitido hacer un uso más eficaz de datos de genealogía y control de producción para obtener las habilidades transmisibles predichas de los animales.^{20,21,9}

El uso adecuado de estas evaluaciones para la selección de sementales superiores para inseminación artificial, ha resultado en importantes incrementos del mérito genético de la población de bovinos para la producción de leche y otras características económicamente importantes.^{22,21}

Definición de Habilidad de Transmisión Predicha (HTP)

El modelo animal ha sido la base para las evaluaciones genéticas de toros y vacas Holstein en México desde 1990.⁵ Las evaluaciones se conocen ahora en México como habilidades de transmisión predichas (HTP) que es un término equivalente al de aptitud de transmisión predicha "predicted transmitting ability" (PTA) usado en Canadá y Estados Unidos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El término habilidad de transmisión predicha evalúa un medio del valor genético; es decir, la mitad de los efectos aditivos de los genes propios, que son los efectos génicos que un animal transmite a su progeñe. Así, la capacidad de transmisión es un medio del valor de cría (valor genético aditivo).^{23,20,11,3,24,21}

Interacciones genotipo por ambiente

El fenotipo asociado con la producción de leche (medición de la producción) es considerado usualmente como la suma de efectos genéticos y ambientales independientes. Este modelo puede no ser satisfactorio en ciertas situaciones. Cuando existe interacción del genotipo con el ambiente (IGA) esta independencia se pierde, y este modelo simple no ajusta los datos apropiadamente.²⁵

La interacción entre efectos genéticos y ambientales existe cuando el efecto de los genes es distinto en diferentes ambientes.³ Las IGA existen cuando la mejor combinación de un genotipo y un ambiente determinados actúan conjuntamente para permitir una mayor eficiencia en la producción animal.²⁶ Las IGA pueden afectar la eficiencia de los programas de selección al reducir la respuesta en rendimiento de características (ej. crecimiento, producción láctea) en animales que producen bajo condiciones ambientales diferentes a aquellas en las cuales fueron seleccionados,²⁴ resultando en la falta de adaptación de genotipos

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

particulares a condiciones específicas. La IGA también puede reducir la rentabilidad cuando las condiciones ambientales de producción usadas para seleccionar los animales son diferentes de aquellas en la población comercial, como es el caso de toros evaluados en un país o sistema de producción y utilizados en otro.

Las IGA son una fuente potencial de reducción de la eficiencia en programas de mejoramiento genético en áreas tropicales y países en desarrollo, porque estos frecuentemente utilizan material genético seleccionado en otros países y el clima y otras características de sistemas de producción generan numerosos desafíos ambientales (alimentación, instalaciones, temperatura, patógenos) que limitan la producción. Además, las características económicas de los mercados y los productos requeridos en regiones tropicales pueden diferir de aquellos donde los animales son seleccionados.^{27,28,24,29}

Dickerson (1977)³⁰ consideró la correlación genética entre ambientes (r_g) como el criterio más usado para evaluar la importancia de las interacciones genotipo por ambiente en programas de mejoramiento animal.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Respuestas observadas en México a la selección de toros evaluados en Estados Unidos

La respuesta a la selección al uso de toros Holstein norteamericanos en América Latina ha sido estimada en un estudio entre 53% y 78% de la observada en Estados Unidos con correlaciones genéticas que van de 0.78 a 0.91.³¹ Mucha de la reducción de las respuestas de producción de leche de las vacas ha sido atribuida a varianzas heterogéneas.³¹ En otro estudio con datos de México y Estados Unidos³² se encontraron correlaciones genéticas que van de 0.60 a 0.93 para la producción de leche. En el mismo estudio, las correlaciones genéticas fueron mayores entre hatos con niveles de producción similares en ambos países.³²

Justificación.

Las respuestas a la selección a partir de semen de toros importados de Canadá y Estados Unidos no son iguales en ambientes diferentes (países); así, una regresión no lineal (cuadrática), supone que los genes para una alta capacidad genética de producción de leche en Canadá y Estados Unidos, no son necesariamente los mismos que producen los mayores volúmenes de producción de leche en México, especialmente cuando las condiciones de ambiente para la producción de leche sean menos favorables.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Esta es una manera de medir interacción genotipo por ambiente que aparentemente no ha sido descrita en la literatura disponible sobre el tema.^{33,34,35,36} Si las regresiones de las evaluaciones de los valores genéticos para producción de leche de México en las evaluaciones de Canadá y Estados Unidos no son lineales, esto significa que la rentabilidad óptima en México se podría obtener con toros cuyas evaluaciones no sean las máximas en Canadá y Estados Unidos.

Otra manera de medir las IGA que ha sido descrita con frecuencia en la literatura es el cálculo de la correlación genética, cuyo valor resulta menor a uno si se presenta una IGA.

Esta correlación genética puede indicar que la respuesta a la selección de los toros evaluados en Canadá y Estados Unidos será menor en México y que los mejores toros en cuanto al potencial genético para la producción de leche pueden ser distintos en cada país.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Hipótesis.

1. La regresión de las HTP obtenidas en México en las HTP obtenidas en Canadá y Estados Unidos para la producción de leche de toros Holstein serán no lineales, debido a la presencia de interacciones genotipo por ambiente.

2. El grado de no linealidad, se incrementará con valores ambientales menores para los hatos en México.

3. Si existen relaciones no lineales entre las evaluaciones en ambos países la r_g será menor a uno.

4. Las r_g México-Estados Unidos y México-Canadá serán menores a uno.

Objetivos.

