



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DE LA CURVA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS
HOLSTEIN-FRIESIAN DE ORIGEN NEOCELANDÉS BAJO CONDICIONES DE
PASTOREO EN PRADERAS BASADAS EN ALFALFA (*Medicago sativa*)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA Y ZOOTECNISTA**

PRESENTA

KARLA SELENE CORDERO BALLESTEROS

Asesores:

MVZ M. Appl. Sc. VICENTE LEMUS RAMÍREZ

MVZ M. C. BERNARDO MARÍN MEJÍA

MEXICO

2012



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.

DEDICATORIA

A ti mi chelita, por haber sido un gran ejemplo de vida y que hasta el último día me estimulaste para concluir este trabajo. Siempre te recuerdo y se que estás conmigo!!

A la mujer que me trajo a este mundo y gracias a ti logré estar en esta etapa. Gracias Mami!!

A mi padre que siempre me ha apoyado y me ha brindado sus consejos.

A todas aquellas personas que han sido parte de mi trabajo y que han contribuido con ayuda y consejos para que logre otro ciclo en mi vida profesional.

A mis asesores que sin su ayuda y paciencia no hubiera podido concluir este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mi mayor ejemplo, a la mujer que ha estado conmigo en las buenas y en las malas, a la que le debo todo lo que soy y entre otras muchas cosas, este logro!!!

Gracias Normis Chiquilla!!!!

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIAL Y METODOS.....	12
RESULTADOS.....	16
DISCUSIÓN.....	18
REFERENCIAS.....	27
FIGURAS.....	38
CUADROS.....	42

RESUMEN

Se realizó un estudio en la región del Altiplano mexicano con registros de producción de leche, durante el periodo de 2006 a 2009, con el objetivo de evaluar la curva de lactancia de vacas Holstein-friesian de origen Neocelandés, las cuales estuvieron en pastoreo intensivo en praderas compuestas de 85% alfalfa y 15% gramíneas, recibieron una complementación a la salida de cada ordeño constituida por pradera henificada a razón de 3 kg de MS por vaca/día, maíz rolado (2 a 2.5 kg) con una premezcla de sales minerales (60 a 90 g), monensina sódica (100 mg/kg de maíz rolado) y 400 mg de polixilosano. La evaluación de la curva de lactancia se realizó mediante la fórmula propuesta por Wood (1967), ajustada a 305 días, por efecto de número de lactancia y época de año. La producción inicial fue de 18.74, 18.35 y 22.44 litros para la primera, segunda y tercera lactancia respectivamente. El pico de producción fue de 21.6, 25.5 y 28 litros para la primera, segunda y tercera lactancia respectivamente. Así mismo, el tiempo en llegar al pico de producción fue de 29.4, 42.3 y 48.1 días para la primera, segunda y tercera lactancia. Con respecto a la producción de leche, se encontró diferencia significativa entre la primera y la tercera lactancia, no así para la época de parto y número de lactancias, ni en los parámetros que describen la curva de lactancia. Se concluye que en vacas Holstein, pastoreando en praderas a base de alfalfa, no varían los parámetros que describen la curva de lactancia entre vacas que difieren en número de lactancia; adicionalmente se observó que se pudieron lograr rendimientos de leche más altos a los reportados en praderas basadas en pastos.

INTRODUCCIÓN

La leche de vaca es uno de los alimentos más completos debido a su contenido de nutrientes, entre los que destacan las proteínas, que contienen gran cantidad de aminoácidos esenciales. Se considera a nivel mundial como un alimento ideal y necesario para la alimentación humana, ya sea consumido en forma fluida o a través de derivados como el queso. En el mundo se producen alrededor de 500 millones de toneladas de leche anualmente. El 65% del total mundial lo generan siete países y la Unión Europea, la cual contribuye con 24%, la región del TLCAN (E.U.A, Canadá y México) con el 19%, el 7% la India, otro 7% Rusia, 5% Brasil, y 3% Ucrania. El restante 35% proviene del resto de Europa, parte de América y Oceanía, principalmente.¹

Aun cuando la producción de leche en México ha aumentado en los últimos años a un ritmo de crecimiento mayor que el de la población, seguimos siendo deficitarios en este producto, ya que en 2001 se importaron más de 190,000 toneladas de leche en polvo. La ganadería bovina productora de leche se considera como prioritaria dentro de los programas de fomento y un punto fundamental en la orientación de políticas públicas que tienen por objeto incentivar su producción, para transformarla en una actividad altamente productiva y competitiva. La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas, tanto desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, como por la localización de las explotaciones. Además, dada la variabilidad de condiciones climáticas, adquieren características propias por región, influyendo adicionalmente la idiosincrasia, tradición y costumbres de la población.

Para el año 2003, la producción ascendió a 9,869.3 millones de litros, con un crecimiento respecto al año anterior de 2.2%; en tanto la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) en los últimos 10 años es de 2.9%. La producción de leche se realiza bajo sistemas que van desde el tecnificado, hasta los de subsistencia. Se distinguen, de forma general, cuatro sistemas: especializado, el semiespecializado, el de doble propósito y el familiar; de los cuales, por los volúmenes de producción, el primero es el más importante. De la producción en 2003, el 73% fue obtenida en tan solo 9 entidades federativas. Destacan, en orden de importancias, los estados de Jalisco (17.4%), Coahuila (10.7%), Durango (9.7%) y Chihuahua (8.1%).¹

En los sistemas intensivos, presentes principalmente en los países desarrollados y en algunas regiones de países en desarrollo, la producción de leche ha crecido de manera espectacular en los últimos cuarenta años gracias a la alta tecnificación y especialización de los sistemas productivos, el mejoramiento de la calidad genética y de las prácticas de manejo (nutrición, salud, alimentación), un alto uso de capital e insumos externos (principalmente concentrados, fertilizantes y productos veterinarios) y políticas estatales favorables que proveen subsidios y servicios de investigación y extensión. Algunos efectos nocivos provocados por este tipo de ganadería son las excesivas pérdidas de nutrientes (por lixiviación o volatilización), la contaminación del medio por mal manejo de excretas y otros desechos, y una alta dependencia de energía fósil no renovable, lo que causa daños a los ecosistemas locales y modifica el clima global.

La protección de que gozan estos sistemas les permite competir en condiciones ventajosas con los productores ganaderos de países en desarrollo. Por otro lado, existe el pastoreo tecnificado como alternativa de producción de leche, con producciones por vaca razonablemente bajas, pero con costos de producción también muy bajos.²

En México la producción de leche en pastoreo se ha recomendado desde hace décadas para las zonas de clima tropical y templado húmedo, sin embargo, en zonas semidesérticas donde la irrigación es indispensable para la producción forrajera, hay poca información sobre la productividad de este sistema, al menos con genotipos lecheros especializados adaptados al pastoreo intensivo. La producción de leche en pastoreo, se basa en el aprovechamiento del crecimiento de la pradera, con baja utilización de insumos y mano de obra, esto es, usando el forraje como fuente básica de alimentación y un alto número de vacas manejadas por persona.³ La alta competitividad de este sistema está relacionada con el patrón estacional de crecimiento de las pasturas, que depende básicamente de una apropiada humedad y fertilidad del suelo.^{4,5} Los componentes clave en la producción de un sistema de pastoreo son la cantidad de materia seca (MS) producida por unidad de área, su contenido de energía y proteína digestible y su patrón de crecimiento.⁶ La carga animal es una valiosa herramienta de manejo que influye en la cantidad de forraje consumido.⁷

