

2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“COMPARACION DEL MODELO LINEAL
PARABOLICO *VERSUS* WOOD, COMO ECUACIONES
PARA AJUSTE DE CURVAS DE LACTANCIA
EN VACAS HOLSTEIN”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

MARTIN EVODIO SALGUERO ARENAS

ASESOR: M.C. BENITO LOPEZ BAÑOS

0278266

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999.

**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE E. S. P.
SUPERIOR

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E.

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ATN.: Q. M. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
JEFE DEL DEPARTAMENTO.

Con base al artículo 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a Usted que revisamos el TRABAJO de tesis con el nombre de:

"Comparación del modelo Lineal Parabólico versus Wood, como ecuaciones para ajuste de curvas de lactancia en vacas Holstein".

que presenta el pasante: SALGUERO ARENAS MARTIN EVODIO
con número de cuenta : 8656059-5 para obtener el Título de :

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izc., México, a 1 de Marzo de 1999

Presidente MSC. GERMAN GONZALEZ LOPEZ

Vocal M.C. BENITO LOPEZ BAÑOS

Secretario MVZ. R JAVIER HERNANDEZ BALDERAS

1er. Sup. MVZ. HERIBERTO CONTRERAS ANGELES

2do. Sup. MVZ. RAFAEL PEREZ GONZALEZ

GRACIAS A DIOS

**"MIRA QUE TE MANDO QUE TE ESFUERCES Y SEAS VALIENTE;
NO TEMAS NI DESMAYES, PORQUE JEHOVA, TU DIOS, ESTARA
CONTIGO DONDEQUIERA QUE VAYAS".**

JOSUÉ 1:9

DEDICATORIAS

A mi madre Juana Arenas Palacios:

Quien con tanto cariño me ha guiado y animado para vencer cualquier adversidad.

A mi hermano Héctor:

Con quien he compartido los mejores momentos de mi vida.

A mi Tía "CONCHITA" Y mi Tío "COSTA":

Por todo el cariño y apoyo para conmigo y mi familia.

A la memoria de mi Padre Evodio Salguero Valerio:

Que Siempre confió en mí, y me apoyó en todo lo que emprendí, que me enseñó a luchar honestamente para realizar mis anhelos, y no darme por vencido.

''Porque sólo los hombres y los árboles se
mueren de pie''

A la memoria de mi Tio Evodio Arenas Palacios:

Que siempre tuvo un lugar en su corazón para mí, y me animó e impulsó en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A MARIA ELENA:

Por su amistad sincera, por su apoyo incondicional, y por las palabras de aliento que me dá.

A mi asesor M.C. BENITO LOPEZ BAÑOS:

Gracias por la confianza que depositó en mí al darme este trabajo de tesis, y la paciencia para ayudarme a desarrollarlo.

A mi primo ROGELIO:

Por su asesoría y prestancia en la elaboración de esta tesis.

INDICE

	Página
Resumen	1
Introducción.....	2
Objetivo	10
Hipótesis	11
Material y Método	12
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones.....	36
Bibliografía	37

RESUMEN

En este trabajo se llevó a cabo un análisis de los registros de la producción láctea que se produce en el Módulo de Bovinos Productores de Leche, del Departamento de Producción Animal, que pertenece a la División de Ciencias Agropecuarias, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4. Se utilizaron los registros de 119 vacas Hostein Friesian, los cuales se obtuvieron entre los años de 1984 a 1991 con las producciones diarias y lactaciones completas. Se utilizaron los modelos. $PL(t) = (at^b)(e^{-ct})$ propuesto por Wood (donde a, b y c son parámetros del modelo, e es la base del logaritmo neperiano, PL es la producción lechera, t es el estado del tiempo de la lactación) y $PL(t) = a + bt + ct^2 + d \ln(t)$ Lineal Parabólico (donde a, b, c y d son parámetros del modelo, PL es la producción lechera, t es el estado del tiempo de la lactación, \ln es la base del logaritmo natural) para ajustar y estimar los parámetros de la curva de lactación, y obtener la producción total a 305 días. La producción de las 119 vacas se dividió en 4 grupos: vacas de primer parto (lactancia 1), vacas de segundo parto (lactancia 2), vacas de tercer parto (lactancia 3), vacas de cuarto parto (lactancia 4) Además se obtuvieron las constantes para muestreos cada 7, 14, 21 y 28 días de lactancia. Se encontró que en general el modelo Lineal Parabólico es el que explica mejor la curva de lactancia ya que tiene el más alto coeficiente de determinación (R^2), el menor número de iteraciones, y el cuadrado medio del error más bajo (CME). Se concluyó que los modelos Lineal Parabólico y Wood sirven perfectamente para estimar la producción total de lactancia de vacas en todos los muestreos, siendo el modelo Lineal Parabólico más adecuado en estimaciones finas que el de Wood (Gamma incompleto)

INTRODUCCION

Zoológicamente, el ganado vacuno pertenece a la clase mamífera (Acosta, 1992, Aguado y Aguirre 1986; Colin 1984; Ringuelet y col , 1971), y todos los mamíferos son animales de sangre caliente, que paren a su cría viva, y la alimentan por periodos variables con una secreción de sus glándulas mamarias llamada leche.