A. Comparar ecuaciones de regresión lineal vs. cuadrática de los valores de las HTP obtenidas en México en aquellas HTP obtenidas en Canadá o Estados Unidos para toros evaluados oficialmente.

B. Comparar estas ecuaciones por grupo de nivel de producción de las contemporáneas (nivel de ambiente).

C. Estimar las correlaciones genéticas México-Estados Unidos y México-Canadá en cada base de datos, en general y por nivel de ambiente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Datos

Se utilizaron evaluaciones genéticas oficiales para producción de leche publicadas en el año 2001 de toros evaluados en Canadá, Estados Unidos y México. Las evaluaciones de México fueron calculadas por la Asociación Holstein de México²³, para 2502 toros nacidos entre los años 1985 y 1998. Las evaluaciones genéticas oficiales para el año 2001 en Canadá se obtuvieron del servidor de Internet del Canadian Dairy Network²⁰ para 5680 toros nacidos entre los años 1958 y 1997. Las evaluaciones genéticas oficiales para el año 2001 en Estados Unidos se obtuvieron del servidor de Internet del Laboratorio de Mejoramiento Animal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (AIPPL-USDA-ARS)²¹ para 52,127 toros nacidos entre los años 1950 y 2001.

Los datos de toros con evaluaciones en México-Estados Unidos y México-Canadá fueron editados en una base de datos; con una confiabilidad (repetibilidad) mínima de 75%.^{23,24} La confiabilidad se definió como el coeficiente de determinación de la evaluación genética. Esto resulta conveniente para reducir la influencia de los efectos ambientales y genéticos aleatorios en las hijas de cada toro. Al combinar los archivos mediante una hoja de cálculo electrónica, 967 toros tuvieron una evaluación en México y Estados Unidos y 382

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

tuvieron una evaluación en México y Canadá. Al editarse con el mínimo de confiabilidad establecido, 74 toros tuvieron evaluaciones en México y Estados Unidos y 41 tuvieron evaluaciones en México y Canadá. De estos subgrupos, 42 toros tuvieron evaluaciones en EEUU-Canadá.

Análisis y Modelos Estadísticos

Se utilizaron modelos de regresión lineales y cuadráticos (polinomiales) con los datos de HTP para la producción de leche en México, como variable dependiente (y) y la HTP de Canadá o Estados Unidos como variable independiente (x). Se procedió a estimar los coeficientes de regresión, el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) para el modelo lineal y polinomial de segundo grado (lineal y cuadrático).³⁷

La R^2_{aj} permite comparar en forma adecuada el ajuste de modelos con diferente número de variables independientes.³⁸

Los modelos usados fueron:

Modelo Lineal:

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + e_i$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde:

y_1 = Evaluación (HTP) en México (kg de leche)

b_0 = Coeficiente de regresión (ordenada al origen)

b_1 = Coeficiente de regresión (pendiente)

x_1 = Evaluación (HTP) en Canadá ó Estados Unidos (kg de leche)

e_1 = Error aleatorio $\sim iN(0, \sigma^2)$ (Fig. 3 y 4)

Modelo Polinomial de segundo grado (Cuadrático):

$$y_1 = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + e_1$$

Donde:

y_1 = Evaluación (HTP) en México (kg de leche)

b_0 = Coeficiente de regresión (ordenada al origen)

b_1 = Coeficiente de regresión lineal

x_1 = Evaluación (HTP) en Canadá ó Estados Unidos (kg de leche)

b_2 = Coeficiente de regresión cuadrático

e_1 = Error aleatorio $\sim iN(0, \sigma^2)$

El nivel de ambiente se estableció a partir de las producciones de las contemporáneas. Los valores menores a la media se clasificaron como nivel de ambiente bajo; y los valores mayores como nivel de ambiente alto. Los modelos lineales y cuadráticos se estimaron con todos los datos (en general) y por nivel de ambiente. Los modelos fueron comparados en cuanto a su ajuste (R^2_{aj}) y se probó la

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

significancia de los coeficientes de regresión, es decir si fueron diferentes de cero, a partir del análisis de varianza de la regresión (SAS).³⁹

Se probaron las hipótesis de que las b_1 son iguales a uno en general y con los diferentes niveles de ambiente del hato, utilizando el estadístico t .^{40,41}

Se realizaron análisis para confirmar los supuestos de Normalidad y Heterogeneidad de varianza de los residuos.

Los análisis se realizaron usando el procedimiento Reg del programa SAS³⁹ versión 8.0.

Se calcularon las correlaciones genéticas (r_g) a partir de las evaluaciones de los toros en diferentes países, de acuerdo a la siguiente fórmula⁴²:

$$r_g = \frac{r_r}{\sqrt{\text{conf.HTP}_{\text{MEX}} + \text{conf.HTP}_{\text{REU,CAN}}}}$$

El denominador de esta fórmula es la correlación esperada entre evaluaciones si la r_g es igual a uno.

Donde:

r_r = correlación real entre evaluaciones

$\text{conf.HTP}_{\text{MEX}}$ = confiabilidad media de la evaluación mexicana

$\text{conf.HTP}_{\text{REU,CAN}}$ = confiabilidad media de la evaluación

norteamericana o canadiense.

La r_r para leche se obtuvo a partir de la siguiente fórmula³⁹:

$$r_r = \frac{\text{cov}(\text{HTP}_{\text{MEX}}, \text{HTP}_{\text{EEUU, CAN}})}{\sqrt{\text{var}(\text{HTP}_{\text{MEX}}) * \text{var}(\text{HTP}_{\text{EEUU, CAN}})}}$$

Donde:

$\text{cov}(\text{HTP}_{\text{MEX}}, \text{HTP}_{\text{EEUU, CAN}})$ = covarianza entre evaluaciones de México (HTP_{MEX}) y evaluaciones de Canadá y Estados Unidos ($\text{HTP}_{\text{EEUU, CAN}}$).