Una alta carga animal maximiza la producción de sólidos lácteos (SL) por hectárea, pero reduce el rendimiento por unidad animal.⁸ Debido a que el patrón de precipitación pluvial en las zonas templadas en México es muy errático (en cuanto al periodo de lluvias y a la cantidad de precipitación), es necesario recurrir a los sistemas de irrigación para asegurar la alimentación del ganado a través del año. Una alternativa es el riego complementario de pasturas de alfalfa y gramíneas.⁹ En México la mayor producción de leche se obtiene de las zonas templadas y semiáridas, y depende en gran medida del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) como principal fuente de forraje.¹⁰ La utilización de praderas asociadas de gramíneas como Rye grass (*Lolium multiflorum*), Orchard (*Dactylis glomerata*), Festuca (*Festuca arundinacea*), Bromo (*Bromus innermis*) con leguminosas como Alfalfa (*Medicago sativa*), y Tréboles (*Trifolium spp*), se justifica por las ventajas que se obtienen al lograrse un establecimiento más rápido, mejor distribución estacional de la producción de forrajes y mayor valor nutritivo de la dieta.¹¹

A principios de los noventa, el sistema de producción de leche en pastoreo en la zona templada de México ganó adeptos, como lo demostraron desarrollos lecheros en los estados de Guanajuato, Estado de México, Puebla e Hidalgo en el año de 1994.¹²

En México existe escasa información sobre la utilización de la alfalfa en pastoreo para la producción de leche y dicha utilización es preferentemente como heno.¹³ Sin embargo, en pastoreo se desconocen las estrategias de manejo que permitan obtener una alta eficiencia de utilización, y que aseguren la persistencia de producción de la pradera. La inadecuada utilización de la pradera es uno de los principales factores que influyen en la disminución de la producción animal bajo pastoreo. La producción forrajera para alimentar al ganado lechero en pastoreo a través de todo el año, requiere de incorporar sistemas de irrigación para lograrlo, y esta producción forrajera se basa principalmente en cultivos apropiados para el pastoreo del ganado, o para ser conservados a través del ensilaje y la henificación. Los forrajes ensilados o henificados, en modelos pastoriles, generalmente son utilizados para complementar la alimentación del ganado sobre todo en épocas de escases (invierno). La producción por hectárea es mayor en sistemas basados en alfalfa que cuando la base forrajera es el trébol blanco y los ballicos.^{14,15,16,17,18} La incorporación de la alfalfa a una pradera, aumenta la producción forrajera, mejora la calidad nutritiva y consecuentemente incrementa la respuesta productiva del ganado, lográndose con esto un mejor resultado económico.¹⁹ Existen reportes que mencionan la posibilidad de obtener rendimientos de forraje de alfalfas, superiores a 20 t/ha/año de MS.²⁰ Numerosos trabajos han demostrado que a medida que la alfalfa avanza en su estado de madurez su calidad disminuye, por esta razón es importante conocer el momento oportuno para su aprovechamiento a través del pastoreo.^{17,21,22,23}

Para los productores o para la comunidad científica las curvas de lactancia son instrumentos importantes para la toma de decisiones ya que permiten analizar cuidadosamente algunos resultados tales como la selección, detectando las vacas con mayor producción por lactancia, mayor producción de leche al pico y mayor persistencia; y en alimentación balanceando la dieta según producción. También ayudan a la predicción confiable de la producción láctea lo cual resulta de interés práctico en valoraciones genéticas, ya que permite la valoración de toros y logra detectar lo antes posible las madres de los futuros sementales, así como también posibilita la búsqueda de perspectivas para el manejo y el logro de producciones óptimas.²⁴

La curva de lactancia es un resumen conciso de los patrones de producción de leche, determinados por la eficiencia biológica de una vaca. Los modelos que se utilizan a partir de los registros de producción podrían ser empleados para predecir la producción de leche futura de un individuo o de un hato con el propósito de descartar o mantener un pie de cría. La forma de la curva de la lactancia indica a los ganaderos y profesionales, la necesidad de hacer cambios en el manejo alimenticio, por ejemplo, la porción ascendente de la curva indica que la vaca necesita un aumento en el plan nutricional y el declive de la misma indicaría una restricción en el plan nutricional de la misma.²⁵ El comportamiento productivo por lactancia del ganado lechero puede ser evaluado mediante la curva de lactancia, la cual presenta los siguientes indicadores: producción inicial (parámetro a), la máxima producción o pico de lactancia (parámetro b), la persistencia con que se mantiene esa producción (parámetro c) y la duración del periodo de lactación.

Estas características de la curva de lactación permiten medir la capacidad productora de cada vaca.^{26,27,28} Además, estos estados de la lactancia están estrechamente relacionados no sólo con la cantidad de leche producida sino la calidad de la misma.^{29,30,31,32}

Durante el primer tercio de la lactancia, el desgaste de todas las reservas y en especial el de la energía, se incrementa en forma dramática para sostener los altos niveles de producción de acuerdo con la capacidad genética. La capacidad de ingestión de nutrientes como materia seca es limitada y está por debajo de la necesaria para el sostenimiento de la producción de leche. Esto quiere decir que la energía neta que se necesita para la producción de leche es producto de la adición de la energía proporcionada por el alimento, más la disponible en las reservas corporales almacenadas hasta el momento del parto. Cuando las necesidades de los nutrientes para la producción sobrepasan la capacidad de ingestión y es necesario recurrir a las reservas corporales se dice que la vaca se encuentra ante una situación de balance energético negativo. Durante el segundo tercio de lactancia (101 a 200 días) en vacas Holstein, se inicia el descenso normal de la curva de producción y se detiene la pérdida de peso. Durante la primera mitad de este periodo, la ingestión de nutrientes puede equilibrar las necesidades de producción sin pérdida ni ganancia de peso significativa. Durante esta etapa se considera un estado de equilibrio en el balance de nutrientes.

Durante el último tercio de lactancia, la curva de producción va en franco descenso y se nota una recuperación de condición corporal con ganancia significativa de peso. Durante estos últimos 100 a 105 días se dice que la vaca se encuentra ante una situación de balance energético positivo de nutrientes.³³

Entre los factores que pueden afectar la curva de lactancia están el Año de Parto, que es una fuente de variación difícil de explicar, cuyo efecto es debido a factores de manejo, ambientales y sus interacciones.^{34,35} El efecto del número de lactancia sobre el inicio y pico de producción de leche se puede atribuir a que las vacas de primer parto no han terminado su desarrollo corporal, por lo que primero satisfacen sus requerimientos de mantenimiento y crecimiento y luego los de producción, razón por la cual tienen una menor producción de leche. Wood (1972), menciona que los efectos de época de parto sobre la curva de lactancia enfatizan la necesidad de un manejo diferencial, para un sistema de producción dado.³⁶ La curva de lactancia está influenciada en mayor grado por factores ambientales que por factores genéticos, sobre todo en los sistemas de producción en donde el forraje es la fuente principal de alimentación.³⁷ Todos estos factores deben ser considerados en un modelo lineal estadístico para remover los efectos de la fuente de variación, y obtener los estimadores precisos de los factores de interés.^{34,35}

Por otro lado es necesario generar información orientada a mejorar parámetros actuales de producción y entregar a los productores herramientas técnicas sobre cómo resolver los deficientes procesos de manejo de la actividad reproductiva, de la nutrición y la influencia que tiene el periodo de lactancia sobre los cambios de peso y la producción total de leche para alcanzar adecuados niveles de productividad.³⁸

En vacas especializadas, la lactancia tiene generalmente una duración de 305 días. La representación gráfica de la producción diaria de leche en una vaca en función del tiempo se denomina curva de lactancia. Cuando una función algebraica es utilizada para describir una curva de lactancia, es posible prever la producción de leche en cualquier periodo; en consecuencia se puede estimar la cantidad de alimento requerido y las necesidades de suplementación. En caso de utilizarse para predecir la producción a partir de la lactancia que está ocurriendo, se puede identificar por anticipado aquellas vacas del hato con mayor potencial productivo, información de utilidad en la toma de decisiones sobre el descarte y selección de animales. Además de la predicción de la producción total para la lactancia en marcha permite la utilización de vacas madres e hijas en la evaluación de toros.³⁹

No obstante, son muy pocas las explotaciones comerciales donde se lleva un control preciso del comportamiento productivo y reproductivo de los animales; lo más, en el caso de la producción de leche, los pesajes se hacen una vez por semana. Un modelo adecuado sería aquel que permita predecir la producción máxima y el lapso de tiempo para que ella ocurra, la capacidad de mantener la producción durante la fase descendente (persistencia) y la producción total de una lactancia estándar de 305 días. Así mismo, los parámetros de un modelo adecuado de la curva de lactación deben reflejar la influencia de factores genéticos o las interrelaciones fisiológicas, reproductivas y medioambientales y, de esta manera, predecir el comportamiento productivo individual o grupal del hato; aún en situaciones particulares como la estación de verano.⁴⁰

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la curva de producción de leche de vacas Holstein – Friesian con genotipo Neocelandés bajo condiciones de pastoreo en praderas que incluyen alfalfa y gramíneas.