Reino	Animal
Subreino	Vertebrados
Clase	Mamíferos
Subclase	Placentarios
Orden	Artiodáctilos
Suborden	Rumiantes
Familia	Bóvidos
Subfamilia	Bovinos
Género	"Bos"
Especie	"Taurus"

Fuente (Ringuelet y col., 1971)

La habilidad de el ganado lechero de producir grandes cantidades de leche, es la razón principal por la que tienen un lugar predominante dentro de la actividad pecuaria de todo el mundo y por supuesto, de México (Menchaca, 1981). La vaca lechera es muy eficiente para convertir la proteína y la energía del forraje, pues como rumiante puede llegar a obtener el 70% de su alimento de fuentes alimentarias que no consume el hombre como forraje y nitrógeno no proteico (Etgen y Reaves, 1990).

En la secreción de la leche, la prolactina juega un papel importante, ésta es liberada en el momento de la manipulación de la teta por la ordeña o en el amamantamiento. Los estímulos sensoriales son transportados a el hipotálamo, donde se bloquea la dopamina la cual inhibe la secreción de prolactina, al mismo tiempo en el núcleo paraventricular las neuronas son estimuladas para producir el péptido intestinal vasoactivo que es un estimulante de la liberación de la prolactina. Otra hormona importante en la producción de leche en los rumiantes es la hormona del crecimiento (GH). Para facilitar el retiro de la leche, las células mioepiteliales que rodean al alveolo y a los conductos, responden principalmente a la oxitocina y se contraen cuando son expuestas a dicha hormona, la cual se libera por un estímulo neuroendócrino, provocado por la estimulación táctil de la ubre por el ordeño o el hocico de la cría. Otros estímulos sensoriales que provocan la liberación de la oxitocina son los auditivos, visuales u olfatorios que se dan cerca o dentro de la sala de ordeña (Cuninham, 1994; Acosta, 1992, Bone, 1983; Schmidt y Van Vleck, 1988).

La secreción de calostro en leche normal varía en cada especie. En el ganado bovino, la leche calostrada permanece por varios días, ésta se retira de la leche comercial debido a que tiene una calidad estética no aceptable, y no por su calidad de leche. La producción de la leche tiende a aumentar durante las primeras 3 a 4 semanas de lactación y después empieza una disminución lenta hasta el final de la lactancia en que la vaca es “secada”, esto no ocurre antes de 305 días de ordeña, y es en esta base que se calculan los promedios de producción en Kilogramos por cada lactación. El “secado” consiste en detener la ordeña de los animales con el fin de preparar la ubre para la siguiente lactación (Cuninham, 1994).

Con el fin de mantener la lactogénesis, la leche debe de retirarse de la glándula mamaria por el amamantamiento o por la ordeña. Si la leche no se extrae en un lapso de 16 horas en las vacas lecheras, entonces se empieza a suprimir la síntesis de leche (Cuninham, 1994).

La función primordial de la producción animal es proporcionar al hombre los nutrientes que requiere, como lo son proteínas, carbohidratos, grasa, vitaminas y minerales (Acosta, 1992; Aguado y Aguirre 1986; Schmidt y Van Vleck, 1988)

La leche es un alimento rico en proteínas, carbohidratos, grasa, minerales y vitaminas de un alto valor biológico para las crías de los animales, así como para los seres humanos, principalmente los niños, y, por lo tanto, es considerada como un alimento universal muy cercano a la perfección (tabla 1). La vaca lechera es considerada la nodriza de la raza humana. La FAO recomienda un consumo diario de 250 a 500 ml para un adulto, y de 500 a 1000 ml. para los niños y jóvenes. La deficiencia más notoria que podría tener la leche en la alimentación de las crías de los animales y sobre todo de los bebés es de hierro, por tal motivo, es recomendable suplementar hierro en su dieta (Acosta, 1992; Aguado y Aguirre, 1986; Etgen y Reaves, 1990; Schmidt y Van Vleck, 1988, Reaves y Henderson, 1969; Avila, 1990; Santos, 1987).

Además, de la leche se pueden obtener subproductos tales como el queso, la crema, la mantequilla, etc. , que tienen un lugar especial en la dieta del mexicano, además de un alto valor nutritivo, y por ende un valor comercial bastante apreciable para los productores de leche. La vaca lechera es por esto, la unidad básica de producción en la industria lechera, la cual existe gracias a que los consumidores demandan leche y productos lácteos (Etgen y Reaves, 1990; Reaves y Henderson, 1969, Avila, 1990).

Hay que tomar en cuenta que en México la población está creciendo a un ritmo acelerado constante, aumentando la demanda de leche, y por otro lado, que el país en general se va transformando de rural a urbano, esto es, que van disminuyendo gradualmente los centros de producción láctea, ya que por un lado la mano de obra rural migra a las ciudades, y por otro la mancha urbana va ganando terreno en las zonas agrícolas y ganaderas disminuyendo el espacio para el desarrollo de estas. A esto hay que sumar que la producción de leche no aumenta al mismo ritmo en nuestro país, esto deriva en una tendencia hacia un menor número de rebaños, pero más numerosos, y hacia

Tabla 1 Suministro de Nutrientes de la Leche (Avila, 1990).