$\sqrt{\text{var}(\text{HTP}_{\text{MEX}}) * \text{var}(\text{HTP}_{\text{EEUU, CAN}})}$ = raíz cuadrada del producto de varianzas de las evaluaciones genéticas de México (HTP) y evaluaciones de Canadá y Estados Unidos (HTP). Las correlaciones fueron obtenidas en general y por nivel de ambiente.

Se realizaron pruebas de significancia de las hipótesis: $H_0: r_r=0$, $H_0: r_g=1$ y para las diferencias entre r_g por nivel de ambiente usando la metodología de Fisher^{38, 40}.

III. RESULTADOS

En los cuadros 1 y 2 se presentan los coeficientes de regresión estimados para los modelos lineales y cuadráticos y el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}).

Modelos de regresión con todos los datos

En las Figuras 1 y 2 se muestran las distribuciones bivariadas de las evaluaciones genéticas utilizadas en este estudio y las rectas de regresión obtenidas para México-Estados Unidos y México-Canadá.

En el cuadro 1 se observa que el modelo con mejor ajuste fue el lineal para México-EEUU, con un R^2_{aj} de 36.66%. Este valor resultó ligeramente superior al obtenido para México-Canadá (30.46%) con una diferencia de 6%. (Cuadro 1)

El valor de la pendiente de regresión del modelo lineal (b_1) para México-EEUU fue de 0.787 kg, que no fue diferente de uno ($t= 1.76$; $P>0.05$). El valor para México-Canadá fue de 0.662 kg que resultó significativamente menor a uno ($t= 2.17$; $P<0.05$).

La diferencia entre ambas b_1 no fue significativa ($t= 0.00004$; $P>0.05$).

El valor de la ordenada al origen (b_0) fue mayor para México-EEUU (396.527 kg) que para México-Canadá (209.942 kg).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En los modelos lineales, todas las b_0 fueron significativamente mayores de cero ($P < 0.01$), a excepción de la b_0 México-Canadá que resultó no significativa ($P > 0.05$). (Cuadro 1)

En ningún caso, los coeficientes de regresión asociados a los efectos cuadráticos (b_2) fueron significativos ($P > 0.05$) con valores de los R^2_{adj} de los modelos cuadráticos menores a los modelos lineales.

(Cuadro 1)

Esta relación encontrada entre la HTP(kg) en México y la HTP(kg) en Estados Unidos o Canadá no sugiere un efecto como el planteado en la hipótesis uno, de un incremento seguido de un decremento en las HTP en México al incrementarse el valor de las HTP en Canadá o EEUU.

En las Figuras 3 y 4 se muestran las gráficas de los resultados de los análisis de normalidad y heterogeneidad de varianza de los residuos obtenidos para México-EEUU y México-Canadá para los modelos lineales. No se rechazó la hipótesis de que los datos pertenecen a una población normal ($P > 0.05$) utilizando la prueba W de Shapiro-Wilk. Por otro lado, no se observó heterogeneidad de varianzas y hubo independencia entre las variables independientes y los residuos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Modelos de regresión por nivel de ambiente del hato

En el cuadro 2 se muestran los resultados de los R^2_{aj} , así como los valores estimados y la significancia de los coeficientes de regresión de los modelos evaluados por nivel de ambiente del hato.

El R^2_{aj} del modelo lineal para México-EEUU en el ambiente de hato bajo (33.37%) fue ligeramente menor que para el ambiente de hato alto (36.66%). En cambio, para México-Canadá, el R^2_{aj} del modelo lineal fue mayor en el ambiente de hato bajo (41.33%) que para el ambiente de hato alto (16.91%).

El mayor valor estimado de b_1 se encontró en el modelo lineal México-EEUU para el ambiente alto (1.146 kg), que no fue significativamente diferente de uno ($t= 0.553$; $P>0.05$). Para México-EEUU en el ambiente bajo el valor de b_1 fue de 0.680 kg, el que resultó menor de uno ($t= 2.1$; $P<0.05$). Para México-Canadá ambiente alto el valor fue 0.807 kg, que no difirió de uno ($t= 0.5$; $P>0.05$). Los modelos lineales para ambientes altos de México-EEUU y México-Canadá, siempre tuvieron mayores valores de b_1 que para el ambiente bajo, con diferencias que van de 0.466 kg en el caso de México-EEUU a 0.213 kg para México-Canadá. Estas diferencias no fueron

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

significativas ($t = 0.001$ para el ambiente alto y $t = 0.00003$ en ambiente bajo ; $P > 0.05$).

El mayor valor de b_0 de los modelos lineales fue para México-EEUU con nivel de ambiente bajo (424.114 kg). El valor para México-Canadá ambiente bajo (233.008 kg) fue ligeramente menor que para México-EEUU ambiente alto (252.731 kg). El valor de b_0 para México-Canadá con ambiente alto (126.164kg) fue el único que no resultó diferente de cero ($P > 0.05$).

Ningún efecto cuadrático fue significativo ($P > 0.05$). Las relaciones entre las HTP (kg) en México y las HTP (kg) en EEUU y Canadá no sugieren un efecto como el planteado en la hipótesis dos.