El objetivo específico de este trabajo fue evaluar la curva de producción de leche mediante la fórmula propuesta por Wood 1967 ajustándola a 305 días, por efecto de número de lactancia y época del año del parto; y de manera adicional, conocer el comportamiento de las vacas en función a los parámetros que se obtienen a través de dicha fórmula.

MATERIAL Y METODOS

La información para realizar este trabajo se obtuvo de una base de datos donde se encuentran los registros de producción de leche de las vacas del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión de Producción Animal en el Altiplano (CEIEPAA), dependiente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el Km 8.5 entre la carretera federal Tequisquiapan – Ezequiel Montes, municipio Tequisquiapan, Querétaro. Su ubicación geográfica es a 20° 36´ 13.88” latitud Norte y 99° 55´ 02.91” longitud Oeste a una altura de 1913 msnm, el clima de Tequisquiapan es templado, con dos épocas bien definidas al año. El índice promedio de precipitación pluvial es de 78 días con una media anual de 511.8 mm. Los veranos son cálidos y el invierno no muy extremo, ya que la temperatura media anual es de 17.5 °C. Los vientos dominantes son en dirección Noreste Suroeste. Las heladas se presentan en los meses de octubre a febrero y esporádicamente en marzo y fines de septiembre. El índice promedio es de 18 días al año.

Se analizó la producción acumulada hasta los 305 días de 41 lactancias de 24 vacas Holstein, generadas entre Agosto de 2006 y Agosto de 2009. Se agruparon por época del año (lluvias comprendidas en los meses de Junio, Julio y Agosto; y secas comprendido en los meses de Septiembre a Mayo) y número de lactancia. La base alimenticia la constituyó el pastoreo de praderas irrigadas con side roll, donde la alfalfa (*Medicago sativa*) representó alrededor del 85 % y el resto se cubrió con gramas como Orchard (*Dactylis glomerata*), Rye grass (*Lolium*

multiflorum) y en la porción más baja, Festuca alta (***Festuca arudinacea***). Las vacas recibieron una complementación a la salida de cada ordeño constituida por pradera henificada a razón de 3 kg de MS por vaca al día, y maíz rolado (2 a 2.5 Kg) con una premezcla de sales minerales (60 a 90 g), monensina sódica (100 mg por kilogramo de maíz rolado) y 400 mg de polixilosano con la intención de controlar el timpanismo.

Los animales fueron manejados bajo un sistema de pastoreo intensivo rotacional en franjas de acuerdo a sus requerimientos nutricionales (consumo de MS); para cada asignación de pradera se utilizó como herramienta el cerco eléctrico. La carga animal utilizada fue de 4.3 vacas /Ha y la cantidad de MS reportada en Kg/Ha fue de 19,500 Kg de MS/ año.

Las vacas se ordeñaron dos veces al día y la producción se registró a diario. De estos registros, se evaluó la producción semanal de leche para cada vaca, utilizando la función gama incompleta propuesta por Wood:

$$Y_t = at^b e^{-ct} - 1.$$

Donde:

Y_t = Producción de leche, en el t-ésimo día de lactancia;

e = Es la base de logaritmo natural (2.7182818);

a = Rendimiento inicial inmediatamente después del parto;

b = La tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el máximo rendimiento;

y

c = La tasa de cambio en el rendimiento desde el máximo rendimiento y hasta el final de la lactancia.

t = Tiempo en que se reporta la producción de leche.⁴¹

Además, se utilizó un modelo lineal aditivo para estimar el efecto de número de lactancia y época del año del parto sobre la producción de leche:

$Y_{ijk} = \mu + NL_j + E_k + (NL + E)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$ donde:

Y_{ijk} = Producción de leche de la ijk – ésima vaca.

μ = Media general.

NL_j = en el j – ésimo Número de Lactancia.

E_k = en el k – ésima Época del año.

ε = Error estándar.

La producción de leche por lactancia a 305 d se obtuvo con:

$$Y_{ni}(L) = \sum_{i=1}^{ni} a t^b e^{-ct}$$

Donde:

Y_{ni} = Producción de leche en un tiempo determinado;

n_i = Es la duración de lactancia de la i –ésima vaca;

i = i –ésima vaca;

a = Rendimiento inicial inmediatamente después del parto;

t = Tiempo en que se reporta la producción de leche;

b= La tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el máximo rendimiento;

e= Es la base de logaritmo natural (2.7182818);

c= La tasa de cambio en el rendimiento desde el máximo rendimiento y hasta el final de la lactancia.

El tiempo en el que se llega pico de lactancia, se obtiene mediante:

$$T_{\max} = (b/c).$$

La producción máxima se alcanza en:

$$Y_{\max} = a (b/c)^b e^{-b};$$

y la persistencia de las lactancias es obtenida con:

$$s = - (b + 1) \log c.^{41}$$

La diferencia entre medias para la producción de leche ajustada a 305 días se analiza por polinomios ortogonales.

$$(P_m, P_n)_F = \int_{ICR} P_m^*(x) P_n(x) w(x) dx = N_m \delta_{mn}$$

Donde:

$(,)_F =$ Es el producto escalar del espacio $L^2_w(I)$

$N_m =$ Es un factor de normalización que vale 1.

$\delta_{mn} =$ Es el delta de Kronecker.⁷⁶

RESULTADOS

En el Cuadro 1, se muestran los valores de las curvas de las lactancias estudiadas. La curva de la primera lactancia tuvo una producción inicial de 18.74 Kg, la curva de la segunda de 18.35 Kg y la curva de la tercera de 22.44Kg, seguida de una fase de ascenso para alcanzar la producción máxima en la primer lactancia de 21.6Kg, en la segunda de 25.5Kg y en la tercera de 28Kg/día, la cual no fue diferente ($p \geq 0.77$); la primer lactancia alcanzó la producción máxima en un tiempo de 29.4 días la segunda en 42.3 días y la tercera lactancia en 48.1 días, no encontrándose diferencia entre ellas. ($p \geq 0.37$).

La producción promedio por vaca/día fue de 21.5 Litros, 92.45 Litros ha/día y 28197 Litros por ha/Lactancia.

La producción promedio total de leche se incremento ($p \leq 0.05$, efecto cubico) al aumentar el numero de lactancia.

Aunque no fue diferente ($p \geq 0.15$), la curva de producción de las vacas de tercera lactancia tendió a ser más persistente (-0.00160) que las curvas de producción de las vacas de segunda lactancia (-0.00284) y primer lactancia (-0.00201).

Por otro lado, la interacción de las lactancias por época de parto no fue diferente ($p \geq 0.7553$).

En la figura 1, se muestran las curvas de lactancia estudiadas, así como los valores estimados, para observar como ajustó el modelo utilizado (Wood 1967). Se observa que en la primera lactancia, la curva de producción tuvo un patrón menor que la segunda y tercera lactancia, presentando una producción más baja y una menor tasa de descenso comparada con la tercera lactancia.

