



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

01669
/

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
División de Estudios de Posgrado e Investigación

**(Co)Varianzas fenotípicas y genéticas de
características reproductivas y de la curva de
lactancia en ganado Holstein**

Tesis para obtener el grado de:
MAESTRO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Presentada por:

Reyes López Ordaz

Asesor

Hugo H. Montaldo Valdenegro

Ciudad Universitaria, septiembre 2002



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme permitido realizar mis estudios de posgrado y por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

Mi más sincero afecto y gratitud al Doctor Hugo H Montaldo Valdenegro, por su amistad, paciencia y enseñanzas y quién represento un fuerte apoyo para concluir este trabajo.

A los Dres José Manuel Berruecos Villalobos, Carlos Sosa Ferreira, Héctor Castillo Juárez y Alejandro Villa Godoy, quiero manifestar mi más sincero agradecimiento a todos los Doctores que fungieron como comité asesor, y jurado examinador por su esfuerzo, consejos, y sugerencias proporcionadas para el buen término del trabajo.

Mi más sincero afecto y gratitud al Doctor Pedro Ochoa Galván, por la amistad y sus enseñanzas y consejos durante la realización de mis estudios

Mi más profundo agradecimiento al Doctor Rufino López Ordaz por su gran apoyo y estímulo que me brinda en la vida, gracias Hermano

Al maestro Carlos Apodaca por sus enseñanzas y consejos durante la realización de mis estudios.

A mis compañeros del departamento de Genética y Bioestadística, Gabriel Campos, Guadalupe Sánchez, Frida Salmeron, Raúl Ulloa, Adriana Ducoing, Hilda Castro, Marcelino Rosas, Alicia Reyes, Carlos Villegas, Evangelina, Sandra, Adi, Lety, Claudia, Emilia, gracias por todo el apoyo recibido durante este tiempo y por su amistad

A la familia Martínez Loera por su comprensión y apoyo brindado durante todo este tiempo, gracias

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS

A mis padres Maria Ordaz (†) y Alberto López por todo el amor, esfuerzo y dedicación a la educación de sus hijos

A mi esposa Claudia por la paciencia, amor y apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

A mis hijos Alejandro y Maria Teresa que admiro y respeto con mucho cariño.

A mis hermanos por el cariño recibido y por el esfuerzo para salir siempre adelante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

Pag.

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
II.1. Factores ambientales que afectan la producción de leche	3
II.2. Características reproductivas	5
II.3. Factores genéticos que afectan la producción de leche	7
II.4. Características de la curva de lactancia	8
II.5. Relación entre producción de leche y características reproductivas	10
II.6. Alimentación, balance de energía y condición corporal	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	31
VI. REFERENCIAS	32

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(CO)VARIANZAS FENOTÍPICAS Y GENÉTICAS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS Y DE LA CURVA DE LACTANCIA EN GANADO HOLSTEIN
Reyes López Ordaz, Asesor (Hugo Montaldo Valdenegro)

RESUMEN

Los objetivos fueron estimar parámetros genéticos y fenotípicos de características reproductivas y de la curva de lactancia en vacas Holstein. Los registros incluyeron 1579 lactancias con mediciones mensuales de producción de leche y eventos reproductivos de 766 vacas y 126 sementales en un hato en la Comarca Lagunera. La producción de leche a 305 días y características de la curva fueron estimadas por vaca, utilizando la ecuación de Wood. Se utilizaron modelos animales univariados y bivariados para estimar las (co)varianzas, heredabilidades, repetibilidades y correlaciones genéticas de las variables intervalo parto concepción (IPC), producción de leche en el pico de la lactancia (P_{MAX}), producción de leche a 305 días (PL₃₀₅) y tres medidas de persistencia; (PER₁, PER₂, PER₃) Los modelos incluyeron los efectos de año-época de parto y número de parto como fijos, de animal y de ambiente permanente como aleatorios. Se utilizaron los programas ASREML y DFREML en las estimaciones. Las heredabilidades para IPC, P_{MAX}, PL₃₀₅, PER₁, PER₂ y PER₃ fueron: 0.014 ± 0.036 , 0.15 ± 0.048 , 0.15 ± 0.050 , 0.00 ± 0.0 , 0.03 ± 0.041 y 0.03 ± 0.05 respectivamente, y las repetibilidades fueron: 0.12 ± 0.033 , 0.27 ± 0.032 , 0.32 ± 0.030 , 0.22 ± 0.032 , 0.17 ± 0.032 y 0.20 ± 0.032 respectivamente. La correlación genética entre PL₃₀₅ y P_{MAX} fue 0.98 ± 0.04 . La correlación genética entre PER₃ y PL₃₀₅ fue 0.55 ± 1.62 y entre PER₃ y P_{MAX} 0.26 ± 1.02 . Los valores observados de los parámetros en el presente estudio confirman la idea que PL₃₀₅ y P_{MAX} son características con potencial para ser incluidas en programas de mejoramiento genético de bovinos productores de leche. IPC fue afectada principalmente por variación de origen ambiental. Se considera importante realizar estudios con más datos para evaluar las consecuencias a largo plazo de la selección sobre producción de leche en la eficiencia reproductiva y la forma de la curva de lactancia del ganado especializado en la producción de leche en México.

Palabras clave: parámetros genéticos, modelo animal, REML, correlaciones, reproducción, curva de lactancia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PHENOTYPIC AND GENETIC (CO)VARIANCES FOR REPRODUCTIVE AND LACTATION CURVE CHARACTERISTICS IN HOLSTEIN CATTLE

Reyes López Ordaz, Asesor (Hugo Montaldo Valdenegro)

ABSTRACT

The objectives were to estimate genetic and phenotypic parameters of reproductive and lactation curve characteristic in Holstein cows. The records included 1579 lactations with monthly tests of milk production and reproductive events from 766 cows and 126 sires in a herd located in the Comarca Lagunera. Lactation curve characteristic and 305-days milk production were estimated by cow, using the equation of Wood. Univariate and bivariate animal models were used to estimate (co)variances, heritabilities, repeatabilities and genetic correlations for the variables days open (DO), maximum milk production (MAXP), 305-days milk production (305MP) and three assessments of persistence; (PER1, PER2, PER3). The models included fixed effects of year-season of calving and parity and random effects of animal and permanent environment. The programs ASREML and DFREML were used to obtain the estimates. The heritabilities for DO, MAXP, 305MP, PER1, PER2 and PER3 were; 0.014 ± 0.036 , 0.15 ± 0.048 , 0.15 ± 0.050 , 0.0 ± 0.0 , 0.03 ± 0.041 and 0.03 ± 0.05 respectively, and the repeatabilities were; 0.12 ± 0.033 , 0.27 ± 0.032 , 0.32 ± 0.030 , 0.22 ± 0.032 , 0.17 ± 0.032 and 0.20 ± 0.032 respectively. The genetic correlation between 305MP and MAXP was 0.98 ± 0.04 . The genetic correlation between PER3 and PL305 was 0.55 ± 1.62 and between PER3 and MAXP 0.26 ± 1.02 . The observed values of the parameters in this present study confirms the idea that 305MP and MAXP are characteristic with potential to be included in programs of genetic improvement of dairy cattle. DO was affected mainly by environmental variation. It is considered important to carry out studies with larger data sets to evaluate the long-term consequences of the selection for milk production on reproductive efficiency and lactation curve characteristics of dairy cattle in Mexico.

Key words: genetic parameters; animal model, REML, correlations, reproduction; lactation curve

(CO)VARIANZAS FENOTÍPICAS Y GENÉTICAS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS Y DE LA CURVA DE LACTANCIA EN GANADO HOLSTEIN

INTRODUCCIÓN

La curva de la lactancia en la vaca lechera, que se define como la evolución de la producción durante la lactancia; tiende a incrementarse inmediatamente después del parto hasta alcanzar un máximo entre las seis y ocho semanas de lactancia, y posteriormente declina gradualmente hasta el secado del animal. El comportamiento anterior permite definir el rendimiento máximo y la persistencia como las características de mayor importancia fisiológica y con diferencias medibles entre animales, lo que justifica su estudio, y por lo tanto, su posible inclusión dentro de un programa de mejoramiento genético (Grossman *et al*, 1999)

Como componentes de la curva de lactancia, el rendimiento máximo y la persistencia son afectados por factores ambientales incluyendo la estación y año de parto, edad del animal, estado reproductivo y nutrición. Por lo que en principio, estos componentes deberán corregirse o ajustarse a una base común, para poder comparar los valores como si estos se hubieran obtenido en igualdad de circunstancias (Hansen *et al.*, 1983; Keown y Everett, 1985). Miller y Hooven (1969) concluyeron que entre mayor sea el rendimiento al momento del parto, menor será el tiempo requerido para alcanzar el punto de producción máxima dependiendo del estado corporal al momento del parto, el potencial genético del animal, el estado de salud y la alimentación posterior al parto. La persistencia se puede definir, según Bar-Anan y Ron (1985), como el promedio de la producción diaria dividida por la producción al pico de la lactancia (Sölker y Fuchs, 1987) y representa el porcentaje relativo de la declinación de la curva de producción de leche (PL).