Correlaciones genéticas entre países

En el cuadro 3, se observan los números de toros con información de evaluaciones genéticas y sus confiabilidades medias en el país exportador y en el país importador; las correlaciones esperadas, reales (r_R) y genéticas (r_g) en general y por nivel de ambiente del ható. Las r_g entre México y Canadá fueron entre 0.52 y 0.75 y entre México y EEUU entre 0.66 y 0.69.

La r_g entre México y EEUU con todos los datos fue de 0.68 y entre México y Canadá de 0.65. La r_g para el nivel de

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ambiente alto entre México y Estados Unidos fue de 0.69 y para México-Canadá de 0.52. Para el nivel de ambiente bajo, la r_s entre México y EEUU fue de 0.66 y para México y Canadá de 0.75.

La probabilidad de error tipo I (P) de la prueba de hipótesis de igualdad de las r_s México-Estados Unidos y México-Canadá en general fue 0.35; mientras que para la diferencia entre r_s para el nivel de ambiente del hato bajo México-Estados Unidos y México-Canadá fue 0.6 y para el nivel de ambiente alto entre México-Estados Unidos y México-Canadá fue 0.9.

La r_s estimada entre EEUU y Canadá fue de 0.92 ($P < 0.05$); este valor se estimó como "control" de que los toros usados en el estudio tenían valores similares de r_s entre Canadá y EEUU a lo descrito en la literatura.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que no hubo una tendencia curvilínea, considerando que los efectos cuadráticos no fueron significativos. Para México-EEUU y México-Canadá, los R^2 , fueron menores para los modelos cuadráticos que para los modelos lineales; con excepción de México-Canadá ambiente de hato alto en donde sucedió lo contrario, al parecer por una muestra no representativa. A partir de estos hallazgos, se puede concluir que no hay una evidencia sólida para sugerir que los genes para mayor potencial genético de producción en Canadá y EEUU muestren una menor expresión relativa que otros genes de efecto menor, en el ambiente de México. De este modo se puede pensar que al utilizar toros importados de Canadá y EEUU, la rentabilidad se podría maximizar en México seleccionando los toros con las evaluaciones más altas en sus países de origen.

Las ecuaciones de regresión lineal permiten estimar factores de conversión para poder predecir el índice genético de un toro en la base y escala de un país llamado importador a partir del índice de ese mismo toro en la base y escala de un país llamado exportador. Esta predicción se hace con base en el cálculo de los coeficientes de regresión b_0 y b_1 ^{20,43}. En el modelo lineal, la ordenada al origen b_0 , estima la mitad de la diferencia entre las bases genéticas de ambos países en

el ambiente del país importador (México) y b_1 , valor de la pendiente de la recta en la ecuación lineal, indica el cambio en kg de leche esperado en las hijas de un toro en México, por un kg de incremento esperado en las hijas de un toro en Canadá o EEUU.

La diferencia entre las bases genéticas de los toros fue de 793.054 kg para EEUU y 419.884 kg para Canadá. La base genética 2001 de Canadá se definió a partir de todas las vacas que parieron en el año 2001. Las bases genéticas de EEUU y México se definieron a partir de las vacas que tuvieron su primer parto en el año 2000. Estos valores de diferencias entre las bases genéticas indican que los valores genéticos promedio para las poblaciones de vacas en Estados Unidos y Canadá son mayores que en México^{22,44,45}.

Powell⁴⁶, Powell y Sieber⁴⁴, Powell y Wiggans⁴⁵, encontraron valores de b_0 para México-EEUU de 135,177 y 196 kg de leche, menores a los valores de b_0 del presente estudio.

El valor de b_1 para el modelo lineal fue similar para México-EEUU (0.787 kg) que para México-Canadá (0.662 kg). Estos valores son similares a los obtenidos por Powell y Sieber⁴⁴ y Powell y Wiggans⁴⁵, quienes encontraron valores de coeficientes b_1 de 0.683, 0.758 y 0.794 kg de leche entre México-Estados Unidos. Mientras que Powell y Dickinson⁴⁷ obtuvieron un valor de b_1 de 0.734 kg de leche entre México-

Canadá. Por su parte, Cienfuegos-Rivas et al.³² obtuvieron un valor del coeficiente de regresión lineal de 0.545 kg de leche entre México-EEUU siendo menor al de este estudio. Posibles sesgos, asociados a muestras pequeñas, en los índices de toros importados afectan a los coeficientes de regresión obtenidos, pudiendo resultar sobrevalorados si existe tratamiento preferencial (mejor manejo y alimentación dentro del hato) de las hijas de algunos toros importados con altos valores genéticos.^{20,43,48}

Las correlaciones genéticas (r_g) fueron menores a uno ($P < 0.01$), excepto en el caso de México-Canadá con nivel de ambiente bajo (0.75) (Cuadro 3). Los valores de r_g estuvieron entre 0.52 a 0.75 para México-Canadá y entre 0.66 a 0.69 para México-EEUU. McDowell et al.⁴⁹, observaron valores de 0.81 entre México-Estados Unidos. Por otro lado, Powell y Dickinson⁴⁷ encontraron valores de 1.00 entre México-EEUU. Asimismo, Stanton et al.³¹ obtuvieron valores de 0.78 a 0.91 entre EEUU y Latinoamérica (Colombia, México y Puerto Rico). Sin embargo, Cienfuegos-Rivas et al.³² encontraron valores entre 0.71 y 0.60 entre México-EEUU, similares a los obtenidos en este estudio. Por su parte, McDowell et al.⁴⁹ encontraron valores de 0.61 para México-Canadá el que se encuentra dentro del rango de r_g obtenidos en este estudio. Estos valores menores a uno, indican que hay reordenamiento

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de toros entre ambientes indicando la presencia de interacciones genotipo por ambiente, tanto para toros evaluados en EEUU como en Canadá.