Nutrientes en 3 tazas de leche	Infantes de 1 a 12 meses		Niños de 1 a 9 años		
		Requerimientos	% suministrado	Requerimientos	% suministrado
Calorías	(0-3)	506	54	(1-3) 1300	37
	476	(3-9) 817	58	(3-6) 1600	30
		(9-12) 1139	42	(6-9) 2100	23
Proteínas	(0-3)	11	233	(1-3) 32	80
	25.6 g.	(3-9) 18	142	(3-6) 40	64
		(9-12) 25	102	(6-9) 52	49
Calcio 86 g		7	123	8	106
Vitamina A		1500	68	(1-3) 2000	51
	1025 U.I.			(3-6) 2500	41
				(6-9) 3500	29
Tiamina		0.4	55	(1-3) 0.5	44
	0.22 mg			(3-6) 0.6	37
				(6-9) 0.8	28
Riboflavina		0.6	207	(1-3) 0.8	155
	1.24 mg.			(3-6) 1.0	124
				(6-9) 1.3	95
Niacina		6	112	(1-3) 9.0	75
	equivalente			(3-6) 11	61
	a 6.73 mg.			(6-9) 14	48
Acido Ascórbico		3	24	(1-3) 40	18
	7.3 mg.			(3-6) 50	15
				(6-9) 60	12

menos vacas pero de mayor capacidad de producción (Avila, 1990; Etgen y Reaves, 1990). Así que podemos destacar que el interés en la leche por parte del hombre es principalmente como alimento de alta calidad, y materia prima para la elaboración de subproductos

La industria lechera en las granjas ofrece algunas ventajas como son a) La vaca lechera produce más sólidos comestibles por unidad de alimento consumido en comparación con los demás animales de granja, b) Se obtienen ingresos constantes porque no tienen ciclos de producción muy marcados, c) Ofrece fuentes de empleo permanentes durante todo el año, d) La vaca convierte algunos piensos ásperos, heno y rastrojo de maíz que no se pueden vender, en leche, e) La tierra que no sirve para cultivar se puede utilizar para que pasten las vacas (Judkins y Keener, 1983).

De este interés por la producción lechera, y ante la necesidad de abastecer la demanda del mercado, se han desprendido varios estudios y experimentos, con la finalidad de obtener mejores rendimientos del ganado lechero, usando como herramientas la genética, la alimentación, el manejo, la higiene, y la economía

Aunque no es fácil establecer con certeza la época prehistórica en la que los bovinos fueron reducidos al estado doméstico, hay serios indicios arqueológicos que señalan al año 6000 y 8000 a. de J.C. cuando se dio este hecho en Asia y noroeste de Africa. En la India criaban ganado bovino 2000 años a de J.C. , y en escritos egipcios que datan de 3000 años a de J.C. mencionan que usaban el becerro para estimular la producción de leche (Santos, 1987). Tampoco está totalmente aclarado si las actuales razas han derivado de varias especies extinguidas o de una sola especie primitiva: el *Bos primigenius*. La cría de los bovinos progresó notablemente entre los antiguos babilonios, los asirios, los persas y los egipcios, que conocían las normas relativas al engorde de estos animales y ya practicaban la castración y la selección (Ringuelet y col., 1971)

Cuando los primeros colonizadores europeos vinieron a América, trajeron animales de carne, leche y lana. Estos primeros animales no mostraban características determinadas de raza alguna. Los animales que fueron introducidos primordialmente en Estados Unidos, fueron de razas lecheras y ovejas (Lasley, 1972; Santos, 1987)

Con la Revolución Industrial y el movimiento de la gente de las zonas rurales hacia las ciudades surgió la necesidad de más carne y leche para éstas (Avila, 1990, Lasley, 1972). Así que utilizando estas razas puras recién llegadas a nuestro continente se pudo aumentar la producción de leche y la creación de nuevas razas como resultado de cruzamientos sucesivos, ya sean espontáneos o promovidos por el hombre (Lasley, 1972; Ringuelet y col., 1971).

Además de la necesidad de aumentar la producción de leche, el otro factor que estimuló la perfección de las razas puras y el estudio del mejoramiento genético de las mismas fueron las exposiciones ganaderas, donde se exhibían los animales de raza pura, los cuales eran calificados por su belleza conforme al prototipo físico de cada raza (Lasley, 1972).

Es necesario en cualquier explotación pecuaria o de cualquier tipo, analizar los resultados de los métodos de producción y compararlos con los objetivos trazados al principio, a fin de conocer la rentabilidad del negocio que se maneja. Para conocer los avances y retrocesos en los trabajos realizados, es necesario llevar un control de la producción en los hatos lecheros, y para un más rápido progreso, el productor debe organizar un programa de selección adecuado, así como un control con registros precisos, pues sin éste, no es posible llevar a cabo en forma comercial eficiente, un programa para el rebaño lechero. Estos registros proporcionan la información básica necesaria, para tomar decisiones administrativas según los hechos (Acosta, 1992; Wood, 1969; Perochon y col., 1996).

Los registros individuales y precisos del rendimiento de las vacas deben ser la base de un programa de selección, y se usan para: a) identificar a las vacas, las que producen y las de desecho, b) escoger reemplazos; y c) selección de sementales (Aguilar, 1993). El

control efectivo de la producción de leche en el periodo de lactancia es de gran importancia para optimizar el trabajo de mejoramiento genético y de cualquier característica productiva dentro del hato lechero (Navarro, 1985).