Hayes *et al.* (1992) y Nebel *et al.* (1993) indicaron la existencia de una relación entre características de PL y el intervalo parto concepción (IPC) en vacas. Por ejemplo, estudios con vacas Holstein con PL por lactancia superior a los 40 kg/día presentaron intervalos parto concepción (IPC) mayores que vacas con producciones menores a los 30 kg/día. Kazmer *et al.* (1986) estimaron la correlación genética entre IPC, número de servicios por concepción e intervalo entre partos y PL entre -0.64 y 1.0. Sin embargo, otros estudios (Hansen *et al.*, 1983; Badíngua *et al.*, 1985) sugirieron una relación pequeña y positiva entre PL e IPC.

A pesar de los avances logrados en los estudios indicados previamente, las (co)varianzas genéticas y fenotípicas de PL, IPC, número de servicios por concepción e intervalo entre partos, y de la curva de lactancia requieren ser estudiados en condiciones y ambientes particulares. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron evaluar las (co)varianzas genética y fenotípicas entre IPC, PL en el pico de lactancia, persistencia, PL a los 305 días y los parámetros genéticos para dichas características en un hato comercial de vacas Holstein en la Comarca Lagunera, en México que permitan aportar elementos para el desarrollo de programas de mejoramiento genético de estas poblaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Los objetivos de los sistemas especializados en la PL incluyen el obtener una lactancia de 305 días y un ternero en un periodo aproximado a los 12 ó 13 meses entre partos. Para lograr un intervalo entre partos de la magnitud mencionada, la vaca debe quedar gestante en el período comprendido entre los 60 y los 90 días después del parto, y es conveniente que la vaca tenga un período de descanso (período seco) de 60 días antes del siguiente parto. Lo anterior, permite lograr un mayor número de partos y lactancias durante la vida productiva (Lee *et al*, 1997).

Los factores que afectan las características reproductivas y de PL utilizadas en la evaluación de los bovinos lecheros, pueden clasificarse en ambientales y genéticas. La presente revisión discute brevemente algunos factores ambientales y genéticos que influyen en la PL.

II.1. Factores ambientales que afectan la PL

Los factores ambientales son aquellos de origen no genético que afectan a la PL y la expresión del genotipo de la vaca, y que incluyen el tipo y nivel de alimentación, clima, año, época y número de parto (Bath *et al*, 1978).

Año de parto

El impacto del año sobre la PL se explica por cambios en las condiciones climáticas y de manejo del hato de un año a otro y su incidencia sobre el tipo, cantidad y calidad de alimento disponible. Estos factores influyen sobre la eficiencia de producción de los hatos lecheros y explican una proporción de la varianza observada en la PL, la cual comúnmente es referida en los modelos de análisis como los efectos debidos al año de parto (Valencia, 2000). Además, un efecto significativo del año de parto sobre el comportamiento reproductivo de

vacas lecheras ha sido observado en varios estudios (Matsoukas y Fairchild, 1975; Núñez, 1978; Ruiz, 1989).

El objeto de estimar el efecto del año es remover este efecto para estimar con mayor precisión las diferencias genéticas y otros efectos ambientales, debido a que este efecto es en gran medida no controlable

Época de parto

En hatos lecheros del Norte de México, la magnitud del efecto de época de parto sobre la PL ha sido estimada como una reducción de hasta 40% de la producción obtenida en primavera comparada con la obtenida durante el verano (López y Lara, 1996).

Las vacas que parieron en otoño y a principios del invierno produjeron 15% más leche que aquellas que parieron al final del invierno, en primavera y en verano en el noroeste de los Estados Unidos, debido principalmente, a cambio en la dieta y climáticos (Schmidt y Van Vleck, 1974) En otro estudio en Arizona se observó que las vacas que parieron en otoño e invierno produjeron aproximadamente 15% más leche que las vacas que parieron al final de primavera y verano. Las reducciones en producción en estas últimas estaciones fueron explicadas por las temperaturas ambientales altas, éstas tuvieron mayor influencia en los primeros 60 días de la lactancia y la máxima PL ocurrió durante el invierno (Ray *et al* , 1992).

Ouwltjes *et al*. (1996) observaron que el año y mes de parto influyeron significativamente en la cantidad de leche producida, pero ambos efectos explicaron menos del 1% en la variación total. Las temperaturas altas del verano, afectan negativamente el IPC, la tasa de concepción y los servicios por concepción (Coleman *et al* , 1985; Risco *et al*., 1994) Comúnmente, la magnitud del efecto esta asociado con la intensidad de la temperatura ambiental alta y el nivel de humedad presente en el ambiente. Núñez (1978) y Ruiz (1989) concluyeron que el efecto de la época de parto sobre el comportamiento

reproductivo de las vacas Holstein en México fue significativo con un mejor comportamiento reproductivo en los meses de agosto a diciembre.

Edad y número de parto

Clark y Touchberry (1962) observaron que el incremento en producción asociado con el número de partos y con la edad de la vaca depende principalmente del crecimiento del parénquima glandular mamario. En México el efecto de la edad ha sido estudiado desde la década del 70 (Mondragón y Ulloa, 1990), Castillo (1976) observó incrementos en la PL del 36% del primero al cuarto parto. Núñez (1978) observó incrementos del 28% en un hato comercial de la Comarca lagunera.

Valencia *et al* (2000) en un estudio con 80,269 vacas Holstein en 269 hatos, realizado en la República Mexicana, concluyeron que la producción se incrementó de acuerdo a la edad al parto en 26, 25 y 23%, al comparar vacas de 18 y 98 meses de edad, para las regiones norte, centro y sur, respectivamente.

II.2. Características reproductivas

La eficiencia reproductiva del hato lechero se puede definir de diversas formas como son los servicios por concepción, el IPC y el intervalo entre partos.

Intervalo parto concepción

El periodo parto concepción, denominado también como días abiertos se refiere al periodo de tiempo transcurrido entre el parto y el servicio efectivo y representa un indicador de alta importancia económica. Un periodo de tiempo prolongado entre el parto y la concepción puede explicarse por dos razones: un número elevado de servicios por concepción ocasionado por una baja tasa de concepción en cada servicio o un periodo prolongado entre el parto y el primer

servicio (Lee *et al.*, 1997; Abadía y McDaniel, 2000). Por su parte, Schmidt y Van Vleck (1974) señalaron que un intervalo mínimo de 60 a 90 días después del parto a la fertilización del óvulo, parece ser adecuado para alcanzar índices de regulares a óptimos de eficiencia reproductiva. El IPC afecta directamente el intervalo entre partos, por lo que se busca que el IPC promedio no exceda los 100 días y como consecuencia mantener el intervalo entre partos entre 12 y 13 meses (Warwick y Legates, 1980)

Varios estudios sugirieron que la producción por lactancia total incrementa conforme aumenta el número de días abiertos (Oltenuacu *et al.*, 1980; Thompson *et al.*, 1982; Abdallah y McDaniel, 2000). Lee *et al.* (1997) observaron que la producción por lactancia fue mayor conforme el número de días abiertos aumentó hasta 100 días, después, los incrementos fueron menores. Por ejemplo, un cambio de 20 a 100 días en el número de días abiertos incrementó la producción en 876 kg, pero un cambio de 100 a 120 días produjo incrementos de solamente 172 kg. Bajo condiciones prácticas de manejo, para obtener un intervalo entre partos de 12 a 13 meses, el período abierto debe variar de 60 a 90 días. Sin embargo, los días abiertos están en función del intervalo parto a primer servicio, de la eficiencia en la detección de celos y de la tasa de concepción. Por lo tanto, la alteración en cualquiera de estos factores puede resultar en el incremento de días abiertos (Bozworth *et al.*, 1972; Barr, 1975; Britt, 1975).

En la actualidad muchos ganaderos difieren el primer servicio posparto alargando voluntariamente el IPC, particularmente en vacas altas productoras y en aquellas en las que se obtienen lactancias mayores de 305 días con el uso de somatotropina bovina.

II.3. Factores genéticos que afectan la producción de leche

Heredabilidad

La proporción de la variabilidad total de una característica atribuible a factores genéticos transmisibles de una generación a otra, es conocida como índice de herencia (h^2). Por ser una relación de varianzas es siempre positiva y por ser una parte en relación al todo la h^2 puede tomar valores entre cero y uno (Van Vleck *et al.*, 1987). Los valores de h^2 estimados y la variabilidad total de una característica sirven de guía para definir el método de selección más apropiado con fines de mejoramiento genético y para ser usados en los procesos de evaluación genética y predecir el progreso genético

Repetibilidad

La repetibilidad es la fracción de la varianza fenotípica causada por la varianza de los efectos genéticos y ambientales permanentes. La repetibilidad es un concepto que está relacionado con la heredabilidad y es útil para realizar evaluaciones genéticas en los casos de características que se expresan varias veces durante la vida de la vaca (Van Vleck *et al.*, 1987). Por ejemplo, el rendimiento de leche durante la lactancia. Debido a que ni los genes, ni las combinaciones entre ellos que determinan la expresión sucesiva de un carácter cambian durante la vida del animal, la repetibilidad debe tener un valor al menos tan grande como el de la h^2 en sentido amplio, dado que se incluyen en ella, además, la varianza de los efectos transmisibles (aditivos), los efectos no aditivos y de ambiente permanente (Falconer, 1981; Warwick y Legates, 1980)

Correlaciones genéticas

Algunas características presentan variación conjunta, la cual puede estimarse con una medida de asociación lineal conocida como correlación. El grado de asociación (0 a 1 indicando proximidad en la misma dirección, y 0 a -1 indicando proximidad en direcciones opuestas) se puede determinar considerando la expresión de las características con relación al componente genético, ambiental o ambos. La causa de una correlación genética es principalmente la pleiotropía, aunque el ligamiento es una causa temporal de correlación. La pleiotropía es la propiedad de un gen para influir positiva o negativamente dos o más caracteres (Falconer, 1981). La magnitud de las correlaciones genéticas entre características permite conocer el posible cambio que puede producirse en una característica cuando se selecciona para otras, lo que permite verificar su congruencia con los objetivos de selección preestablecidos, y predecir el valor económico de la respuesta a la selección sobre varias características.