La tendencia hacia un menor valor de r_g en el ambiente bajo, observada en EEUU, fue inversa en el caso de Canadá. Estas tendencias se pueden deber a que hay pequeñas diferencias entre niveles ambientales, reflejados en los niveles de producción de las contemporáneas y a un bajo número de toros en las muestras. Las tendencias de los valores de las r_g por nivel de ambiente para México-EEUU fueron similares a los obtenidos por Cienfuegos-Rivas et al.³², quienes encontraron r_g en ambientes bajos de 0.60 y en ambientes altos de 0.71 entre México-EEUU. Y por Costa et al.³⁴ quienes obtuvieron r_g para Brasil-EEUU de 0.79 en ambientes bajos y de 0.87 en ambientes altos.

El elevado valor de la r_g encontrado entre EEUU y Canadá (0.92) similar al de estudios previos, permite suponer que la disminución de las r_g entre México-Canadá y México-EEUU no se debe a aspectos particulares de la muestra de toros usados en este estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V. CONCLUSIONES

1. Existen Interacciones genotipo por ambiente, a pesar de la ausencia de efectos cuadráticos significativos.
2. Los modelos lineales predijeron mejor el comportamiento de las hijas de toros para la producción de leche en México, que los modelos cuadráticos.
3. Las b_1 para México-EEUU y México-Canadá fueron mayores para los niveles ambientales de hatos altos, siendo en ambos casos no diferentes de uno.
4. Todas las r_g estimadas fueron menores a uno, indicando interacciones genotipo por ambiente, excepto en el caso de México-Canadá con ambiente de hato bajo, la que no fue diferente de uno, probablemente debido a que la muestra no fue representativa.
5. La r_g entre EEUU-Canadá con estos toros, tuvo un valor de 0.92 no siendo diferente de uno.
6. Los ganaderos mexicanos que utilizan toros importados de Canadá y EEUU, deben seleccionar toros con las máximas HTP de EEUU ó Canadá para maximizar sus retornos económicos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

VI. LITERATURA CITADA

1. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA): Inventario de ganado bovino para producción de leche (número de cabezas) [archivos estadísticos de cómputo]. México (DF): SAGARPA, 2001. Disponible en:
URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/>
2. Ávila-Téllez S. Producción de Ganado Lechero. [Libro electrónico]. Estado Actual de la ganadería bovina, comercialización, consumo e importancia de productos lácteos en México. México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2002:1-7. Disponible en:
URL: <http://www.fmvz.unam.mx/>
3. Goddard ME, Wiggans GR. Genetic Improvement of Dairy Cattle. In: Fries R, Ruvinsky A, editors. The Genetics of Cattle. Oxford: CAB International, 1999; 18:511-537.
4. Pérez M, Payan M. La ganadería lechera en México y en el mundo. INIP-SARH, México, D.F.; 1985.
5. Van Vleck LD, Hruska LR, Núñez-Domínguez R. Evaluaciones Genéticas de Toros y Vacas Lecheras con el Modelo Animal. Memorias de Seminario Internacional Mejoramiento Genético de Bovinos Lecheros (Aspectos Relevantes), 1990 septiembre; Montecillo (Edo. de México). México: Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados (Institución de

- enseñanza e investigación en ciencias agrícolas), 1990: 81-118 .
6. Ruiz F.de J, Alarcón M, informantes. Asociación Holstein de México, propietario. Comunicación personal. México, 2002 octubre 4 .
 7. Montaldo HH, Keown JF, Van Vleck LD, Van Tassell CP. Indices de máximo beneficio económico para la selección de sementales Holstein en México. Vet. Méx., 1999; 30(1): 130-136.
 8. Powell RL. Evaluation of Holstein sires used in México. Holstein World. 1983; 10: 186-187.
 9. USDA. USDA-DHIA. Sire summary for Holstein-Friesian bull used in México. ARS, Beltsville, Maryland, 1984.
 10. Van Vleck LD. Potencial genetic impact of artificial insemination, sex selection, embryo transfer, cloning and selfing in dairy cattle. In: New Technologies in Animal Breeding. London: Academic Press, 1981.
 11. Freeman AE. Dairy Cattle Breeding. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics applied to livestock production; 1998; Armidale, NSW, Australia. 23: 293-294.
 12. Robertson A, Rendel JM. The use of progeny testing with artificial insemination in dairy cattle. J. Genetics 1950; 50: 21-31.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

13. Van Vleck LD.Theoretical and actual genetic progress in dairy cattle.Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics; 1976 agosto 16-21; Ames (Iowa).
14. Powell RL: Comunicación personal, 1985. En: Montaldo HH.Comparación de alternativas de selección para el incremento del potencial productivo en la población de vacas lecheras especializadas en México (tesis de maestría).México DF:Universidad Nacional Autónoma de México,1989.
15. Valencia PM,Ruiz F.de J,Montaldo HH,Keown JF,Van Vleck LD.Evaluación Genética para la producción de leche en Ganado Holstein en México.Tec.Pecu.Mex.1999;37(3):1-8.
16. Everett RW.Impact of genetic manipulation.J Dairy Sci 1984;67:2812-2818.
17. Montaldo HH.Comparación de alternativas de selección para el incremento del potencial productivo en la población de vacas lecheras especializadas en México(tesis de maestría).México DF:Universidad Nacional Autónoma de Mé-xico,1989.
18. Rendel JM,Robertson A.Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. J.Genetics 1950;50:1-13.
19. Vasallo CC: Producción y consumo de leche.En: Jornada el campo y el Campesino: Producción y Hambre; 1980 mayo 6