Un aspecto esencial de los registros es que, aunque sencillos, deben de contener toda la información necesaria. Muchos lecheros desisten de llevar registros, porque el control individual diario de la producción de leche implica esfuerzos costosos, máxime cuando se lleva el control de una masa considerable de la población existente (Daniel, 1979; Wood, 1969; Navarro, 1985)

Dada la situación de tiempo y costo que implica el registro diario de la producción lechera, diversos autores han estudiado métodos de estimación a intervalos de muestreo que minimizan el número de observaciones que se van a recolectar, con el consiguiente ahorro de recursos materiales y humanos (Menchaca, 1981, Menchaca y Ruíz, 1987; Abubakar y Buvanendran, 1981).

El objetivo principal de la mayoría de las investigaciones científicas es hacer predicciones. Siempre que sea posible, los científicos se empeñan en expresar, exacta o aproximadamente, relaciones entre cantidades conocidas y cantidades que se van a predecir en forma de igualdades matemáticas. Este enfoque ha sido de mucho éxito en las ciencias naturales (Daniel, 1979).

En hatos comerciales, la producción total de una vaca es estimada por pesaje mensual de la producción lechera diaria. Frecuentemente, el rendimiento lechero de una lactación completa es estimado de los registros mientras la lactación aún sigue su curso (Congleton, 1983; O'Connor, 1960).

Diversos intentos se han hecho para describir la variación en el rendimiento de la leche durante el curso de la lactancia en el ganado lechero (Abubakar y Buvanendran, 1981). Esta variación, es usualmente descrita por la curva de lactación, y muchas fórmulas han sido derivadas para describir la curva de lactación entre otras la función

gamma incompleta (Wood, 1967) y el modelo Lineal Parabólico (Malhotra y col., 1980; Masselin y col., 1987; López, 1995).

Todos estos esfuerzos, ayudan a valorar la curva de lactancia, y a determinar por su forma, si la producción es adecuada o no, en qué etapa de la lactancia está afectada, y las medidas a tomar para corregir tal situación (Guerrero, 1991).

De la misma manera que varios caracteres de la producción, la forma de la curva es posible que sea afectada por factores genéticos y no genéticos (días que dura la lactancia, época del año, edad de la vaca, número de parto, número de ordeños por día, tamaño de la explotación, región en que se localiza la explotación, etc) (Ensminger, 1971, Singh, 1978).

La época de lactancia, probablemente, sea la que tiene el efecto más marcado sobre la curva de lactación; debido a que la disposición de forrajes es variable en el curso de un año (Wood, 1969; Singh, 1978)

Es necesario conocer la forma de la curva de lactancia con la mayor exactitud posible, para estimar el rendimiento de la lactancia, a partir de los registros de producción, tomando solo unos cuantos días de muestreo con un intervalo definido (Schneeberger, 1981).

OBJETIVO

Comparar los modelos Wood y Lineal Parabólico como ecuaciones para ajustar curvas de lactancia con 4 intervalos diferentes de muestreo en vacas lecheras.

HIPOTESIS

A través de la utilización de los modelos matemáticos Lineal Parabólico y Wood (Gamma incompleta) en muestreos por intervalos, es posible ajustar la producción láctea promedio del ganado Holstein Friesian de el módulo de producción láctea de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, y seleccionar de ellos el modelo que mejor ajusta la curva de lactación.

MATERIAL Y METODO

MATERIAL.

Para la realización del presente trabajo se utilizaron los registros de las lactancias del módulo de leche de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, comprendidas del año 1984 al año 1991.

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, está ubicada en el Km. 2.5 de la carretera Cuautitlán - Teoloyucan, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

La información que se obtuvo para utilizarse en el desarrollo de este trabajo es: el pesaje diario de leche por vaca de 119 lactaciones de hembras Holstein Friesian, Identificación de la vaca, Fecha del parto, Número de lactancia, Fecha de inicio de la lactación, Fecha de término de la lactación.

Se tomaron en cuenta para este estudio, las lactaciones con una duración mínima de 250 días en adelante y se dividieron en 4 grupos: Vacas de primer parto (lactancia 1); vacas de segundo parto (lactancia 2); vacas de tercer parto (lactancia 3); vacas de cuarto parto (lactancia 4).

METODO

La información obtenida se procesó por medio del paquete Lotus 123 versión 2 0 (Alonso, 1988) y Excel para Windows 95 versión 7 0 (Pascual, 1997) para obtener los promedios de producción de leche diario de los 4 grupos de lactancia.

De los registros diarios de la producción de leche, se utilizaron 4 intervalos diferentes de medición: cada 7, 14, 21 y 28 días. Esta información fue utilizada para ajustarla a los modelos Lineal Parabólico y Wood (Gamma incompleta) por medio del paquete Statistical Analysis System (S.A.S.) para PC, y obtener así los valores de los parámetros de los modelos para ajustar las curvas de lactación.