II.4. Características de la curva de lactancia

Wood (1967) señaló que la curva de lactancia permite representar el proceso de secreción de leche desde el parto hasta el periodo de secado o hasta la finalización de la secreción de leche. El periodo de secreción de leche depende de varios factores incluyendo, el nivel de producción y la persistencia. Bajo condiciones de estabulación o confinamiento y considerando dietas basadas en forraje y concentrado en proporciones iguales, la forma de la curva está caracterizada por un incremento de la producción desde el parto hasta alcanzar un pico (producción máxima), el cual comúnmente se observa alrededor de las seis a ocho semanas posparto. La segunda fase se caracteriza por una reducción aproximadamente lineal de la producción a partir del pico.

Modelando la forma de la curva de lactancia

Existen varios modelos matemáticos o algebraicos que han sido usados en el estudio del ganado lechero para describir, predecir y ajustar las curvas de lactancia por efectos ambientales (Congleton y Everett, 1980) Gaines (1927), Wood (1967) y Schaeffer *et al.* (1997) han propuesto distintos modelos de la curva de lactancia.

Descripción de la curva de lactancia con el modelo de Wood

El modelo de Wood (Wood, 1967) es una representación algebraica que busca explicar el comportamiento de la curva de PL con un incremento a partir del parto hasta alcanzar el pico (producción máxima) Posteriormente, la PL disminuye gradualmente hasta el periodo de secado que corresponde a la terminación temporal de la secreción de leche. La curva es descrita por la siguiente ecuación: $Y_n = a n^b e^{-cn}$, donde Y_n es el rendimiento diario en el n-ésimo día de lactancia y a , b y c son los parámetros que definen la curva. Las unidades de a y c son kg/día y días, respectivamente.

Persistencia de la producción de leche

Wood (1967) definió la persistencia como un parámetro de la curva de lactancia que expresa la capacidad de la vaca para mantener la producción después del pico. Molina y Boschini (1979) observaron que la persistencia es el mantenimiento de la producción con respecto al pico. En otro estudio, Sölkner y Fuchs (1987) evaluaron seis medidas de persistencia con mediciones periódicas de la PL. Las primeras dos medidas se calcularon como la proporción de los

segundos y terceros 100 días de producción acumulada con respecto a los primeros 100 días; la segunda medida se calculó como la proporción de la producción máxima a los días 200 y 305, con respecto a su promedio; y las últimas medidas se calcularon como las desviaciones de la PL en el pico de la lactancia con respecto a los 200 y 305 días, respectivamente.

La relación entre el pico de PL, la persistencia y la tasa de concepción fueron estudiadas por Lean *et al* (1989) En este estudio, los autores observaron que vacas con un pico de PL bajo y persistencia baja ó picos de PL altos con persistencia alta contribuyeron, probablemente, a que se tuvieran más vacas preñadas para los primeros dos servicios que vacas con picos bajos y persistencia alta, o picos altos y persistencia baja Las producciones más altas estuvieron asociadas con tasas de concepción bajas, sugiriendo que las demandas metabólicas de las vacas de alta producción de leche reducen la fertilidad

II.5. Relación entre PL y las características reproductivas

La existencia de asociaciones desfavorables entre características productivas y reproductivas, sugiere la importancia de incrementar la producción sin descuidar la eficiencia reproductiva del hato (Morris, 1980; Seykora y McDaniel, 1983; Cardona, 1989).

Uno de los objetivos de los productores en sistemas intensivos es obtener la máxima PL por vaca Sin embargo, se ha mostrado una relación inversa entre el nivel de PL y la eficiencia reproductiva (Butler *et al.*, 1981; Butler y Smith, 1989; Swanson, 1989; Lucy *et al.*, 1992) Por otro lado, Marion y Gier (1968) y Morrow (1969) encontraron que la ovulación y el estro después del parto ocurren más tarde en vacas con rendimiento lechero alto comparados con vacas de rendimiento bajo Harrison *et al* (1990) indicaron que vacas con PL alta presentaron una pobre actividad ovárica y bajo crecimiento folicular, dificultando la detección del estro

Por otro lado, existen evidencias de reducciones en la eficiencia reproductiva como resultado de la selección para PL, grasa, proteína y conformación (Rothschild *et al.*, 1981; Shanks *et al.*, 1982; Hansen *et al.*, 1983; Seykora y McDaniel, 1983; Bertrand *et al.*, 1985). Lo anterior repercute en un costo mayor de producción por problemas reproductivos, incrementando la tasa de desecho de vacas en producción. Sin embargo, los retornos económicos netos son mayores en hatos de bovinos seleccionados para mantener lactancias de aproximadamente 12,000 kg (Dunklee *et al.*, 1994).

Marti y Funnk (1994) observaron efectos negativos de un elevado nivel de PL sobre algunas características reproductivas. Los efectos negativos se relacionaron con el incremento en el número de días abiertos como resultado de las fallas al primer servicio, y menores tasas de concepción al primer servicio. Asimismo, Berger *et al.* (1981) observaron una correlación genética de 0.62 entre días abiertos y PL a 305 días y de 0.15 para 180 y 60 días en lactancia. Otros autores encontraron correlaciones genéticas de 0.48 entre PL y días al primer servicio (Berger *et al.*, 1981; Fonseca *et al.*, 1983; Harrison *et al.*, 1988; Harrison *et al.*, 1990). Bandinga *et al.* (1985) y Hayes *et al.* (1992), estimaron coeficientes de heredabilidad cercanos a cero para características reproductivas. Seykora y McDaniel (1983) indicaron que las heredabilidades de días abiertos y edad al primer parto fueron de 0.12 y 0.05, respectivamente.

II.6. Alimentación, balance de energía y condición corporal

El nivel de alimentación tiene una influencia importante sobre la PL y la eficiencia reproductiva de la vaca lechera. Después del parto, el consumo de materia seca puede incrementarse hasta en un 100% para cubrir los requerimientos de la PL (NRC, 2001). Sin embargo, la vaca alta productora es incapaz de consumir la materia seca requerida por el incremento en la demanda en la alta producción. Para cubrir el déficit, la vaca moviliza reservas corporales (Smidt y Farries, 1982; NRC, 2001). La utilización de la energía neta de lactancia

después del parto resultó en la movilización de 42 kg de peso corporal vacío, de los cuales fueron 31 kg de grasa y 5 kg de proteína (NRC, 2001). Las vacas movilizan un promedio de 0.7 kg de peso corporal vacío, 0.56 kg de grasa corporal y 0.04 kg de proteína por día. La mayor movilización de reservas corporales fue observada en la primera semana de la lactancia. Durante el periodo de balance negativo de energía, los pulsos de LH y los folículos dominantes se reducen, promoviendo una disminución en la producción de Estradiol que induce una menor actividad preovulatoria y secreción de gonadotropinas. Como consecuencia, el alcanzar el consumo de materia seca requerida en el periodo posparto es crucial para iniciar el periodo ovulatorio normal y el desarrollo del cuerpo lúteo. Staples y Thatcher (1990) observaron que las vacas que presentaron anestro posparto largo (más de nueve semanas) consumieron menos alimento, produjeron menos leche, perdieron peso corporal y tuvieron un balance energético negativo mayor que las vacas que ovularon en los primeros 40 días posparto.

Canfield *et al.* (1990) observaron que la correlación fenotípica entre los días a la primera ovulación y los días en balance negativo de energía fue de 0.75. Villa Godoy *et al.* (1988) concluyeron que hay un efecto adverso del balance negativo de energía sobre el desarrollo del cuerpo lúteo, entre el segundo y el tercer cuerpo lúteo, pero no en el primer cuerpo lúteo funcional.

Durante mucho tiempo se ha enfatizado la importancia de las reservas corporales al parto como un indicador del nivel de energía almacenada en el animal en preparación del inicio de la lactancia (NRC, 2001). Un indicador de las reservas corporales es la apreciación visual de la condición corporal (CC) de la vaca (Zarco, 1996). Posiblemente, las vacas que llegan al parto con condición corporal pobre o reservas corporales limitadas pueden ser más influenciadas por el balance energético negativo posparto en comparación con las vacas que paren con índices de CC más alta (Hansen *et al.* 1991).