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- a junio 20; México (DF): Universidad Autónoma de Chapingo
Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México,
D.F.; 1984.
20. Canadian Dairy Network. Proofs 2001. [en línea].
Disponible en: URL: <http://www.cdn.ca/>.
 21. USDA-ARS Animal Improvement Programs Laboratory.
Evaluations 2001. [en línea].
Disponible en el URL: <http://www.aipl.ursusda.gov/>.
 22. Carabaño MJ, Pena J. Comparación Internacional del Mérito
Genético. INTERBULL: 1999; 91: 1-18.
 23. Asociación Holstein de México. Pruebas_2001. Qué toro
[en línea] 2001.
Disponible en: URL: <http://www.holsteinmex.com.mx/>.
 24. Montaldo HH. Genotype by Environment Interactions in Liv-
estock Breeding Programs: A Review. Interiencia 2001; 26--
(6): 229-235.
 25. Falconer DS. Introduction to Quantitative Genetics. 3rd ed.
New York: Longman Inc., 1989: 438.
 26. Dickerson GE. Implications of Genetic-Environmental Inte-
raction in Animal Breeding. Anim. Prod. 1962; 4: 47-63.
 27. Bondoc OL, Smith C, Gibson JP. A review of breeding strate-
gies for genetic improvement of dairy cattle in develop-
ing countries. Anim. Breed. Abstr. 1989; 57: 819-829.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

28. Horst P. Constraints to the genetic improvement of non ruminants in the tropics. Anim. Prod. Health. Trop. 1982: 25-33.
29. Vercoe JE, Frisch JE. Genotype (breed) and environment interaction with particular reference to cattle in the tropics. Asian-Austral. J. Anim. Sci. 1992; 5:401-409.
30. Dickerson GE. Genetic-environmental interaction- Background information. United States Department of Agriculture, Unpublished Mimeo. NC-1, S-10, WRCC-1 Reunión, Junio, 1977, Texas.
31. Stanton TL, Blake RW, Quaas RL, Van Vleck LD, Carabaño MJ. Genotype x Environment interactions for Holstein milk yield in Colombia, México and Puerto Rico. J Dairy Sci 1991; 74:1700-1714.
32. Cienfuegos-Rivas EG, Oltenacu PA, Blake RW, Schwager SJ, Castillo-Juarez H, Ruiz FJ. Interaction Between Milk Yield of Holstein Cows in Mexico and the United States. J Dairy Sci 1999; 82(10):2218-2223.
33. Castillo-Juarez H, Oltenacu PA, Blake RW, McCulloch CE, Cienfuegos-Rivas EG. Effect of Herd Environment on the Genetic and Phenotypic Relationships Among Milk Yield, Conception Rate, and Somatic Cell Store in Holstein Cattle. J Dairy Sci 2000; 83:807-814.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

34. Costa CN, Blake RW, Pollak EJ, Oltenacu PA. Genetic Relationships For Milk And Fat Yields Between Holstein Populations in Brazil And The United States. Memorias de Proceedings of the 6th World Congress on Genetics applied to livestock production, 1998, Armidale, NSW, Australia. 23:323-326.
35. Costa CN, Blake RW, Pollak EJ, Oltenacu PA, Quaas RL, Searle SR. Genetic Analysis of Holstein Cattle Populations in Brazil and the United States. J Dairy Sci 2000; 83:2963-2974.
36. Rawlings JO. Review of Simple Regression. In: Rawlings JO editor. Applied Regression Analysis: A research Tool. Belmont, California: Wadsworth and Brooks/Cole advanced Brooks and software, 1988:8-10.
37. Montgomery CD, Peck EA. Introduction to Linear Regression Analysis. 1st ed. USA: John Wiley and Sons, Inc., 1982:181-192.
38. Gill JL. Design and Analysis of Experiments in the animal and Medical Sciences. Volume 1. 1st ed. Ames, Iowa: The Iowa State University Press, 1978:89-90.
39. Littell RC, Freund RJ, Spector PC. SAS System for Linear Models. SAS Series in Statistical Applications. Versión 8.0. 3th ed. USA: SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1991:22-37.
40. Kleinbaum GD, Kupper LL. Multiple Regression Analysis. In: Kleinbaum GD, Kupper LL, editors. Applied Regression Ana-