La ecuación de Wood (Gamma incompleta) (Wood, 1967; Menchaca y Ruiz, 1987; Guerrero, 1991; López, 1995) es:

$$PL(t) = (at^b)(e^{-ct})$$

Donde:

- PL (t), es la producción lechera (Kg.)
- t, el estado de la lactación (7,14,21,28 días)
- e, la base del logaritmo neperiano
- a,b,c, son parámetros del modelo

La ecuación Lineal Parabólica (Malhotra y col., 1980; Masselin y col., 1987; López, 1995) es:

$$PL(t) = a + bt + ct^2 + d \ln(t)$$

Donde.

- PL (t), es la producción lechera (Kg)
- t, el estado de la lactación (7,14,21,28 días)
- a, b, c, d, son parámetros del modelo
- ln, es la base del logaritmo natural

Los criterios de comparación para determinar el mejor modelo son los mismos que los utilizados por López (1995). El cuadrado medio del error (CME) más bajo y el coeficiente de determinación (R^2) más alto, así como el menor número de iteraciones para estimar los parámetros de ambos modelos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Utilizando los promedios generales se obtuvieron las constantes **a**, **b**, **c** para el modelo de Wood (Gamma incompleta) y **a**, **b**, **c**, **d** para el modelo Lineal Parabólico en las cuatro lactaciones, con muestreos a diferentes intervalos cada 7, 14, 21 y 28 días de lactación. En el cuadro 1 se muestra que el número de iteraciones utilizadas por el paquete SAS para obtener las constantes del modelo Lineal Parabólico fueron 2 en todos los casos, mientras que el modelo de Wood (Gamma incompleta) necesitó como mínimo 8 y como máximo 14, lo cual nos indica que es más rápido el ajuste con el modelo Lineal Parabólico resultando en un menor tiempo de cómputo, esto coincide con otro trabajo que se realizó en un hato de vacas F1 Holstein-Cebú (López, 1995) donde se obtuvo para el modelo Lineal Parabólico 2 iteraciones, y para el modelo de Wood 9.9 iteraciones. Un mayor coeficiente de determinación (R^2) y un menor cuadrado medio del error (CME) nos indica que el modelo Lineal Parabólico es mejor que el modelo de Wood (López, 1995).

También podemos hacer con este cuadro una comparación de la constante **a** del modelo de Wood con respecto a otros trabajos como el de Congleton y Everett en 1980 donde:

Lactancia 1 muestreada mensualmente $a = 13.546$ $b = 0.195$ $c = 0.0033$

Lactancia 2 muestreada mensualmente $a = 18.820$ $b = 0.235$ $c = 0.0054$

Lactancia 3 y mayores muestreada mensualmente $a = 15.956$ $b = 0.300$ $c = 0.006$

donde podemos observar que la constante **a** de la lactancia 1 del trabajo de Congleton y col. es semejante que la constante **a** de este cuadro en la lactancia 1 muestreada cada 28 días, las constantes **b** y **c** reportadas por Congleton y col. en la lactancia 1 son menores que las constantes **b** y **c** descritas en este cuadro. La constante **a** de la lactancia 2 de Congleton y col. es mayor que la constante **a** de la lactancia 2 muestreada cada 28 días, y las constantes **b** y **c** del trabajo de Congleton y col. son menores que las constantes **b** y **c** de este cuadro. Mientras que la constante **a** de la lactancia 3 y mayores del trabajo de Congleton y col. es muy parecida al promedio de la que muestra este cuadro en las lactancias 3 y 4 muestreadas cada 28 días, para estas mismas lactancias, las constantes **b** y **c** del trabajo de Congleton y col. son menores que las constantes **b** y **c** que se muestran en este cuadro. Esto nos dice que la figura de la curva de lactación de las vacas de la

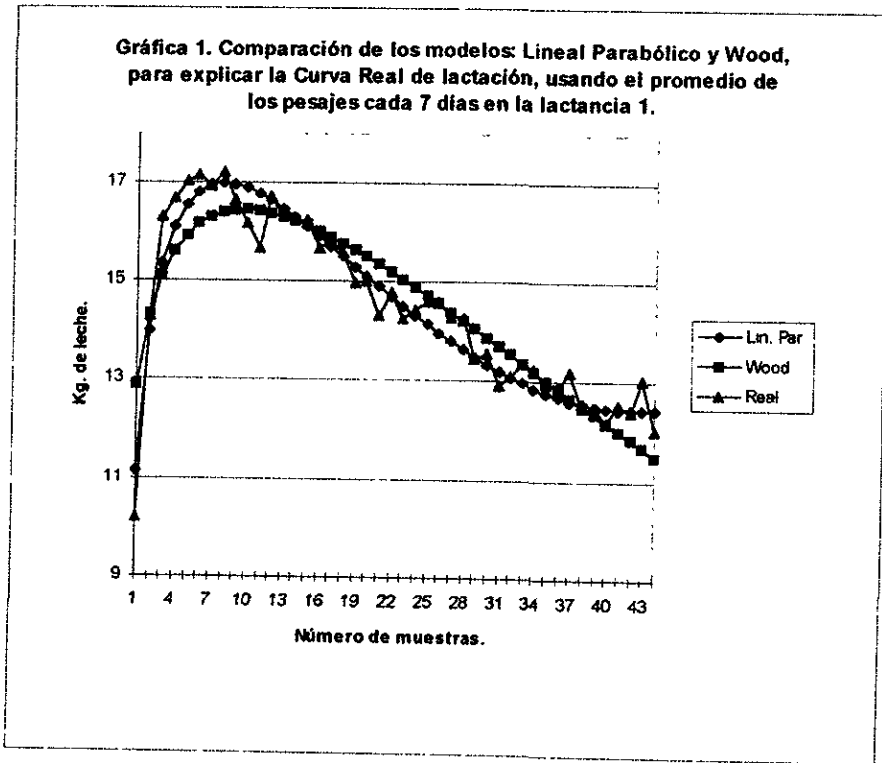
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán es parecida a la de otras vacas en otras partes del mundo.