En la figura 2, se muestran los valores observados de la primera lactancia, así como los valores estimados, se muestra el modelo utilizado a 305 días.

En la figura 3, se muestran los valores observados de la segunda lactancia, así como los valores estimados, se muestra el modelo utilizado a 305 días.

En la figura 4, se muestran los valores observados de la tercera lactancia, así como los valores estimados, se muestra el modelo utilizado a 305 días.

DISCUSIÓN

PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE

Es conocido, que cuando la vaca alcanza su tamaño maduro, presenta la mayor producción de leche, debido a que las células del parénquima del tejido mamario se incrementan sustancialmente entre la primera y la segunda lactancia.^{42,43} En este estudio, las vacas de primer parto presentaron una producción de 5604.2 litros, mientras que en las de tercero fue de 7735.5 litros. Ruíz FA, 1989 y Molina JR, et al., 1979, encontraron que la mayor producción de leche se alcanza entre la tercera y la quinta lactancia.^{44,45}

En estudios realizados con vacas Holstein-Friesian en México, se calculó una mayor producción de leche por lactancia conforme aumenta el número de parto.^{46,47} De esta forma, los animales jóvenes producen aproximadamente 75% de la producción de una vaca adulta.⁴⁸

Por otro lado, se ha observado que las producciones más altas, se presentan con mejores condiciones ambientales, de alimentación y de confort para los animales, las cuales afectan al grado de diferenciación y la tasa de secreción de células secretoras de leche.⁴⁹ Al respecto, algunos autores mencionan que la vaca primeriza tiene 80% de la capacidad de consumo de una vaca múltipara.⁵⁰

La forma de las curvas de lactancia obtenidas en este estudio presentaron un comportamiento similar a lo reportado en otros trabajos.^{51,52,53} Al considerar el nivel tecnológico del sistema de producción, los resultados obtenidos, concuerdan con aquellos realizados en nivel medio a alto.^{54,55,56} En México, se ha estimado que las curvas de lactancia de vacas con nivel alto presentan aproximadamente el doble de la tasa de descenso (0.027 kg/día) que en vacas con nivel tecnológico bajo (0.016 kg/día).⁴⁶

En este trabajo se obtuvieron producciones promedio de 5604.2 lts en 305 días para vacas de primera lactancia, 6479.7 para vacas de segunda y 7735.5 para vacas de tercera lactancia. Lo cual sugiere que pastoreando vacas en praderas a base de alfalfa se pudieran lograr rendimientos más altos. En cuanto a los valores observados de producción acumulada, estos son similares a los reportados por otros autores, bajo condiciones de pastoreo en zonas templadas.^{57,58}

En los sistemas de producción de leche en pastoreo, el forraje de praderas de alta calidad puede contener 10 y 12 MJ de energía metabolizable (EM) por Kg de materia seca (MS) lo cual, a libre acceso, es suficiente para cubrir los requerimientos necesarios de EM para una vaca con rendimiento de hasta 25 Kg de leche por día, representando lactaciones entre 4,500 y 5,500 Kg leche/día/vaca,⁵⁹ aunque existen reportes de trabajos realizados en Gran Bretaña con rendimientos hasta de 27 y 30.2 Kg/día/vaca sin suplementación, lo que indica el gran potencial que tiene, basar la alimentación del ganado lechero en el pastoreo intensivo.^{60,61}

En el valle de Toluca, en el Estado de México, se han obtenido producciones entre los 7 y los 18 Kg de leche/día/vaca dependiendo de la etapa de lactación, la época del año, la carga animal y de condición de las praderas.⁶²

En otro trabajo, con el objetivo de demostrar el efecto que puede tener la producción de leche en pastoreo en comparación con alimentación del ganado lechero en confinamiento, se encontró que el rendimiento medio de leche de las vacas alimentadas incorporando el pastoreo intensivo tuvieron un rendimiento medio de 18.1 Litros vs 12.1 Litros de vacas que no pastorearon y que estaban en pesebre.⁶³

En un trabajo realizado en condiciones parecidas al presente trabajo, el rendimiento al pico de lactancia (Y_{max}) y a 305 días (Y_{305}) fue menor en vacas primíparas (19.4 Litros y 4388 Litros) en comparación con las multíparas (23.0 Litros y 5331 Litros).⁶⁴

En este estudio, la mayor producción se registro en vacas de tercera lactancia, las cuales tuvieron un mejor comportamiento que las vacas de primera y segunda lactancia. Estos valores encontrados no difieren de los reportados bajo condiciones de clima templado y de los observados bajo condiciones de clima tropical.⁶⁵ Lemus y col. (2002), mencionan que entre multíparas (2 a 7 partos) no existió diferencia para pico de producción y producción total.⁶⁴

La diferencia entre vacas primerizas y multíparas fue clara en este estudio pero la falta de efecto por número de lactancia sobre la producción de leche en vacas multíparas se atribuye a que el consumo voluntario y el nivel de nutrimentos son limitantes para producciones más altas en vacas en pastoreo.⁶⁶

DÍAS AL PICO DE MÁXIMA PRODUCCIÓN DE LECHE

Aunque no se encontró diferencia significativa, las vacas de primera lactancia alcanzaron el pico en menor tiempo (29.39 días), que las de segunda (42.32. días) y tercera lactancia (48.06 días). El pico de lactancia se puede alcanzar entre la cuarta y octava semana post-parto. En algunos estudios se ha observado que los días al pico se alcanzan entre los 40 y 70 días de lactancia,^{51,52,53} Otros autores reportaron el pico de lactancia para la raza Holstein, entre los 70 y 90 días de lactancia.^{41,67,68,69} Cabe señalar que en este trabajo, la primera lactancia alcanzó el pico fuera de los rangos mencionados.

Algunos autores señalaron que en vacas de primer parto la tasa específica de proliferación de las células secretoras es menor que la de las multíparas lo que pudiera afectar la rapidez para alcanzar el pico de producción de las vacas primarizas.⁵⁵ Por otro lado, se menciona que, los días al pico de producción se retrasan conforme aumenta el nivel de energía en la dieta.⁷⁰

PICO DE MAXIMA PRODUCCION

En este trabajo el pico de máxima producción para la primera, segunda y tercera lactancia fue de 21.57, 25.52 y 27.98 litros respectivamente.

Algunos autores, observaron en vacas Holstein Friesian de dos líneas con diferencias genéticas en Peso Vivo a edad madura, un Y_{max} de 25.6 y 27.6 litros⁷¹, mientras que otros han reportado un Y_{max} de 24 litros para vaquillas en pastoreo Holstein – Friesian de origen Americano y Holstein – Friesian de origen Neozalandés⁷²

PERSISTENCIA

Si bien no hubo diferencia significativa, la curva de producción de las vacas de primera lactancia tendió a ser más persistente (-0.00201), que las curvas de producción de las vacas de segunda lactancia (-0.00284) y tercera lactancia (-0.00160). Lo anterior coincide con lo reportado por otros autores, quienes señalaron que la mayor persistencia de vacas de primer parto alcanzan producciones más bajas que vacas de lactancias posteriores, por lo que la tasa de caída de la curva de lactancia es más lenta.^{51,54,55,56,72}

Por otro lado se menciona que animales de primer parto tienen curvas de lactancia más persistentes y con menor producción de leche que las multíparas, lo que provoca que la máxima producción de leche se exprese en un mayor tiempo después del parto.⁵²

ÉPOCA DE AÑO DE PARTO

Como se mencionó en los resultados, la interacción de las lactancias por época de parto no tuvo diferencia significativa ($p \geq 0.7553$). Esto coincide con Lemus y col. (2002), quienes no encontraron efecto de la época de parto para pico de producción y producción total.⁶⁴

Es normal que en los sistemas intensivos de producción de leche el efecto de época no sea significativo, debido a que la alimentación de los animales es a base de concentrado, lo cual elimina las posibles diferencias asociadas a la escasez de alimento.^{36,53}

En este estudio, donde las vacas pastorearon en praderas irrigadas todo el año, los resultados pueden deberse a que, la disponibilidad y calidad del forraje pudieron no variar.^{65,74} En un estudio realizado por Rendón y col., 2010, para el mismo sistema y bajo las mismas condiciones de manejo de las vacas, no encontraron diferencias significativas entre la producción de MS en otoño e invierno.⁷⁵

CONCLUSIONES

La producción total de leche ajustada a 305 días fue mayor al incrementarse el número de lactancia (Efecto cubico $\leq p 0.05$).