La relación entre el balance de energía y las características reproductivas posparto en ganado lechero han sido revisadas por Butler *et al.* (1989) y

Veerkamp (1998). Los dos últimos estudios señalan que la CC puede ser usada como un indicador del balance de energía. Veerkamp y Brotherstone (1997) observaron una correlación genética de -0.37 entre PL y CC. Jones *et al* (1999) y Pryce *et al*. (2000) estimaron que la correlación genética entre fertilidad y CC fue de -0.22 a -0.13 , indicando que la movilización de tejido corporal juega un papel importante en el control genético de la fertilidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

La información analizada incluyó registros mensuales de la producción de leche del ordeño de la mañana más el ordeño de la tarde y eventos reproductivos del hato lechero "18 de Julio". El hato esta ubicado en las coordenadas 25° 54' 07" de latitud norte y 103°35'09" de longitud oeste en Bermejillo, Durango, México. La altura promedio sobre el nivel del mar es de 1137 m y el clima corresponde a un BWhw'(e), seco desértico con temperaturas extremosas. La temperatura promedio anual es de 21.1° C. La precipitación promedio anual es de 239 mm distribuyéndose en los meses de Julio a Septiembre (García, 1981). El mes más cálido es Mayo con una temperatura promedio de 32° C y el mes más frío es Enero con 12° C.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El hato lechero "18 de Julio" fue creado con fines comerciales de PL. El manejo de hato durante el periodo de estudio incluyó el uso de forrajes de corte como alfalfa (*Medicago sativa*), granos y oleaginosas que mezclados constituyen la base de la dieta y son suministrados como dietas completas de acuerdo a las recomendaciones del NRC (NRC, 2001). El intervalo parto-primer servicio es aproximadamente de 60 días. El manejo genético del hato se basa en el uso de sementales Holstein, principalmente, de origen norteamericano vía inseminación artificial.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PREPARACIÓN DE LOS DATOS

Los registros analizados fueron obtenidos de 1981 a 1993 e incluyeron 1579 lactancias con información de los registros mensuales de PL y eventos reproductivos provenientes de 766 vacas. La información incluyó: 1) eventos reproductivos: fecha de los servicios, sementales usados, fecha del servicio fértil y número de partos, 2) datos genealógicos: identificación del padre y de la madre y fecha de nacimiento y 3) eventos productivos: fechas y producciones periódicas de leche. Con la base de datos se generaron variables como intervalos parto primer servicio (IPPS), fecha de parto menos fecha de primer servicio e intervalo parto concepción (IPC), fecha de parto menos fecha de primer servicio efectivo. Las épocas de parto se definieron como otoño-invierno (1) y primavera-verano (2).

Edición de datos

Al editar los datos se eliminaron registros incompletos (y con IPC menores de 10 días y mayores de 500 días, considerándose como lactancias irregulares). Adicionalmente, para generar las variables de la curva de lactancia y hacer un análisis más preciso de los registros se usaron únicamente lactancias completas ajustadas a 305 días siguiendo el procedimiento de Wood (Wood, 1967).

Estimación de las curvas de lactancias

Las lactancias fueron estimadas utilizando la ecuación de Wood (Wood, 1967):

$$Y = an^b e^{-cn} \quad [1]$$

Donde:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$Y = PL$ por día después del parto.

$n =$ tiempo (días) transcurrido después del parto.

a , b y c representan los parámetros de la ecuación; a corresponde a un factor de escala indicando la producción al inicio de la lactancia; b es la tasa de incremento hasta alcanzar el punto de máxima producción; c es la tasa de disminución gradual a partir del pico máximo de producción; y e es la base del logaritmo natural.

La estimación de los parámetros de la ecuación de Wood se obtuvo con el logaritmo natural (\ln) de la ecuación 1:

$$\ln(y) = \ln(a) + b \ln(n) + cn \quad [2]$$

Los coeficientes de regresión parcial de la ecuación anterior se estimaron mediante regresión lineal múltiple para cada vaca con el modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad [3]$$

Donde:

$$Y = \ln(y)$$

$$\beta_0 = \ln(a)$$

$$\beta_1 = b$$

$$\beta_2 = c$$

$$X_1 = \ln(n)$$

$$X_2 = n$$

La producción total de leche a 305 días de lactancia (PL305) se estimó para cada vaca utilizando el modelo de Wood acumulando las producciones diarias predichas por el modelo de día 1 al día 305. La ecuación utilizada fue:

$$PL305 = \sum_{i=1}^{LL} a n_i^b e^{-c n_i}$$

Donde:

LL = Día al término de la lactancia.

n_i = es el i - ésimo día de lactancia, para $n \leq 305$

a , b y c = representa los parámetros de la ecuación de Wood.

El pico de producción se predijo como: $a(b/c) \exp(-b)$, y los días a la máxima producción como: b/c días después del parto.

La persistencia fue evaluada en tres formas: 1) El porciento que representa la última medición de leche ajustada a 305 días con respecto a la producción al pico de la lactancia (PER1):

$$PER1 = \frac{\text{Última medición de producción de leche a 305 días}}{\text{Producción al pico de la lactancia}} \times 100$$

2) El porciento que representa la producción acumulada al día 200 con respecto a la producción acumulada en los primeros 100 días de producción (PER2):

$$PER2 = \frac{\text{Producción de leche acumulada a los 200 días}}{\text{Producción de leche acumulada a los 100 días}} \times 100$$

3) El porciento que representa la producción acumulada en el último tercio de la lactancia a los 300 días con respecto a los primeros 100 días (PER3):

$$PER3 = \frac{\text{Producción de leche acumulada a los 300 días}}{\text{Producción de leche acumulada a los 100 días}} \times 100$$

De cada vaca se obtuvo la ecuación de la curva de lactancia con sus parámetros respectivos y se seleccionaron aquellas curvas que fueron típicas con respecto a la descripción de Wood (Wood, 1967). De acuerdo con la descripción de Wood, las curvas típicas fueron las que presentaron un incremento inicial hasta alcanzar un pico para luego decrecer hasta el final de la lactancia. Un 20% de las lactancias analizadas fueron eliminadas por presentar un comportamiento atípico según esta definición antes del día 305. Los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos para las curvas variaron desde 0.42, hasta 0.99, con un promedio de 0.60

Las bases de datos definitivas fueron un archivo de pedigrí de 1063 animales, con 126 sementales y 485 hembras y uno de datos de PL y efectos ambientales, donde hubo 766 vacas con registros, de las cuales 619 tuvieron genealogía completa.

MODELOS ESTADÍSTICOS DE ANÁLISIS

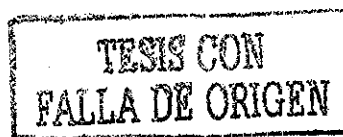
Los datos fueron analizados con un modelo lineal mixto. El modelo estadístico usado incluyó los efectos de año-época de parto y número de parto como efectos fijos, y de animal y efecto ambiental permanente como efectos aleatorios:

$$Y_{iklm} = \mu + AEP_l + NP_k + A_l + E_m + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijklm} = variables de respuesta (producción al pico, PER1, PER2 y PER3, PL a 305 días, intervalo parto primer servicio e IPC

μ = Media general



AEP_i = i-ésimo año - época de parto de la vaca

NP_k = k-ésimo número de parto

A_l = l-ésimo efecto genético del animal

E_m = m-ésimo efecto del ambiente permanente

e_{ijkl} = error aleatorio N I I D $(0, \sigma^2)$

El siguiente modelo mixto bivariado se utilizó para estimar los componentes de (co)varianza y las correlaciones genéticas, ambientales y fenotípicas. Su representación en forma de matrices es la siguiente:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde y_1 y y_2 son vectores de medidas fenotípicas de dimensiones $N_1 \times 1$ y $N_2 \times 2$, el número de registros para cada característica; X_1 y X_2 son matrices de incidencia de 0 y 1 relacionando registros y efectos fijos; b_1 y b_2 son cantidades fijas desconocidas incluyendo las medias de cada característica; Z_1 y Z_2 son matrices de incidencia que relacionan registros y efectos aleatorios; u_1 y u_2 son vectores de efectos genéticos aditivos desconocidos; y e_1 y e_2 son los vectores de errores aleatorios desconocidos.

Las propiedades de distribución de los elementos en el modelo con E y V indicando el valor esperado y el operador de la varianza fueron:

$$E \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad V \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a1}^2 & A\sigma_{a12} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a12} & A\sigma_{a2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{e1}^2 & I\sigma_{e12} \\ 0 & 0 & I\sigma_{e12} & I\sigma_{e2}^2 \end{bmatrix}$$

Donde A es el numerador de la matriz de relaciones; σ_{a1}^2 , σ_{a2}^2 , y σ_{a12} son los componentes de (co) varianzas genéticas aditivas para las características en consideración; y σ_{e1}^2 , σ_{e2}^2 y σ_{e12} componentes de (co)varianzas residuales para las características. Lo anterior, supone que el primer momento de los efectos aleatorios fue cero, y las covarianzas entre efectos aleatorios son cero. Además, que cada par de características tiene una distribución normal multivariada.

La estimación inicial de los componentes de varianzas para las características en estudio se realizó a través de un modelo univariado. Con el objetivo de obtener valores iniciales para análisis posteriores se usó el programa DFREML (Meyer, 1993). Posteriormente, se utilizó el programa ASREML (Gilmour, et al, 2001) para estimar los parámetros genéticos y determinar las características a incluir en el modelo bivariado.

Los estimadores de Máxima Verosimilitud Restringida (REML, del inglés; *Restricted Maximum Likelihood*) estima componentes de varianzas a partir de modelos con datos desbalanceados, considerando la covarianza entre efectos aleatorios. El REML requiere que la variable de interés tenga una distribución normal multivariada y toma en cuenta los grados de libertad involucrados en la estimación de efectos fijos (Hofer, 1998).