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

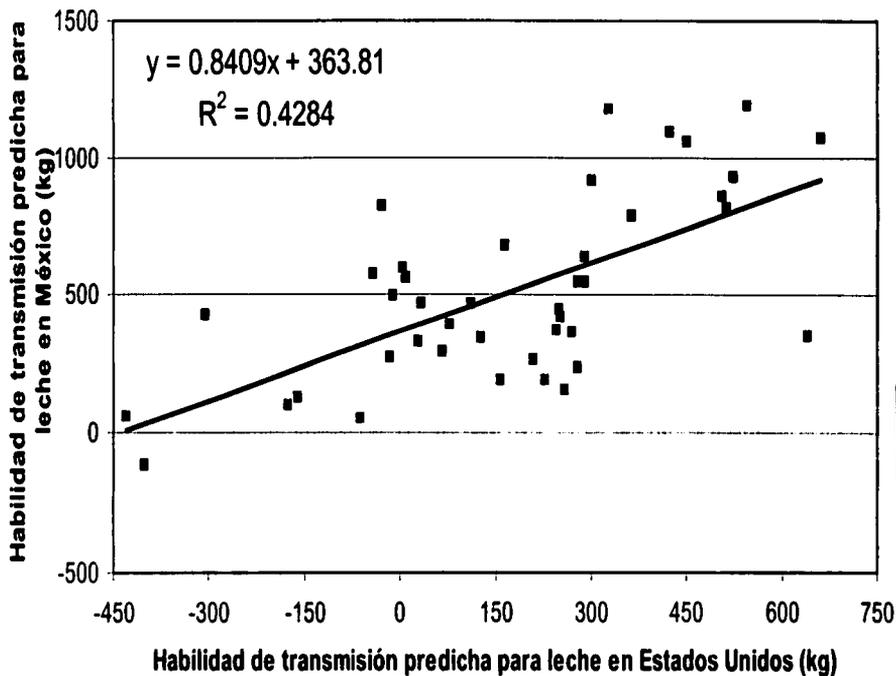
- lysis and other multivariable methods. Massachusetts: Duxbury Press North Scituate, 1978:143.
41. Pagano M, Gauvreau K. Regresión Lineal Simple. In: Pagano M, Gauvreau K, editors. Fundamentos de bioestadística. México: Thomson learning, 2001:428.
 42. Brascamp EW, Merks JWM, Wilink JBM. Genotype environment interaction in pig breeding programmes: methods of estimation and relevance of the estimates. Livest. Prod. Sci. 1985;13:135-146.
 43. Goddard ME. A method of comparing sires evaluated in different countries. Livest. Prod. Sci. 1985;13: 321-331.
 44. Powell RL, Sieber M. Direct and Indirect Conversion of Bull Evaluations for Yield Traits between Countries. J Dairy Sci 1992;75:1136-1146.
 45. Powell RL, Wiggans GR. Animal Model Evaluations for Mexican Holstein. J Dairy Sci 1991;74:1420-1427.
 46. Powell RL. Comunicación personal, 1998, Beltsville, MD 20705 USA. En: Montaldo HH. Comparación de alternativas de selección para el incremento del potencial productivo en la población de vacas lecheras especializadas en México (tesis de maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

47. Powell RL, Dickinson FN. Progeny test of sires in the United States and in Mexico. *J Dairy Sci* 1977;60:1768-1772.
48. Wilmink JBM, Meijering A, Engel B. Conversion of breeding values for milk from foreign populations. *Livest. Prod. Sci.* 1986; 14:223-229.
49. McDowell RE, Wiggans GR, Camoen JK, Van Vleck LD, St Louis DG. The comparisons for Holstein in Mexico versus the United States y Canadá. *J. Dairy Sci.* 1976;59:298.

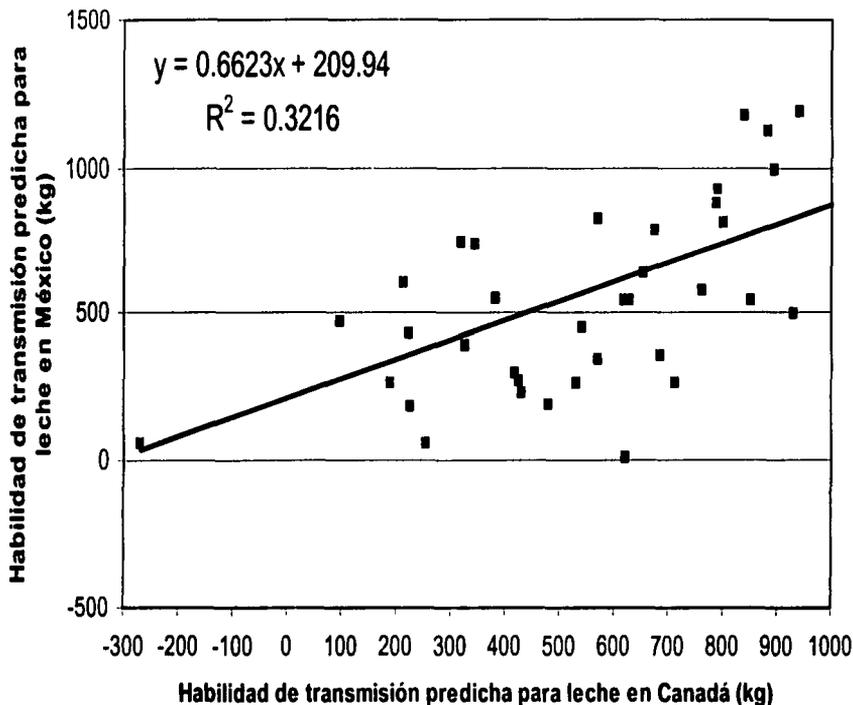
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1. Regresiones de las evaluaciones genéticas de toros con confiabilidad mínima del 75% en México y Estados Unidos



LESIS CON
FALLA DE ORIGEN

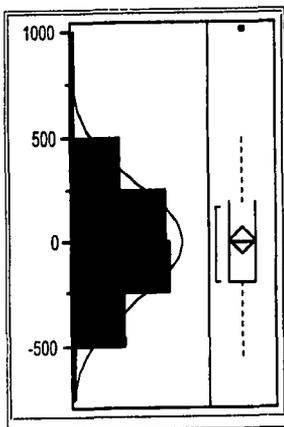
Figura 2. Regresiones de las evaluaciones genéticas de toros con confiabilidad mínima del 75% en México y Canadá