La producción promedio de todas las vacas fue de 6572.6.

El rendimiento inicial de todas las vacas inmediatamente después del parto fue en promedio de 19.84 Litros.

El rendimiento inicial inmediatamente después del parto, la tasa de cambio desde el rendimiento inicial hasta el máximo rendimiento y la tasa de cambio en el rendimiento desde el máximo rendimiento hasta el fin de la lactancia son similares entre lactancias.

REFERENCIAS

1. FIRA. Perspectivas de la red leche de Bovino en Mexico. 2003.
2. de Wit, J., Oldenbroek, J. K., van Keulen, H., and Zwatr, D. *Criteria for Measuring Sustainability of Livestock Production Systems*. 1993. Report No. B-394. Research Institute for Animal Production "Schoonord" (IVO-DLO). Zeist, The Netherlands.
3. Ozawa, T., N. López - Villalobos, and H. T. Blair. Dairy farming financial structures in Hokkaido, Japan and New Zealand. *J. Anim. Sci.* 2005. 76: 391-400.
4. Korte, C. J., A. C. P. Chu, and T. R. O. Field. 1987. Pasture production. In: Nicol, A. M (ed). *Livestock Feeding on Pasture*. Occasional Publication. No. 10. N. Zeland. pp: 7-20.
5. Nix, J. S. Economic aspects of grass production and utilization. 1989. *In*: Holmes, C. W (ed). *Grass, its Production and Utilization*. The Br. Grassl. Soc. Blackwell Scientific Publications, 2nd ed. London, UK. pp: 214-239.
6. Holmes, C.W. Pasture for dairy cattle. *In*: Nicol, A.M. (ed). *Livestock Feeding on Pasture*. Occasional Publication No. 10. N. Zealand Soc. Anim. Prod. Hamilton, New Zealand. 1987. pp: 133-145.
7. Hodgson, J. *Grazing Management: Science into Practice*. 1990. Longman Handbooks in Agriculture. John Wiley and Sons. New York. 203 p.
8. Holmes, C. W., and G. F. Wilson. *Milk Production from Pasture*. 1987. Butterworths of New Zealand Ltd., Wellington, New Zealand. p 319.

9. Pagliaricci, H., R. Crespi, A. Rivetti, A. Ohanian y T. Pereyra. Riego en pasturas consociadas en el centro sur de Córdoba. 1999. Rev. Arg. de Prod. Animal Vol. 19:281-290.
10. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México. 2000. México D.F.
11. McIlroy RJ. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. 1973. México D.F. Limusa.
12. FIRA. Pastore intensivo tecnificado de praderas tropicales. 1994. Boletín informativo Núm. 259. Volumen XXVI. Morelia, Michoacán: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.
13. Ruiz, I., S. Muñoz, F. Medina, C. Pedraza, G. Chahin, M. Silva, y S. Peña. Potencial del soiling de alfalfa para producción de leche. 1995. Agricultura Técnica (Chile) 55:56-60.
14. Soto, P., and E. Jahn. Use of irrigated lucerne in different growth stages. Evaluation under cutting. February 1993. p. 869-870. Proceeding of the XVIII International Grassland Congress, Palmerston North, New Zealand, Hamilton, New Zealand, Lincoln, New Zealand, Rockhampton, Australia. 8-21. New Zealand Grassland Association, Palmerston North, New Zealand.
15. Ruiz, I., G. Chahin, y C. Pedraza. Variación de la composición química y digestibilidad de algunos forrajes durante su temporada de uso en dos lecherías de la Región Metropolitana. 1994. Agricultura Técnica (Chile) 54:160-168.

16. Silva, M., G. Chahin, y M. Soto. Desarrollo y valor nutritivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). 1996. Avances en Producción Animal 21:13-22.
17. Lloveras, J., J. Ferran, A. Alvarez, and L. Torres. Harvest management effects on alfalfa (*Medicago sativa* L.). 1998. Production and quality in Mediterranean areas. Grass Forage Sci. 53:88-92.
18. Janh, E. Evaluación de mezclas de trébol blanco ladino y trébol rosado para ganado lechero. 1983. Agricultura Técnica. 43(3): 263-266.
19. Baez, F.; Janh, E.; Schwenn, G.; Soto, P.; Vidal, A. y Cossio, F. Pastoreo de alfalfa en tres estados de madurez y dos residuos con vacas en Lactancia. 1988. Resúmenes XIII Reunión Sociedad Chilena de Producción Animal. 19 – 21 de Octubre. Osorno, Chile. p 28.
20. Janh, E.; Bonilla, W.; Soto, P.; Ovalle, C. y Ormeño, G. Mezclas forrejas de riego para vacas en lactancia. 1990. Resumen. XV Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal.
21. Jahn, E.; Vidal, A.; Baez, F. and Soto, P. Use of irrigated lucerne at different growth stages. February 1993. II. Utilisation for milk production. Proceeding of the XVII International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand. 8-21 p 1506-1507.
22. Janh, E. La pradera en los sistemas de leche bovina. 1996. In: Ruiz N., I. (ed) Praderas para Chile. 2ª ed. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p. 658 – 664.

23. Sevilla, G., A. Pasinato, J. M. García y C. Iorio. Invernada bajo riego en el valle de Bonaerense del Rio Colorado. 1996. Rev. Arg. Prod. Anim. 16: 287-291.
24. Grossman, M. and Koops, W. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. 1988. Journal of Dairy Science, 71: 1598–1608
25. Sherchand L, Mc New, Kellogg DW, Jonson ZB. Selection of mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. 1995. J Dairy Sci; 78: 2507-2513.
26. Clawson, CD., King, WA y BYRD, W.P. Effect of length of previous dry periods, month of freshening, age, body weight and length of gestation on milk and fat yield of dairy cattle. 1965. Journal of dairy Science. 48: 837.
27. Ludwick, T. M y Petersen, W. E. A measure of persistency of lactation in dairy cattle. 1943. Journal of Dairy Science. 26: 439-445.
28. Rakes, J. M., Stallcup, O. T., Horton, O. H. y Gifford, W. Relationship between certain factors and maximum dairy milk production. 1959. Journal of Dairy Science. 42:923.
29. Vujicic, I. and Bacic, B. New equation of the lactation curve. 1961. Novi Sad. Ann. Sci. Agric., No. 5.
30. Nelder, J.A. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. 1966. Biometrics, 22:128-141.
31. Wood, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. 1967. Nature: 216:164-165.
32. Urbina R. Nicolas. Conferencias de Producción de leche. 1995. Segunda edición. pp. 77-99.