Entre los algoritmos utilizados para obtener componentes de varianza con REML se encuentra el procedimiento libre de derivadas (DFREML) para localizar el máximo de la función de verosimilitud, tiene la ventaja de usar una búsqueda

unidimensional para componentes de varianzas sin la inversión de la matriz de coeficientes de modelos mixtos, lo que reduce tiempo y costo de cómputo (Hofer, 1998). El algoritmo del programa ASREML, se basa en la aproximación de las derivadas parciales de segundo orden (AI) (REML) del promedio de la matriz de información esperada y observada, es un algoritmo eficiente para la estimación de varianzas y covarianzas en modelos lineales mixtos (Hofer, 1998).

La prueba de razón de verosimilitud (del inglés Likelihood Ratio Test) se utilizó para probar la existencia de correlaciones genéticas entre las características estudiadas en forma similar a Castillo (1998). Los valores de $-2 \log$ de verosimilitud (L) fueron obtenidos para dos modelos; uno completo y uno reducido. En un primer modelo, se estimaron los componentes de varianza de un modelo completo, sin restricciones mientras que para el segundo, las covarianzas se fijaron en cero. La H_0 es $Cov(g) = 0$ vs H_a , $Cov(g) \neq 0$. El número de parámetros estimados en ambos modelos fue diferente, entonces con H_0 , el estadístico fue: $D = L \text{ modelo 1} - L \text{ modelo 2}$. Bajo la H_0 , las diferencias (D) entre los valores obtenidos de L en ambos modelos se distribuye con una χ^2 con r grados de libertad que corresponden a la diferencia en el número de parámetros entre ambos modelos. La hipótesis nula es rechazada con un nivel de significancia de 0.05, cuando la $D > \chi^2$. En el presente estudio se utilizó un grado de libertad dado que se fijó un parámetro. El nivel de significancia usado fue de 0.05 para obtener el valor de la prueba de la hipótesis nula

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue estimar las varianzas y covarianzas para PL a los 305 días, PL al pico, PER1, PER2 y PER3, e IPC en un hato comercial de vacas Holstein. Las variables de la curva de lactancia y el IPC fueron inicialmente analizadas utilizando un modelo mixto univariado con el propósito de estimar las varianzas aditivas, de ambiente permanente, y residuales.

Las varianzas aditivas, de ambiente permanente, fenotípicas y residuales obtenidas con el modelo univariado fueron posteriormente utilizadas en un modelo bivariado, después de remover aquellas variables con varianzas aditivas suficientemente bajas como para suponer que su valor es igual a cero.

Las heredabilidades obtenidas con el programa DFREML fueron muy similares a las obtenidas por el programa ASREML. Los componentes de varianza se obtuvieron con un nivel de convergencia de 1×10^{-8} y 300 iteraciones para el programa DFREML y con un nivel de convergencia de 1×10^{-6} y 7 iteraciones para ASREML.

Los componentes de varianza estimados con el modelo bivariado fueron similares a los observados por Meyer *et al.* (1991) en ganado bovino productor de carne y por Roman y Wilcox, (2000) en vacas Jersey. En estos estudios se utilizó un modelo univariado para obtener las varianzas y posteriormente, de acuerdo con los valores de las varianzas aditivas se incluyeron las variables que fueron analizadas con el modelo bivariado; para obtener convergencia de los modelos bivariados, fue necesario fijar las varianzas. Un procedimiento similar para encontrar convergencia se siguió en el presente estudio en los modelos bivariados. En el Cuadro 1 se muestra la media, desviación estándar y el coeficiente de variación para el IPC (días), PL305 (kg), producción al pico de la lactancia (kg), PER1 (kg), PER2 (kg) y PER3 (kg). Estos valores son similares a los obtenidos anteriormente para las condiciones de producción de la Comarca Lagunera. Por ejemplo, Núñez y Ramírez (1995) analizaron registros de 38 hatos

de diferentes estados de la República Mexicana. Sus resultados indicaron que el IPC fue de 132 días. Gutiérrez (1994) analizó 2578 registros de lactancias de hatos lecheros de la Comarca Lagunera. Los resultados obtenidos indicaron que la producción de la lactancia fue de 11,315 kg y la persistencia obtenida con el método PER1, fue de 51.82 % mientras que en este trabajo fue de 49.51%.

Por otro lado, López y Lara (1996) observaron que la media para PL a 305 días en las zonas áridas del país fue 13% mayor comparado con el promedio para PL encontrado en 25 estudios realizados en ambientes diferentes de México.

Cuadro 1. Características de PL y parámetros reproductivos de un hato comercial de vacas Holstein consumiendo una dieta forraje-concentrado (50:50) en la Comarca Lagunera

Característica	N ¹	Media	D. S. ²	C. V. ³
Prod. de leche a 305-d, kg	1579	7056.31	1534.23	21.81
Prod. al pico de la lact., kg	1579	30.40	6.71	22.08
Interv. parto-concepción, días	1579	111.22	62.60	56.28
PER1, % ^A	1579	49.51	19.99	40.38
PER2, % ^B	1579	88.34	13.90	15.73
PER3, % ^C	1579	64.33	20.12	31.27

¹N = Número de observaciones ²D. S. = Desviación estándar ³C V. = Coeficiente de variación.

^APER1 = Estimación de persistencia en la última medición de leche a 305 días con respecto a la producción en el pico de la lactancia ^BPER2 = Estimada como la tasa de producción acumulada al día 200 con respecto a la producción acumulada en los primeros 100 días de producción ^CPER3 = Estimación de persistencia acumulada en el último tercio de la lactancia a los 300 días con respecto a los primeros 100 días.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el Cuadro 2 se muestran las varianzas genéticas, fenotípicas y de ambiente permanente, y la heredabilidad para IPC, PL305, PMAX, PER1, PER2 y PER3, estimadas con DFREML. En el Cuadro 3 se muestran los mismos resultados para ASREML. En ambos cuadros se observa que los valores de las varianzas aditivas, fenotípicas, permanentes y de heredabilidad son muy similares entre ellos y se encuentran dentro del rango de estimados en estudios previos (Berger *et al.*, 1981; Hansen *et al.*, 1983). Las varianzas aditivas, fenotípicas y de ambiente permanente, y la heredabilidad son inferiores a los promedios para PL a 305 días publicados para hatos Holstein nacionales (Valencia, 2001).

La heredabilidad para IPC es de 0.014 y es similar al valor observado por Hansen *et al.* (1983). En el estudio de Hansen, la heredabilidad fue estimada con tres métodos incluyendo Henderson III, Máxima verosimilitud y Máxima verosimilitud restringida. El valor obtenido de heredabilidad para IPC estimada con Henderson III fue similar y menor con los otros dos métodos, a la heredabilidad obtenida en el presente estudio.

IPC, PER2 y PER3 del hato mostraron un error estándar superior al valor de la heredabilidad. La heredabilidad de PER1 fue cero en DFREML. Los resultados para IPC, PER1, PER2 y PER3 sugieren que tanto las características de la curva de producción y reproductivas fueron influenciadas, principalmente por efectos del medio ambiente. Aunque los valores observados en el presente estudio confirman la idea que PL305 y PMAX son características con potencial para definir planes y políticas de mejoramiento genético de los bovinos productores de leche.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 2. Componentes de varianza y heredabilidad para las características de PL y eventos reproductivos con un modelo univariado utilizando DFREML.

Característica	Varianza			$h^2 \pm e e$
	Aditiva	Permanente	Fenotípica	
PL305 ^A kg	314885.15	351817.63	2066001.06	0.152 ± 0.050
Prod. al pico ^B kg	5.37	4.06	35.82	0.149 ± 0.048
IPC ^C días	43.87	410.62	3842.21	0.011 ± 0.041
PER1, %	0.00	61.64	269.47	0.000
PER2, %	4.22	23.33	143.25	0.029 ± 0.041
PER3, %	6.91	56.24	266.34	0.026 ± 0.047

^APL305 = PL a los 305 días; ^BProducción al pico de la lactancia; ^CIPC = Intervalo parto primer servicio (días) PER1 = Estimación de persistencia en la última medición de leche a 305 días con respecto a la producción en el pico de la lactancia. PER2 = Estimada como la tasa de producción acumulada al día 200 con respecto a la producción acumulada en los primeros 100 días de producción PER3 = Estimación de persistencia acumulada en el último tercio de la lactancia a los 300 días con respecto a los primeros 100 días

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 3. Componentes de varianza y heredabilidad para las características de la curva de producción e IPC con un modelo univariado utilizando ASREML

Característica	Varianza			$h^2 \pm e.e$
	Aditiva	Permanente	Fenotípica	
PL305 ^A , kg	313978.00	359082.00	2069000.00	0.151 \pm 0.051
Prod. al pico ^B , kg	5.11	4.09	35.83	0.142 \pm 0.048
IPC ^C , días	55.09	406.32	3836.00	0.014 \pm 0.036
PER1, %	0.00	59.12	268.90	0.000
PER2, %	3.10	21.21	146.80	0.021 \pm 0.036
PER3, %	3.72	54.03	281.20	0.013 \pm 0.036

^APL305 = PL a los 305 días; ^BProducción al pico de la lactancia; ^CIPC = Intervalo parto primer servicio (días) PER1 = Estimación de persistencia en la última medición de leche a 305 días con respecto a la producción en el pico de la lactancia PER2 = Estimada como la tasa de producción acumulada al día 200 con respecto a la producción acumulada en los primeros 100 días de producción. PER3 = Estimación de persistencia acumulada en el último tercio de la lactancia a los 300 días con respecto a los primeros 100 días.