Cuadro I. Constantes de ambos modelos para los 4 tipos de muestreos, en las 4 lactancias con el número de iteraciones, coeficiente de determinación (R^2) y el cuadrado medio de error (CME).

Muestreo	Lactancia	Modelo	# Iteraciones	a	b	c	d	R^2	CME
7	1	Lineal	2	11,905	-0,7591	0,0075	5,1315	0,9992	0,1932
7	1	Wood	12	13,124	0,1769	0,0182		0,9978	0,51
7	2	Lineal	2	11,9718	-1,054	0,0095	7,2343	0,9989	0,287
7	2	Wood	8	13,3871	0,2704	0,0292		0,9974	0,6731
7	3	Lineal	2	14,0168	-1,2506	0,0123	7,7812	0,9985	0,4498
7	3	Wood	9	15,6847	0,2312	0,0284		0,9963	1,0838
7	4	Lineal	2	13,7951	-1,5890	0,0176	9,6003	0,9917	2,7701
7	4	Wood	9	16,6304	0,2099	0,0260		0,9867	4,3443
14	1	Lineal	2	13,2525	-2,216	0,0461	8,4821	0,9986	0,3644
14	1	Wood	8	13,3181	0,2486	0,0412		0,9958	1,0235
14	2	Lineal	2	13,7683	-2,7729	0,049	11,2513	0,9987	0,3747
14	2	Wood	12	13,7919	0,4079	0,0716		0,9964	0,9918
14	3	Lineal	2	15,5084	-3,3878	0,0653	12,8796	0,9980	0,6763
14	3	Wood	12	15,4915	0,3778	0,0701		0,9945	1,7342
14	4	Lineal	2	15,3677	-4,8575	0,1040	17,8880	0,9877	4,5254
14	4	Wood	14	15,8580	0,3912	0,0714		0,9780	7,6628
21	1	Lineal	2	14,6306	-3,9407	0,1148	11,6967	0,9985	0,4267
21	1	Wood	11	13,1891	0,3523	0,072		0,9953	1,2343
21	2	Lineal	2	15,6137	-5,0302	0,133	15,3175	0,9983	0,5228
21	2	Wood	12	13,9281	0,5211	0,1152		0,9948	1,4735
21	3	Lineal	2	18,045	-6,376	0,1782	18,397	0,9979	0,7624
21	3	Wood	12	15,7637	0,5218	0,1222		0,9930	2,3227
21	4	Lineal	2	17,0857	-8,4147	0,2523	24,6245	0,9904	3,7274
21	4	Wood	13	14,3681	0,5851	0,1214		0,9762	7,7716
28	1	Lineal	2	17,0845	-6,7594	0,2595	16,2368	0,9986	0,4498
28	1	Wood	12	13,3793	0,48	0,1173		0,9947	1,5317
28	2	Lineal	2	18,2473	-8,0232	0,2885	20,3471	0,9968	0,4451
28	2	Wood	13	14,3939	0,7318	0,1922		0,9953	1,4718
28	3	Lineal	2	20,8907	-9,7545	0,3586	23,2853	0,9980	0,842
28	3	Wood	13	15,8221	0,6599	0,1769		0,9927	2,6325
28	4	Lineal	2	22,5808	-14,6629	0,5763	34,7531	0,9877	5,5408
28	4	Wood	14	14,8125	0,8075	0,2002		0,9720	11,0913

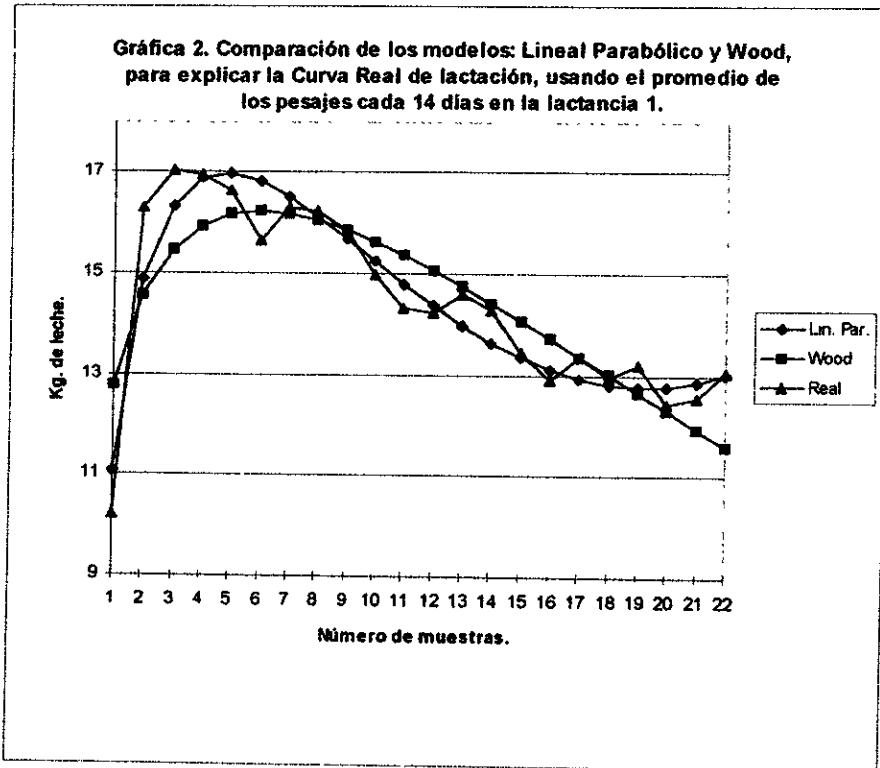
Este cuadro muestra que el número de iteraciones que utilizó el modelo Lineal Parabólico es menor del que utilizó el modelo de Wood, que el coeficiente de determinación (R^2) es mayor para el modelo Lineal Parabólico que para el modelo de Wood, y el cuadrado medio del error (CME) menor para el Lineal Parabólico que para Wood.