33. Barrera Santiago. Boletín informativo. Traducción. Lactogeneradores Alto Octanaje. 1994. pp. 54-71.
34. Madalena FE, Martínez ML, Freitas AF. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. 1979. Anim. Prod. 29: 101-107.
35. Galavíz JR, Vázquez CG, Ruiz FJ, Lagunes JL, Calderón RR, Rosete JH. Factores ambientales que afectan la curva de lactancia en vacas Suizo Pardo en clima subtropical. 1998. Téc Pecu Méx; 36: 163-171.
36. Wood PDP. A note on seasonal fluctuations in milk production. 1972. Anim. Prod; 15: 89-92.
37. Wood PDP. A note on the repeatability of parameters of the lactation curve in cattle. 1970.
38. Verges, E. Eficiencia reproductiva del Ganado bovino. 1987. Información Técnica No. 110. INTA. Buenos Aires. Argentina.
39. Duraes M.C; Teixeira N.M; Freitas A.F. curvas de lactação de vacas de raça Holandesa mantidas em confinamento total. 1991. Arq. Bras. Vet. Zoot. Vol 43. pp. 448-460.
40. Luis Rodríguez Z; Miguel Ara G; Héctor Huamán U y Luisa Echevarría C. Modelos de ajuste para curvas de lactación de vacas en crianza intensiva en la cuenca de lima. Junio. 2005. Revista de Investigaciones Veterinarias. Vol 16. No 1.
41. Wood, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. 1967. Nature 216: 164 – 165.

42. Eicker SW, Grohn YT, Hertl JA. The association between cumulative milk yield, days open, and days to first breeding in New York Holstein cows. 1996. *J Dairy Sci.* 79: 235-241.
43. Pollot, G.E. A biological approach to lactation curve analysis of milk yield. 2000. *J. Dairy Sci.* 83: 2448-2458.
44. Ruíz FA. Parámetros genéticos para producción de leche, intervalo entre partos y producción de leche por día de intervalo en ganado Holstein. 1989. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- 45.- Molina JR, Boschini C. Ajuste de la curva de lactancia de ganado Holstein con un modelo lineal modal. 1979. *Agronomía Costarricense.* 3(2): 167-74.
46. Val-Arreola D, Kebreab E, Dijkstra J, France J. Study of the lactation curve in dairy cattle on farms in Central Mexico. 2004. *J. Dairy. Sci.* 87: 3789-3799.
47. García- Muñiz, J. G., D.V Mariscal-Aguayo, N. A. Caldera-Navarrete, R. Ramírez-Valverde, H. Estrella-Quintero, y R. Nuñez-Domínguez. Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. 2007. *Interciencia* 32: 841-846.

48. Norman HD, Meinert TR, Schutz MM, Wrigh JR. Age and seasonal effects on Holstein yield for four regions of the United States over time. 1995. J. Dairy Sci. 78: 1855-1861.
49. Knight CH, Wilde CJ. Mammary cell changes during pregnancy and lactation. 1993. Livest. Prod. Sci. 35: 3-19.
50. Jarrige, R., C. Demarquilly, J. P. Dulphy, A. Hoden, J. Robelin, C. Berenger, Y. Geay, M. Journet, C. Malterre, D. Micol, and M. Petit. The INRA fill unit system for predicting the voluntary intake of forage based diets in ruminants. 1986. A review. J. Anim. Sci. 63: 1737-1758.
51. Wood, P.D.P. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. 1980. Anim. Prod. 31: 131-141.
52. Rowlands GJ, Lucey S, Russel AM. A comparison of different models of the lactation curve in dairy cattle. 1982. Anim. Prod. 35: 135-144.
53. Keown JF, Everett RW, Empet NB, Wandell LH. Lactation curves. J. 1986. Dairy Sci. 69: 769-781.
54. Shanks, R.D., P.C. Berger, A.E Freeman, and F.V. Dickinson. Genetics aspects of lactation curves. 1981. J. Dairy Sci. 64: 1852-1860.
55. Dijkstra J, France J, Dhanoa MS, Maas JA, Beever DE. A model to describe growth patterns of the mamary gland during pregnancy and lactation. 1997. J. Dairy Sci. 80: 2340-2354.

56. Tekerli M, Akinci, Dogan I, Akcan A. Factors affecting lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. 2000. J. Dairy Sci. 83: 1381-1386.
57. Appleman, R.D. and Owen, F.G. Symposium: Recent advances in calf rearing. III Breeding, housing and feeding management. 1969. J. Dairy Sci, 58: 447-464.
58. Freeman, EA. Age adjustment of production records: History and basic problems. 1973. J. Dairy Sci. 56: 941-946.
59. Hodson J. Manejo de pastos. 1994. Teoría y practica. Ed. Diana. Mexico. pp 252.
60. Le Du y Hutchinson, M. Grazing, en thomas, C y Young, J. W.O. (eds). Milk from grass. 1982. Grassland Research Institute (gri) / Imperial Chemical Industries (ici). Billingham Press Ltd, London. pp. 43-57.
61. Arriaga Jordan, C. Efecto de la suplementación de concentrados en la producción de leche de vacas en pastoreo intensivo de praderas irrigadas. 1979. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Mexico. y Holmes, W. The effect of cereal Concentrate Supplementation on the Digestibility of Herbage-based Diets for Lacting Dairy Cows. 1986a, en Journal of Agricultural Science (Camb) No. 106, pp. 581-592 y Holmes, W. The effect of Concentrate Supplementation on High Yielding Dairy Cows Under two

Systems of Grazing. 1986b, en Journal of Agricultural Science (Camb) No. 107, pp. 453-461.

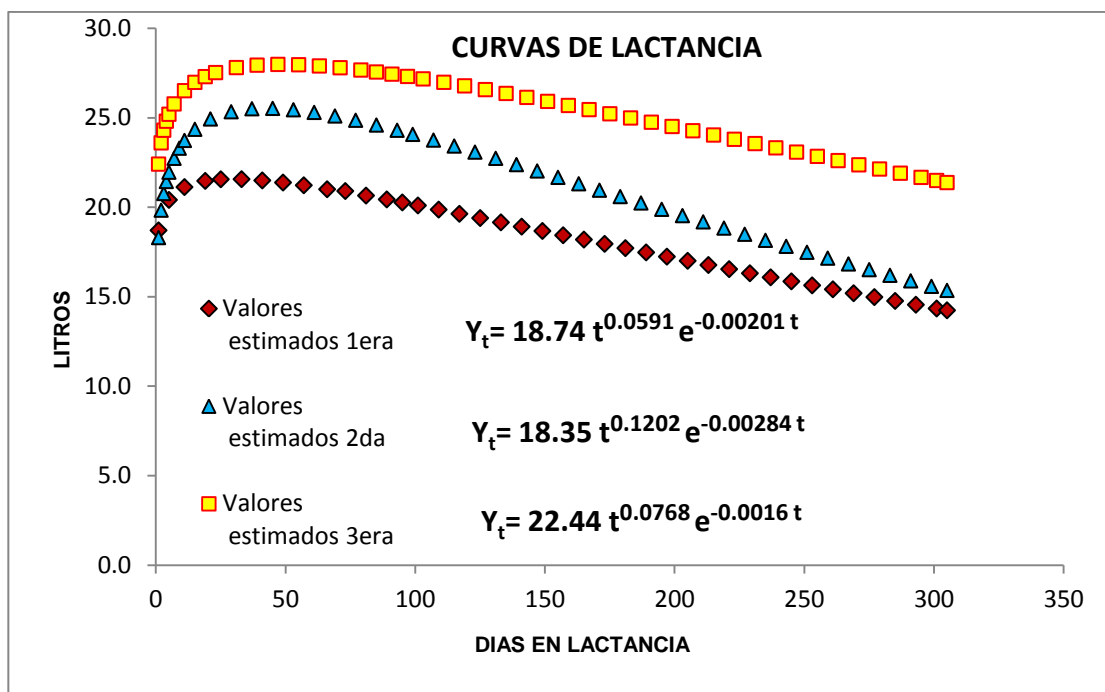
62. Albarrán Portillo, B. Evaluación del pastoreo de praderas irrigadas en las estrategias de alimentación de sistemas de producción de leche en pequeña escala. 1999. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de Toluca.
63. Arriaga J.C., Espinoza, O.A., Rojo, G.H.E., Valdes, M., Albarran, P., y Sanchez, V. La producción de leche en el valle de Toluca. 1996. Una respuesta al ajuste estructural en el campo mexicano. Mimeo.
64. Lemus, R. V., J. G. García M., S. G. Lugo L., E. Valencia G., y B. Villagrán V. Desempeño de una pradera irrigada en clima templado, establecida para el pastoreo con bovinos lecheros. 2002. Vet. Méx. 33: 11-26.
65. Ponce de León R, Rivas M, Caro N. Estudio preliminar sobre la reproducción, producción de leche y las correlaciones entre ellas en vacas Holstein. 1982. Revista Cubana de Ciencia Agrícola; 16: 230-42.
66. Muller, L. D., and S. L. Fales. Supplementation of cool-season grass pastures for dairy cattle. 1998. In: Cherney, J. H. and D. J. R. Cherney (eds). Grass for Dairy Cattle. CABI, New York. pp: 335-350.
67. Malhotra, P.K., Singh, R.P. Estimating lactation curve in Karan Swiss cattle. 1980. Indian J. of Animal Sc. 50(10): 799-804.
68. Masselin S, Sauvart P, Chapoutot D et Milan D. Les modèles d'ajustment des courbes de lactation. 1987. Annales de Zootechnie 36 (2): 171-206