Debido al valor de heredabilidad (h^2) de IPC cercano a cero, podemos considerar que esta variable fue más influenciada por las prácticas y decisiones de manejo en comparación con los efectos genéticos.

Las varianzas y covarianzas para PL305 días, producción a pico y persistencia³ calculadas con un modelo bivariado en el programa ASREML se observan en el Cuadro 4. Los modelos bivariados donde se incluyeron PL305 con IPC, PER1, PER2 no se obtuvo convergencia, así como los modelos de IPC con PER1, PER2, PER3 y PMAX y los modelos entre las medidas de persistencia tampoco se llegó a la convergencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 4. Varianzas y Covarianzas de PL a 305 días, producción al pico y persistencia³ obtenidas con un modelo bivariado con ASREML en vacas Holstein

Características	Aditivas		Permanentes		Residuales	
	VAR	COV	VAR	COV	VAR	COV
PL305	34.77	14.48	40.91	10.50	158.40	55.50
PMAX	6.27		4.49		29.82	
PL305	31.65	3.74	35.38	36.87	137.10	26.80
PER3	1.47		53.66		221.90	
PMAX	5.50	0.97	4.01	0.93	26.27	-22.80
PER3	2.57		52.63		225.50	

¹PL305 = PL a 305 días, PMAX = producción al pico y PER3 = persistencia ³

El valor de la heredabilidad de PL (0.15) es inferior al observado por Montaldo y Torres (1992) que fue de 0.23 y es inferior al rango de estimados disponibles para México de 0.34 a 0.40 para las primeras lactancias (López y Lara, 1996), aunque se encuentra dentro del rango de 0.12 a 0.57 para todas las lactancias (Mondragón y Ulloa, 1990). La heredabilidad de PER3 fue cercana a cero, lo cual sugiere que esta característica depende principalmente de las condiciones ambientales y del manejo del hato (Van Arendonk, *et al.*, 1989; Oltenacu, *et al.*, 1991; Campos, *et al.*, 1994; Abdallah y McDaniel, 2000). Adicionalmente, los valores de heredabilidad para PER3 observados en el presente estudio son menores comparados con los observados por Sölker y Fuchs (1987) y Bar Anan y Ron (1985). Sin embargo, las bases de datos utilizados en los dos últimos estudios fueron mucho mayores a la usada en el presente estudio.

Cuadro 5. Repetibilidades para las características de la curva de producción e IPC con los modelos univariado y bivariado utilizando DFREML y ASREML

Característica	DFREML	ASREML (Univariado)	ASREML (Bivariado)
PL305 ^A , kg	0.32	0.32±0.032	0.32±0.030
Prod. al pico ^B , kg	0.26	0.26±0.032	0.27±0.030
IPC ^C , días	0.12	0.12±0.033	-----
PER1, %	0.23	0.22±0.032	-----
PER2, %	0.19	0.17±0.032	-----
PER3, %	0.24	0.20±0.032	0.20±0.030

^APL305 = PL a los 305 días; ^BProducción al piuco de la lactancia; ^CIPC = Intervalo parto primer servicio (días). PER1 = Estimación de persistencia en la última medición de leche a 305 días con respecto a la producción en el pico de la lactancia. PER2 = Estimada como la tasa de producción acumulada al día 200 con respecto a la producción acumulada en los primeros 100 días de producción. PER3 = Estimación de persistencia acumulada en el último tercio de la lactancia a los 300 días con respecto a los primeros 100 días.

En el Cuadro 5 se muestran las repetibilidades para las características estudiadas utilizando DFREML y ASREML (univariado y bivariado). La repetibilidades para P_{MAX} y PL305 fue de 0.32 y 0.27, respectivamente. Estos valores son inferiores a los observados por Montaldo y Torres (1992) de 0.52 para PL305 e inferiores a los obtenidos por Valencia (2001) de alrededor de 0.50. Sin embargo, se encuentran dentro del rango de 0.25 a 0.48 observado en un estudio de revisión de López y Lara en (1996), para clima árido en México. En el trabajo de López y Lara (1996), se observó una repetibilidad para PL305 estimada con el programa REML de 0.33, muy cercana a la encontrada en este estudio. En el presente trabajo la repetibilidad para IPC fue 0.16, la que es similar a la observada por López y Lara (1996), de 0.12. La repetibilidad para PER1, PER2 y PER3 se



encuentra entre 0.17 a 0.24. Por lo tanto, los registros tienden a parecerse poco cuando son medidos en el mismo animal.

Cuadro 6. Correlaciones genéticas (por encima de la diagonal) y las correlaciones fenotípicas por (debajo de la diagonal), heredabilidades (en la diagonal) para las características indicadas

Característica	PL305	PER3	PMAX
PL305	0.155±0.05	0.546±1.62	0.980±0.04
PER3	0.153±0.03	0.009±0.03	0.259±1.02
PMAX	0.808±0.01	-0.296±0.03	0.154±0.05

PL305 = PL a 305 días, PMAX = producción al pico, PER3 = persistencia³

En el Cuadro 6 se muestran las correlaciones genéticas estimadas de los modelos bivariados. La correlación genética entre PL305 y PMAX fue de 0.98, y la correlación fenotípica de 0.81. Estas correlaciones son similares a las obtenidas por Hansen *et al.* (1983). Por otro lado, PER3 presenta una correlación genética de 0.55 con PL305 y de 0.26 con PMAX. Los errores estándar para las dos correlaciones fueron mayores que uno, lo que se explica en parte por la pequeña varianza aditiva de PER3 y por el uso de una base de datos con pocos registros, y un pedigrí con pocas conexiones genéticas. El valor de la persistencia es similar al observado por Verkamp *et al.* (2000) y Abdallah y McDaniel (2000).

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis basadas en los logaritmos de las verosimilitudes de los modelos restringidos y completos. El objetivo de este análisis fue determinar la existencia de correlaciones genéticas diferentes a cero entre las características estudiadas con el modelo bivariado.

Cuadro 7. Valores de -2 logaritmo de verosimilitud (L) obtenidos en los modelos completos y restringidos para efectuar la prueba de razón de verosimilitud

	PL305-PMAX	PL305-PER3	PMAX-PER3
L modelo restringido	8152.15	10229.2	8703.9
L modelo completo	7602.79	10030.6	8703.7
Diferencia(D)	549.36*	198.6*	0.2

* $P < 0.05$

Los estudios de Verkamp *et al.* (2000) y Abdallah y McDaniel (2000) sugirieron un antagonismo genético entre características productivas y eventos reproductivos estimados mediante correlaciones genéticas. Sin embargo, otros estudios como los de Raheja *et al.* (1989), Oltenacu *et al.* (1991) y Roman y Wilcox (2000) observaron una pequeña o nula relación, la cual es similar a la observada en el presente estudio.

El valor de χ^2 con un grado de libertad y nivel de significancia de 0.05 es de 3.84. Comparado con la D se rechaza la hipótesis nula ($r_g=0$) para las correlaciones entre PL305-PMAX y PL305-PER3. Lo cual significa que la covarianza genética aditiva entre PMAX y PER3 es inexistente o no pudo ser demostrada diferente de cero, posiblemente debido a las características de la base de datos usadas en cuanto al número de vacas e información genealógica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V. CONCLUSIONES

Tanto en los modelos univariados (DFREML, ASREML) como bivariados (ASREML), la heredabilidad estimada de IPC y PER1, PER2 y PER3 fue cercana a cero, mientras que para PL305 fue de 0.15. Este valor se encuentra dentro del rango de estimado para hatos en México. La repetibilidad (0.32) fue algo menor a la estimada en estudios previos para hatos en México, de alrededor de 0.50.

La correlación genética entre PL305 y PMAX fue de 0.98 indicando que la forma de obtener PMAX a través de las mediciones repetidas y la forma de calcular PL305 a partir de curvas típicas con el modelo de Wood permite suponer que ambas características son muy similares genéticamente.

La correlación genética entre PER3 y PL305 fue de 0.55 y entre PER3 y PMAX fue de 0.26.

La heredabilidad de PMAX fue 0.15 y la repetibilidad de 0.27; estos valores son similares a los de PL305, asimismo, las curvas de producción de leche permiten obtener características de importancia económica, como la persistencia, que se puede probablemente utilizar como criterio de selección. Se requieren estudios con mas datos y hatos y orientados hacia el desarrollo del modelo de día de prueba (test day model) para obtener estimadores en la curva de lactancia con mayor exactitud.