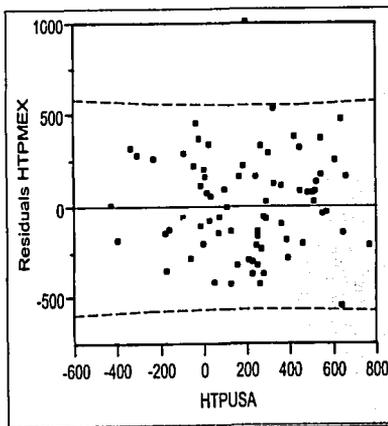
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3. Gráfico de los supuestos de Normalidad y Heterogeneidad de varianzas de los errores para México-Estados Unidos

**Distribución de Residuos
México-Estados Unidos**



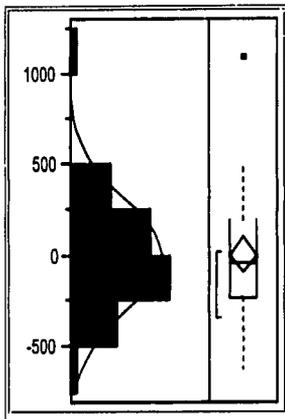
**Ajuste bivariado de Residuos
México-Estados Unidos**



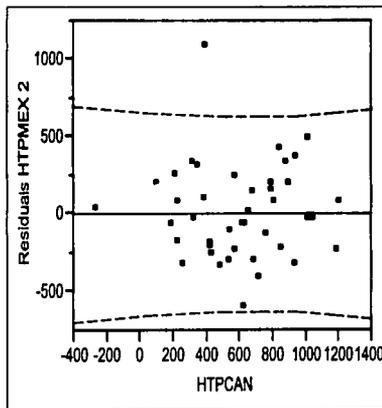
**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

Figura 4. Gráfico de los supuestos de Normalidad y Heterogeneidad de varianzas de los errores para México-Canadá

Distribución de Residuos México-Canadá



Ajuste bivariado de Residuos México-Canadá



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 1

COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y AJUSTE DE LOS MODELOS ESTUDIADOS

Países	Modelo	Número de toros	Coeficiente de determinación ajustado (%)	Coeficientes de regresión			Prueba de t $H_0: b_1=1^\dagger$
				b_0	b_1	b_2	
México-Canadá	Lineal	41	30.46	209.942*	0.662**		*
	Cuadrático	41	29.35	256.919 ^{NS}	0.412 ^{NS}	0.0002 ^{NS}	
México-EEUU	Lineal	74	36.66	396.527**	0.787**		NS
	Cuadrático	74	36.08	388.220**	0.710**	0.0002 ^{NS}	

* $H_0: b=0$

† $H_0: b_1=1$

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

^{NS} No significativo; $P > 0.05$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 2

COEFICIENTES DE REGRESIÓN Y AJUSTE DE LOS MODELOS ESTUDIADOS POR NIVEL DE AMBIENTE

Países	Nivel de ambiente [‡]	Modelo	Número de toros	Coeficientes de regresión			Coeficiente de determinación ajustado (%)	Prueba de t H ₀ : b ₁ =1 [†]
				b ₀ *	b ₁ *	b ₂ *		
México-Canadá	Alto	Lineal	19	126.164 ^{NS}	0.807*		16.91	NS
		Cuadrático	19	861.056 ^{NS}	1.758 ^{NS}	0.0012 ^{NS}	18.14	
	Bajo	Lineal	21	233.008*	0.594**		41.33	•
		Cuadrático	21	248.768*	0.491 ^{NS}	0.0001 ^{NS}	38.51	
México-EEUU	Alto	Lineal	33	252.731*	1.146**		36.66	NS
		Cuadrático	33	226.101 ^{NS}	1.394 ^{NS}	-0.0004 ^{NS}	34.88	
	Bajo	Lineal	40	424.114**	0.680**		33.37	•
		Cuadrático	40	430.967**	0.710**	-0.0001 ^{NS}	31.75	

* H₀:b=0

† H₀:b₁=1

* P< 0.05

** P< 0.01

^{NS} No significativo; P>0.05

‡= Calculado a partir de la media general de producción de las contemporáneas. Se definió como índice ambiental **Bajo** a los valores bajo la media; e índice ambiental **Alto**, a los valores sobre la media.



Cuadro 3

CORRELACIONES ESPERADAS, REALES Y GENÉTICAS ENTRE PAISES

Países	Nivel de ambiente	Número de toros	Confiabilidad media del país		Correlaciones		Correlación genética	Prueba de t $H_0: r_g = 1^\dagger$
			Exportador	Importador	Esperada [‡]	Real*		
México-Canadá	Todos	42	0.95	0.80	0.87	0.57**	0.65	*
	Alto	20	0.97	0.80	0.88	0.46*	0.52	*
	Bajo	22	0.94	0.81	0.87	0.66**	0.75	NS
México-EEUU	Todos	75	0.98	0.80	0.88	0.61**	0.68	*
	Alto	34	0.98	0.80	0.88	0.62**	0.69	*
	Bajo	41	0.97	0.81	0.89	0.59**	0.66	*
EEUU-Canadá	Todos	42	0.99	0.95	0.97	0.89**	0.92	NS

* $H_0: r_R = 0$

† $H_0: r_g = 1$

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

NS No significativo; $P > 0.05$

‡ Se calculó a partir de la raíz cuadrada del producto de las medias del país importador (México) y las medias de la relatividad del país exportador (Estados Unidos ó Canadá) en general y por nivel ambiente del hato.