69. López, O. & Álvarez, J.L. Consejos prácticos para alimentar y reproducir bien a nuestras vacas lecheras. 2005. *Revista ACPA*. 3:37.
70. Jenkins, T. G., and C. L. Ferrell. Lactation characteristics of nine breeds of cattle fed various quantities of dietary energy. 1992. *J. Anim. Sci.* 70: 1652-1660.
71. López-Villalobos, N., R. V. Lemus, C. W. Holmes, and D. J. Garrick. Lactation curves for milk traits, live weight and body condition score for heavy and light Holstein-Friesian cows. 2001. *Proc. N. Zealand Soc. Anim. Prod.* 61: 217-220.
72. Medina, C. M. Estudio del metabolismo y la relación de los trastornos metabólicos con la productividad de vaquillas Holstein-Friesian neozelandesas y americanas en pastoreo controlado. 1998. Tesis de Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. 160 p.
73. Dekkers, J. C. M., J. H. Ten Haag, and A. Weersink. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. 1998. *Liv. Prod. Sci.* 53: 237-252.

74. Mcdowell RE, Van Vleck LD, Christensen E, Cabello FE. Factors affecting performance of Holstein in Subtropical Regions of Mexico. 1976. J. Dairy Sci 59: 722-9.
75. Rendón AH, Marín MBJ, Robledo VJM y Lemus RV. Efecto de la disponibilidad de materia seca sobre la producción y composición de la leche de bovinos en pastoreo. 2010. Memorias de la XLVI Reunión de Investigación Pecuaria. Campeche, Camp. 22-24 de Noviembre.
76. Spiegel, Murray R; Abellanas, Lorenzo. Formulas y tablas de matemáticas aplicada. Aravaca (Madrid). Mc Grow- Hill. pp. p. 158 – 166.

FIGURAS

Figura 1. Curvas de Lactancia de vacas Holstein- Friesian bajo condiciones de pastoreo.



$$Y_t = at^b e^{-ct} - 1 \text{ Funcion gama incompleta propuesta por Wood.}$$

Sustitucion de los parametros de la curva de lactancia (a,b,c) en la funcion gama incompleta propuesta por Wood, de cada lactancia estudiada.

Y_t = Produccion de leche, en el t-esimo dia de lactancia.

e = Es la base de logaritmo natural (2.7182818).

a = Rendimiento inicial inmediatamente despues del parto.

b = Tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el maximo rendimiento.

c = Tasa de cambio desde el rendimiento maximo y hasta el final de la lactancia.

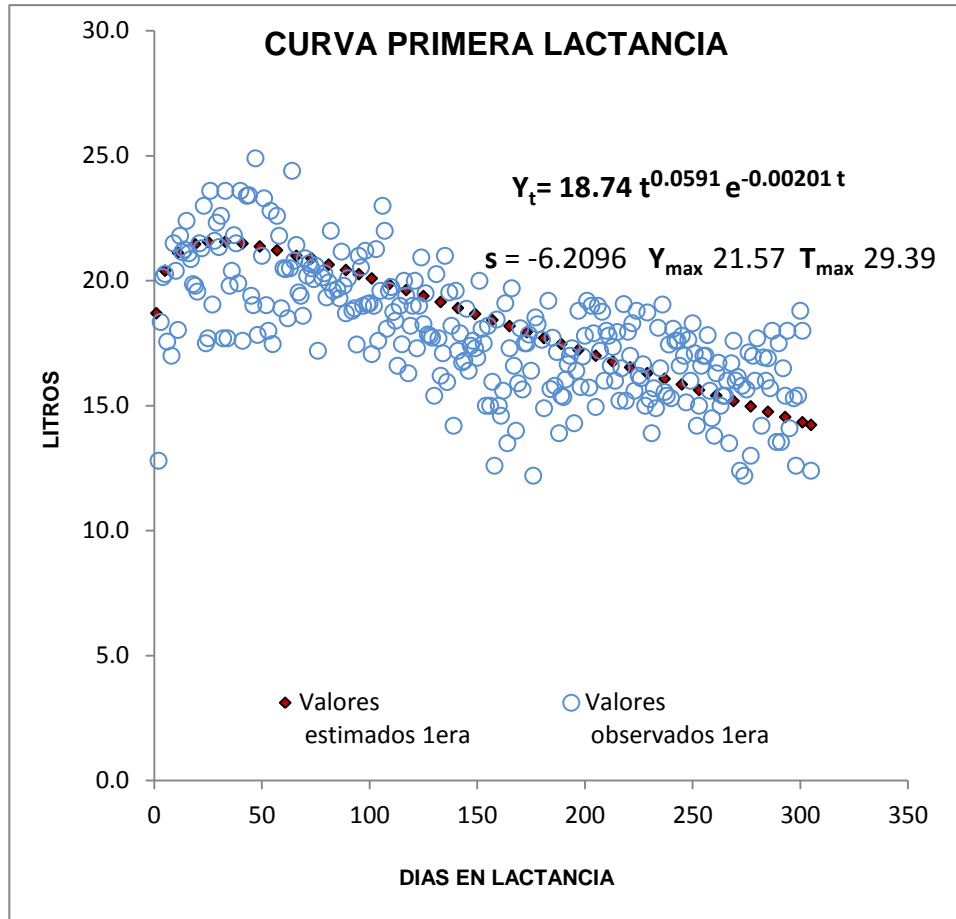
t = Tiempo en que se reporta la produccion de leche.

s = Persistencia de la lactancia.

Y_{max} = Produccion maxima.

T_{mac} = Tiempo en que se llega al pico de lactancia.

Figura 2. Curva de la primer lactancia de Vacas Holstein-Friesian bajo condiciones de pastoreo.