Los resultados obtenidos indican que la heredabilidad de las características reproductivas es cercana a cero, por lo que a corto plazo se pueden manejar mejorando las condiciones ambientales. Se considera importante realizar estudios con mas datos para evaluar las consecuencias a largo plazo de la selección sobre producción de leche en la eficiencia reproductiva y la forma de la curva de lactancia del ganado especializado en la producción de leche en México.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI. REFERENCIAS

- Abdallah, J. M., B. T. McDaniel. 2000. Genetic parameters and trends of milk fat, days open, and body weight after calving in North Carolina Experimental herds. *J. Dairy Sci.* 83:1364.
- Anta, E., J. A. Rivera., C. Galina., A. Porras., L. Zarco. 1989. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Veterinaria (Méx.)* 20(1):11.
- Ayala, B. F. J. 1976. Estimación de parámetros genéticos en un hato lechero de la raza Holstein en el trópico Tesis profesional. UNAM. México, D. F.
- Badinga, L., R. J. Collier, C. J. Wilcox, and W. W. Thatcher. 1985. Interrelationships of milk yield, body weight, and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 68:1828
- Bar-Anan, R. G. R. Wiggins, and M. Ron. 1985. Associations among yield, yield persistency, conception, and culling of Israeli Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 68:382.
- Barr, H. L. 1975. Influence of estrous detection on days open in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 58:246.
- Bath, O. L., F. N. Dickinson, H. A. Tucker, and R. D. Appleman. 1978. Dairy cattle, principles, practices, problems and profits. Second Edition. Lea y Febiger. Philadelphia. 574p.
- Beam, S. W., Butler, W. R. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil., Suppl.* 54: 411.
- Berger, P. J., R. D. Shanks, A. E. Freeman, and R. C. Laben. 1981. Genetic aspects of milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 64:114.
- Bertrand, J. A., P. J. Berger, A. E. Freeman, and D. H. Kelley. 1985. Profitability in daughters of high versus average Holstein sires selected for milk yield of daughter. *J. Dairy Sci.* 68:2287.

- Bozworth, R. W., G. Ward, E. P. Call, and E. R. Bonewitz. 1972. Analysis of factors affecting calving intervals of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 55:334
- Britt, J. H., 1975. Early postpartum breeding in dairy cattle. A review. *J. Dairy Sci.* 58:266.
- Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60:449.
- Butler, W. R., R. W. Everett, and C. E. Coppock. 1981. Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 53:742.
- Butler, W. R., Smith, R. D. 1989. Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 7: 767.
- Canfield, R. W., and W. R. Butler. 1991. Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.* 69:740.
- Canfield, R. W., C. J. Sniffen, and W. R. Butler. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73:2342.
- Campos, M. S., C. J. Wilcox, C. M. Becerril and A. Diaz. 1994. Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida. *J. Dairy Sci.* 77:867.
- Cardona, G., 1989. Efectos directos, maternos, correlación entre ellos, e indicadores de productividad total en ganado Romosinuano bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis. Postgrado. CATIE Turrialba, Costa Rica.
- Carstairs, J. A.M, D. A. Morrow, and R. S. Emery. 1980. Postpartum reproductive function of dairy cows as influenced by energy and phosphorous status. *J. Anim. Sci.* 51:1122.
- Casida, L. E., W. E. Graves, E. R. Hauser, J. W. Lauderdale, J. W. Riesen, S. Saidudin, and W. J. Tyler. 1968. Studies on the postpartum cow. *Univ. Wis. Res. Bull.*

- Castillo, J. H. 1998. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, fertility and somatic cells score in Holstein cows. Ph. D. Dissertation. Cornell University Press. USA.
- Castillo, D. J. L. 1976. Estudio de algunos factores fisiológicos y ambientales que influyen en la PL en un establo del valle de México. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.
- Clark, R. D., and R. W. Touchberry 1962. Effect of body weight and age at calving on milk production in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 45:1500.
- Coleman, D. A., W. V. Thayne, and R. A. Dailey. 1985. Factors affecting reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68:1793.
- Dachir, S., R. W. Blake, and P. G. Harms. 1984. Ovarian activity of Holstein and Jersey cows of diverse transmitting abilities for milk. *J. Dairy Sci.* 67:1776.
- Darwash, A. O., G. E. Lamming, and J. A. Wooliams. 1997. Estimation of genetic variation in the interval from calving to postpartum ovulation of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1227.
- De Vries, M. J., and R. F. Veerkamp. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83: 62.
- Dekkers, J. C. M. Ten Hag, J. H. and Weersink, A. 1998. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 53:237.
- Domecq, J. J., A. L. Skidmore, J. W. Lloyd, and J. B. Kaneene. 1997. Relationship between body condition score and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:113.
- Dunklee, J. S., A. E. Freeman, and D. H. Kelley. 1994. Comparison of Holstein selected for high and average milk production. 1. Net income and production response to selection for milk. *J. Dairy Sci.* 77:1890.
- Esslemont, R. J. 1982. Economic aspects related to cattle infertility and the post partum interval. In: H. Karg and E. Schallenberger (Editors), *Factor Influencing Fertility in the Post Partum Cow*. Nijhoff, The Hague, pp. 442-458.

- Falconer, D. S., 1981. Introducción a la genética cuantitativa. 11 Ed. CECSA. México, D. F.
- Fonseca, F. A., J. H. Britt, B. T. McDaniel, J. C. Wilk, and A. H. Rakes. 1983. Reproductive traits of Holstein and Jersey. Effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rate, and days open. *J. Dairy Sci.* 66:1128.
- Gaines, W. L. 1927. Persistency of lactation in dairy cows. In: Illinois Agric. Exp. Station. Bull. N^o288. Univ. Illinois, Urbana.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía UNAM, México. 246 pp.
- Garnsworthy, P. C., and J. H. Topps. 1982. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim. Prod.* 35: 113.
- Gengler, N. 1996. persistency of lactation yields: a review. In Proc, Int., Workchop of genet. Improvement of functional traits in cattle, Gembloux, Belgium. INTERBULL. N^o. 12, Univ. Agric. Sci., Uppsala, Sweden.
- Gilmour, A. R., B. R. Cullis, S. J. Welliam, and R. Thompson. 2001. ASREML Reference manual. IACR-Rothamsted Exp. Station. Harpenden, U. K.
- Gill, G. S., and F. R. Allaire. 1976. Relationship of age at first calving, days open, day dry, and herdlife to a profit funtion for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 59:1131.
- Grossman, M., S. M. Hartz., and W. J. Koops. 1999. Persistency of lactation yield: A novel approach. *J. Dairy Sci.* 82:2192.
- Gutiérrez, H. S. 1994. Efecto de los factores ambientales sobre los parámetros de la ecuación de Wood y sobre los componentes de la curva de PL en vacas Holstein. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo. Méx.
- Hall, J. G., C. Branton, and E. J. Stone. 1959. Estrus, estrous cycles ovulation time, time of service, and fertility of dairy cattle in Louisiana. *J. Dairy Sci.* 42:1086.

- Hansen, L. B., A. E. Freeman, and P. J. Berger. 1983. Association of heifer fertility with cow fertility and yield in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66: 293.
- Hansen, L. B., A. E. Freeman, and P. J. Berger. 1983. Variances, repeatabilities, and age adjustments of yield and fertility in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66:281.
- Hansen, L. B., A. E. Freeman, and P. J. Berger. 1983. Yield and fertility relationships in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66:293.
- Hansen, P. J., D. H. Baik., J. J. Rutledge., and E. R. Hauser. 1991. Genotype traits of bovine female. II Postpartum reproduction as influenced by genotype, dietary regimen, level of milk production and parity. *J. Dairy Sci.* 55:1458.
- Harrison, R. O., S. P. Ford, J. W. Young, A. J. Conley, and A. E. Freeman. 1990. Increased milk production versus reproductive energy status of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:2759.
- Hayes, J. F., R. I. Cue, and H. G. Monardes. 1992. Estimates of repeatability of reproductive measures in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75:1701.
- Heersche, G., and Nebel, R. L. 1994. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J. Dairy Sci.* 77:2754.
- Hermas, S. A., C. W. Young, and J. W. Rust. 1987. Genetic relationships and additive genetic variations of productive and reproductive traits in Guernsey dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 70:1252.
- Hofer, A. 1998. Variance component estimation in animal breeding: a review. *J. Anim. Breed. Genet.* 115:247.
- Johanson, Y. and J. Rendel. 1972. *Genética y mejora animal*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 245 p.
- Johanson, A. D., L. E. Legates, and L. C. Ulberg. 1966. Relationship between follicular cysts and milk production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 49:865.
- Kazimer, G. W., M. A. Barnes, R. M. Akers, and R. E. Pearson. 1986. Effect of genetic selection for milk yield and increased milking frequency on plasma growth hormone and prolactin concentration in Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 63:1220.

- Kelm, S. C., and A. E. Freeman. 1996. A summary of direct and correlated responses to single-trait selection for milk in regional project NC-2. *J. Dairy Sci.* 79(Suppl. 1):144. (Abstr.).
- Laben, R. L., Shanks, R. D., Berger, P. J., and Freeman, A. E. 1982. Factor affecting milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 65: 1004.
- Lawlor, T. J., K. A. Weigel, and D. A. Funk. 1993. Flow of type information and breeders perspective on the frequency of genetic evaluation. In proceeding of the symposium on continuous evaluation in dairy cattle. pp 40-48.
- Lean, I. J., J. C. Galland, and J. L. Scott. 1989. Relationships between fertility, peak milk yields and lactational persistency in dairy cows. *Theriogenology.* 31:1093.
- Lee, J. K., P. M. Vanraden, H. D. Norman, G. R. Wiggans and T. R. Meinert. 1997. Relationship of yield during early lactation and days open during current lactation with 305-days field. *J. Dairy Sci.* 80:771.
- López, O. R. y F. Lara V. 1996. Caracterización del mejoramiento genético de bovinos lecheros en México. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.
- Lucy, M. C., C. R. Savio, L. Badinga, R. L. De la Sota and W. W. Thatcher. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Dairy Sci.* 70:3615.
- Lucy, M. C., C. R. Staples, F. M. Michel and W. W. Thatcher. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:473.
- Marti, C. F., and D. A. Funk. 1994. relationship between production and days open at different levels of production. *J. Dairy Sci.* 77:1682.
- McMillan, K. L. and J. D. Watson. 1975. Fertility differences between groups of sires relative to the stage of estrus at the time of insemination. *Animal Production.* 21:243
- Marion, G. B. and H. T. Gier. 1968. Factors affecting ovarian activity after parturition. *J. Animal Sci.* 27:1621.
- Meyer, K. 1997. DFREML version 3 α . User notes.