Gráfica 1. Descripción de la lactancia 1 con muestreos cada 7 días. En esta gráfica se observa como describen los modelos Lineal Parabólico y Wood la curva de lactancia y se muestra que para el inicio de ésta el modelo Lineal Parabólico lo hace más cercano a la Curva Real que el modelo de Wood, en el pico de producción el punto máximo de el modelo Lineal Parabólico coincide con el de la Curva Real en la octava semana y es casi el mismo valor, el modelo de Wood la describe hasta la décima semana y con un valor menor que la Curva Real y el modelo Lineal Parabólico.



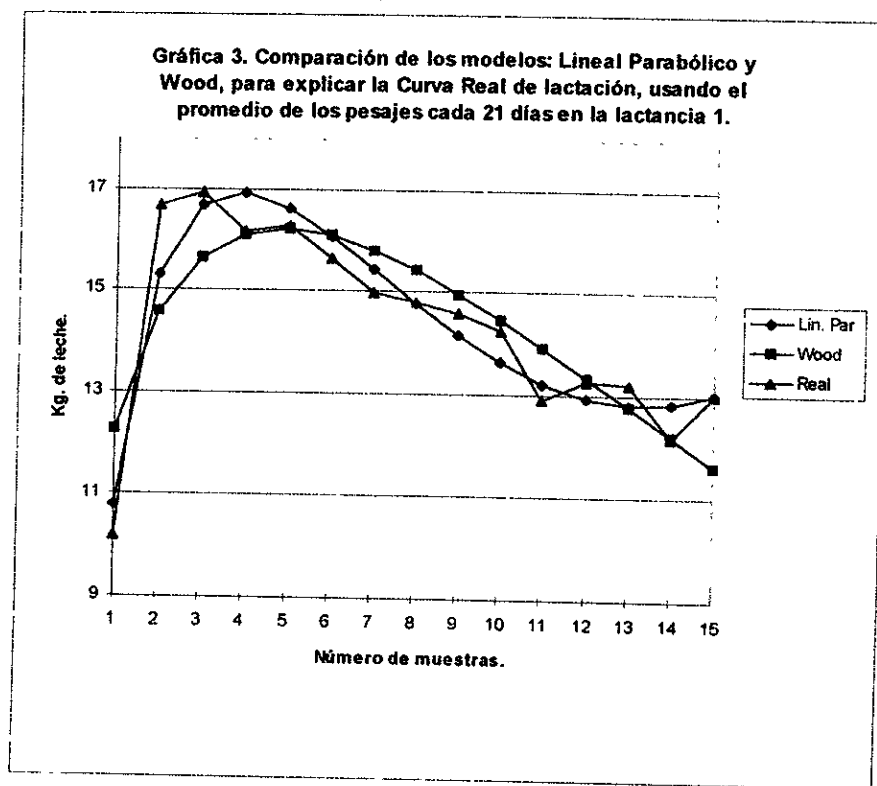
En el descenso de la producción la Curva Real muestra muchas variaciones que fluctúan entre los dos modelos pero hacia el final el modelo Lineal Parabólico describe mejor la tendencia de la Curva Real.

Gráfica 2. Aquí se muestra la lactancia 1 muestreada cada 14 días. En esta gráfica el modelo Lineal Parabólico y el modelo de Wood inician la curva con valores más altos que la Curva Real, pero el modelo Lineal Parabólico es más cercano al valor real. El pico de producción la Curva Real lo muestra a las 2 semanas, mientras que el modelo Lineal Parabólico a las 4 semanas y el modelo de Wood a las 10 semanas y por debajo del valor real y del modelo Lineal Parabólico.