Y_t = Produccion de leche, en el t-esimo dia de lactancia.

e = Es la base de logaritmo natural (2.7182818).

a = Rendimiento inicial inmediatamente despues del parto. (18.74)

b = Tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el maximo rendimiento. (0.0591)

c = Tasa de cambio desde el rendimiento maximo y hasta el final de la lactancia. (-0.00201)

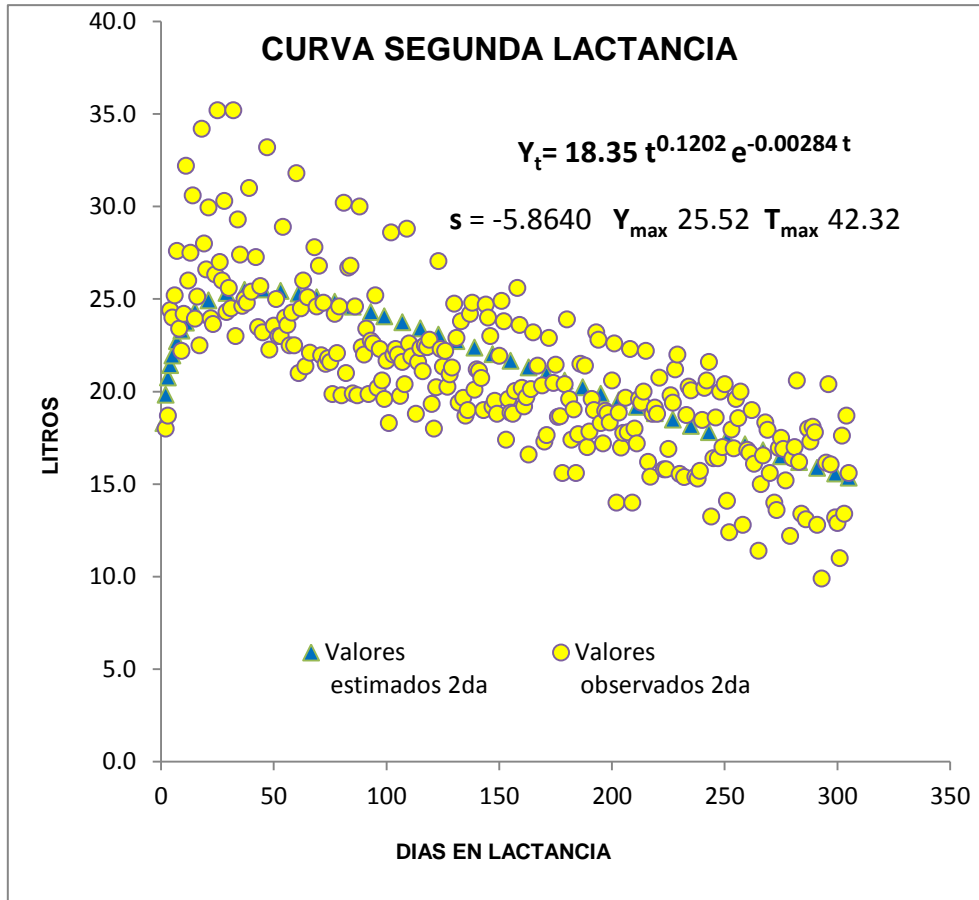
t = Tiempo en que se reporta la produccion de leche.

s = Persistencia de la lactancia. (-6.2096)

Y_{\max} = Produccion maxima. (21.6)

T_{\max} = Tiempo en que se llega al pico de lactancia. (29.4)

Figura 3. Curva de la segunda lactancia de Vacas Holstein-Friesian bajo condiciones de pastoreo.



Y_t = Produccion de leche, en el t-esimo dia de lactancia.

e = Es la base de logaritmo natural (2.7182818).

a = Rendimiento inicial inmediatamente despues del parto. (18.35)

b = Tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el maximo rendimiento. (0.1202)

c = Tasa de cambio desde el rendimiento maximo y hasta el final de la lactancia. (-0.00284)

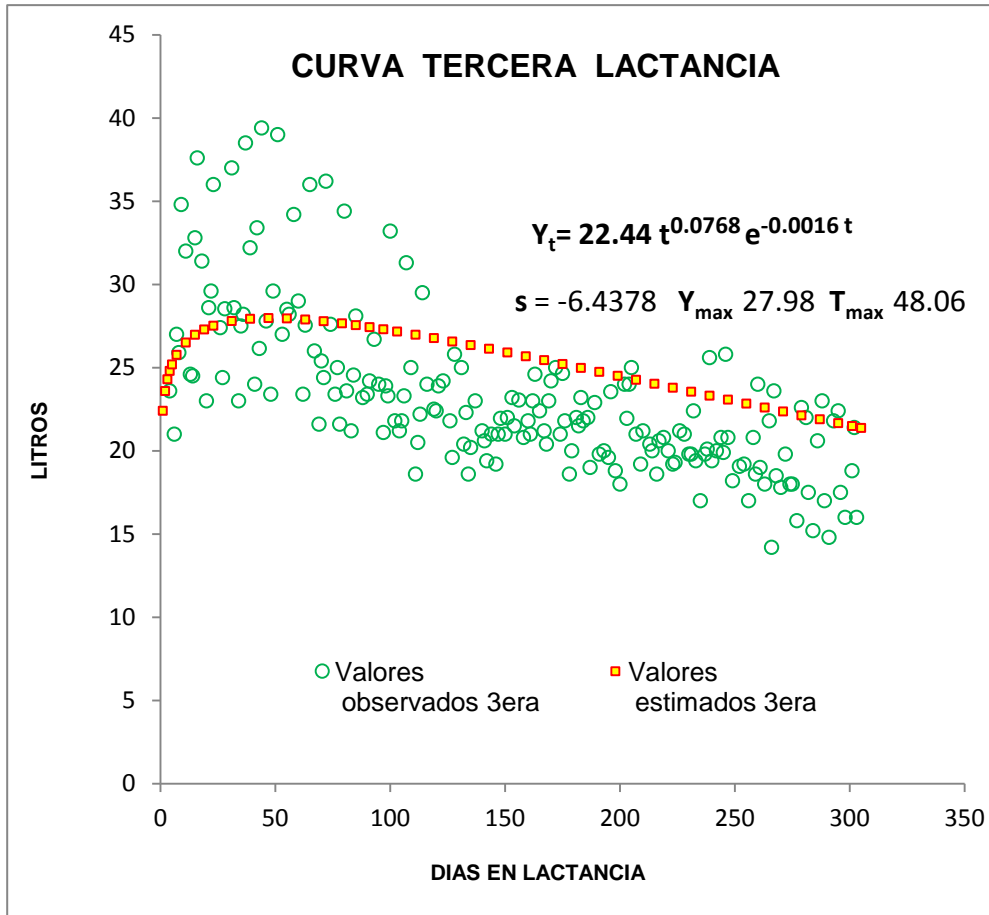
t = Tiempo en que se reporta la produccion de leche.

s = Persistencia de la lactancia. (-5.8640)

Y_{max} = Produccion maxima. (25.5)

T_{mac} = Tiempo en que se llega al pico de lactancia. (42.3)

Figura 4. Curva de la tercera lactancia de Vacas Holstein-Friesian bajo condiciones de pastoreo.



Y_t = Produccion de leche, en el t-esimo dia de lactancia.

e = Es la base de logaritmo natural (2.7182818).

a = Rendimiento inicial inmediatamente despues del parto. (22.44)

b = Tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el maximo rendimiento. (0.0768)

c = Tasa de cambio desde el rendimiento maximo y hasta el final de la lactancia. (-0.0016)

t = Tiempo en que se reporta la produccion de leche.

s = Persistencia de la lactancia. (-6.4378)

Y_{\max} = Produccion maxima. (28)

T_{\max} = Tiempo en que se llega al pico de lactancia. (48.1)

CUADROS

Cuadro 1. Valores matemáticos de las curvas de lactancia de vacas Holstein-Friesian bajo condiciones de pastoreo.

Parámetro	Lactancias			
	1	2	3	Todas
a	18.74	18.35	22.44	19.84
b	0.0591	0.1202	0.0768	0.0854
c	-0.00201	-0.00284	-0.0016	-0.00215
Y_{max}	21.57	25.52	27.98	24.95
T_{max}	29.39	42.32	48.06	39.72
s	-6.2096	-5.864	-6.4378	-6.1423
Promedio Produccion de Leche 305*	5604.2	6479.7	7735.5	6572.6
Efecto cubico (p < 0.05); * Valores ajustados				

a = Rendimiento inicial inmediatamente despues del parto.

b = Tasa de cambio desde el rendimiento inicial y hasta el maximo rendimiento.

c = Tasa de cambio desde el rendimiento maximo y hasta el final de la lactancia.

t = Tiempo en que se reporta la produccion de leche.

s = Persistencia de la lactancia.

Y_{max} = Produccion maxima.

T_{mac} = Tiempo en que se llega al pico de lactancia.