- Miller, P., L. D. Van Vleck and C. R. Henderson. 1967. Relationships among herd life, milk production and calving interval. *J. Dairy Sci.* 50:1283.
- Miller, R. H. and N. W. Hooven. Jr. 1969. Variation in part-lactation feed efficiency of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 52:1025.
- Mondragón, V. I. Y R. Ulloa A. 1990. Evolución de la ganadería Holstein mexicana. En: J. Espinoza, J. G. Herrera, M. Rubio, y G. Torres H. Mejoramiento genético de bovinos lecheros (aspectos relevantes). Montecillos, Edo, de Méx. México: Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Pág 52-77.
- Montaldo, V. H. Y S. Torres N. 1992. Parámetros genéticos y fenotípicos de la producción de leche e intervalo entre partos de una población de vacas Holstein en México. *Acta Universitaria.* 2:2:37.
- Molina, J. R. y C. Boschini. 1979. Ajuste de la curva de lactancia de la curva de lactancia del ganado con un modelo lineal. *Agron. Costarr.* 3 (2):167.
- Morris, C. A. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. 1. Associations with fertility in the joining season and with age at first joining. *Animal Breeding Abstracts.* 48:655.
- Morrow, D. A. 1969. Postpartum ovarian activity and involution of the uterus and cervix in dairy cattle. *Vet. Scope.* 14:2.
- Nebel, R. L. and M. L. McGilliard. 1993. Interactions of milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3257.
- Nebel, R. L.; W. L. Walker, M. L. McGilliard, C. H. Allen and G. S. Heckman. 1994. Timing of artificial insemination of dairy cows: fixed time once dairy versus morning and afternoon. *J. Dairy Sci.* 77:3185.
- NRC, 2001. Nutrients Requirements of Dairy Cattle. Eighth Edition Revised. National Academy of Science. Washington, D.C.
- Núñez, D. R. 1978. Comparación de algunas diferencias sobre producción y reproducción en ganado Holstein de diferentes establos en México. Tesis Profesional. UACH Chapingo, México.

- Núñez, H. E. Y. y F. Ramírez. 1995. Efecto del comportamiento reproductivo y productivo sobre el cambio genético de PL. Tesis profesional. URUZA-UACH. Bermejillo, Dgo.
- Oltenuacu, P. A., A. Frick, and B. Lindhé. 1991. Relationship of fertility to milk yield in Swedish cattle. *J. Dairy Sci.* 74: 264.
- Oltenuacu, P. A., T. R. Rounsaville, R. A. Mulligan and R. L. Hintz. 1980. Relationships between day open and cumulative milk yield at various intervals from parturition for high and low producing cows. *J. Dairy Sci.* 57:654.
- Ouweltjes, W., E. A. A. Smolders, P. Van Eldik, L. Elvin, and Y. H. Schulken. 1996. Herd fertility parameters in relation to milk production in dairy cattle. *Liv. Prod. Sci.* 46:221.
- Pösö, J. and E. A. Mäntysaari. 1996. Genetic relationships between reproductive disorders, operational days open and milk yield. *Livest. Prod. Sci.* 46:41-48.
- Pryce, J. E., M. P. Coffey and S. Brotherstone. 2000. The genetic relationship between calving interval, condition score and linear type and management traits in registered Holstein. *J. Dairy Sci.* 83:2664.
- Raheja, K. L., E. B. Burnside and L. R. Schaeffer. 1889. Relationships between fertility and production in Holstein dairy cattle in different parity. *J. Dairy Sci.* 72:2670.
- Ray, D. E., T. J. Halfbach, and D. V. Armstrong. 1992. Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. *J. Dairy Sci.* 75:2976.
- Reimers, T. J., R. D. Smith and S. K. Newman. 1985. Management factors affecting reproductive performance of dairy cows in the Northeastern United States. *J. Dairy Sci.* 68:963.
- Risco, C. A., L. F. Archbald, J. Elliott, T. Tran and P. Chavatte. 1994. Effect of hormonal cows with dystocia or retained fetal membranes at parturition. *J. Dairy Sci.* 77: 2562.
- Roche, J. F., D. Mackey and D. M. Diskin. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:703.

- Roman, M. R. and C. J. Wilcox. 2000. Bivariate animal model estimates of genetic, phenotypic, and environmental correlations for production, reproduction, and somatic cells in Jerseys. *J Dairy Sci.* 83:829.
- Ron, M., R. Bar-Anan and G. R. Wiggans. 1984. Factors affecting conception rate of Israeli Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 67:854.
- Rothschild, M. R., R. H. Miller and R. E. Pearson. 1981. Reproductive performance from daughters of single trait and multiple trait selected sires. *J Dairy Sci* 64:497.
- Ruiz, F. A. 1989. Parámetros genéticos para la PL, intervalos entre partos y PL por día interparto en ganado Holstein. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH Chapingo, México.
- Schaeffer, L. R. and C. R. Henderson. 1972. Effects of day dry and days open on Holstein milk production. *J Dairy Sci.* 55:107.
- Schmidt, G. H. and L. D. Van Vleck. 1974. Principles of dairy science. W. H. Freeman and company. San Francisco. 557p.
- Seykora, A. J. and B. T. McDaniel. 1983. Heritabilities and correlations of lactation yields and fertility for Holstein. *J Dairy Sci.* 66:1486.
- Shanks, R. D., P. J. Berger, A. E. Freeman, and F. N. Dickinson. 1982. Genetic y phenotypic aspects of health traits by lactation. *J Dairy Sci.* 65:1601.
- Slama, H., M. E. Wells, G. D. Adams and R. D. Morrison. 1976. Factors affecting calving interval in dairy herds. *J Dairy Sci.* 59:1334.
- Smidt, D. and E. Farries. 1982. The impact of lactation performance on postpartum fertility in dairy cow. In H. Karg and Schallenberger, (Ed). Factors influencing fertility in the postpartum cow. Current Topics in Veterinary y medicine and Animal Science. Vol 20 Martinus Nijhoff Publ., The Hague, Netherlands 358 pp.
- Sölkner, J. and Fuchs. 1987. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yields. *Livestock Production science.* 16:305-319.

- Spicer, L. J., W. B. Tucker, and G. D. Adams. 1990. Insulin-like growth factor-I in dairy cows: relationship among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J. Dairy Sci.* 73:929
- Staples, C. R., and J. H. Thatcher. 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:938.
- Stevenson, J. S., and J. H. Britt. 1979. Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight and postpartum ovarian activity in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 48:570.
- Swanson, L. V. 1989. Discussion-interactions of nutrition and reproduction. *J. Dairy Sci.* 72:805.
- Thompson, J. R., A. E. Freeman, and P. J. Berger. 1982. Day open adjusted, annualized, and-corrected yield as alternatives to mature-equivalent records. *J. Dairy Sci.* 65:1562.
- Valencia, P. M. 2001. Desarrollo de modelos de evaluación para el análisis de características de conformación, longevidad y producción de leche en ganado Holstein en México. Tesis Doctoral. UNAM. México.
- Valencia, P. M., F. J. Ruíz, H. Montaldo, J. F. Keown, y L. D. Van Vleck. 2000. Evaluación genética para la producción de leche en ganado Holstein en México. *Técnica Pecuaria* 3:1
- Valencia, P. M., F. J. Ruíz, H. Montaldo. 2002. Model for genetics evaluation of conformation, longevity and milk production trials for Holstein cattle in México. Proc of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19-23, Communication N° 01-77, Montpellier, France
- Van Vleck, D. E., E. J. Pollack, and E. A. Branford Oltenacu. 1987. Genetic for the animal sciences. W. H. Freeman and Company. New York. 391 p.
- Veerkamp, R. F. 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: a review. *J. Dairy Sci.* 81:1109.

- Veerkamp, R. F. and S. Brotherstone. 1997. Genetic correlations between linear type traits, foot intake, live weight and body condition score in Holstein Friesian dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 64:385.
- Veerkamp, R. F., J. K. Oldenbroek., H. J. Van Der Gaast and J. H. J. Van Der Werf. 2000. Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and live weights. *J. Dairy Sci.* 83:577.
- Villa-Godoy, A., Hughes, T. L., Emery, R. S., Chapin, L. T., Fogwell, R. L. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71: 1063.
- Visscher, P. M. and M. E. Goddard. 1995. Genetic parameters for milk yield, survival, workability, and type traits for Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 78:205.
- Vogt, D. W., 1990. Algunas influencias genéticas sobre la eficiencia reproductiva del ganado: una revisión. En: Conferencia internacional sobre sistemas y estrategias de mejoramiento bovino en el trópico. Memorias (CATIE) Turrialba, Costa Rica P101
- Warwick, E. J., y J. E. Legates 1980. Cría y mejora del ganado. 3ra Ed. McGraw-Hill. México. 623 p.
- Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216:164.
- Wood, P. D. P. 1969. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.* 11:307
- Zarco, Q. L. 1996. Balance energético y reproducción en la vaca lechera de alta producción. XX Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Gro. p 251