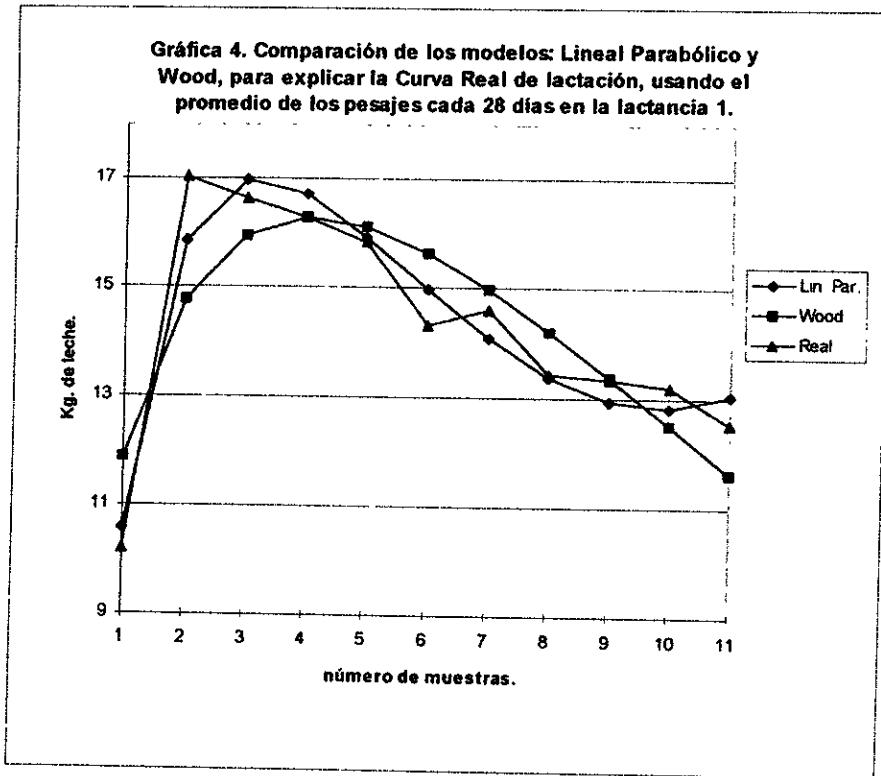
El descenso y el final de la curva es mejor descrito por el modelo Lineal Parabólico, pues el modelo de Wood finaliza por debajo de el modelo Lineal Parabólico y la Curva Real

Gráfica 3. Esta gráfica de la lactancia 1 muestreada cada 21 días, muestra que al inicio de la curva de lactación el modelo Lineal Parabólico se aproxima más que el modelo de Wood al valor Real aunque en los Kg que describen no es muy significativo, después del pico de producción la Curva Real lo marca casi a las 6 semanas, el modelo Lineal Parabólico lo describe a las 9 semanas y con un valor casi igual, mientras que el modelo de Wood lo describe a las 12 semanas con una producción menor que el modelo Lineal Parabólico, pero que tampoco es significativa en cantidad.



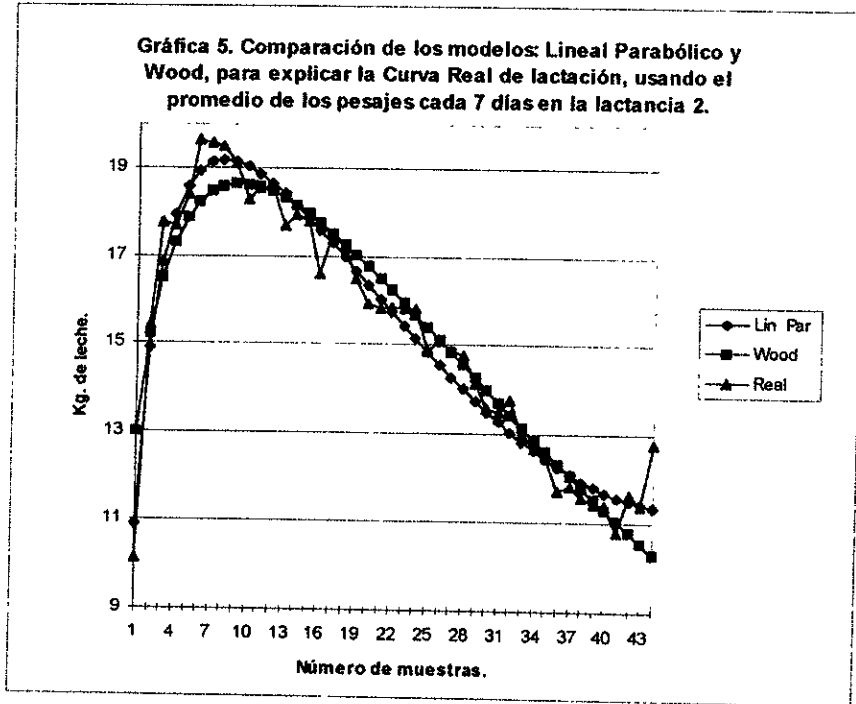
El descenso de la curva lo describe mejor el modelo Lineal Parabólico y al final es igual que la Curva Real

Gráfica 4. Aquí se presenta el muestreo cada 28 días de la lactancia 1, y se observa que el inicio de la lactancia para el modelo Lineal Parabólico y la Curva Real es casi igual, mientras que el modelo de Wood inicia marcando un valor de producción más elevado. El pico de producción la Curva Real lo presenta a las 4 semanas y el modelo Lineal Parabólico a las 8 semanas, dando una producción muy cercana al valor Real, y el modelo de Wood calcula el pico a las 12 semanas con un valor menor que los anteriores pero poco significativo.



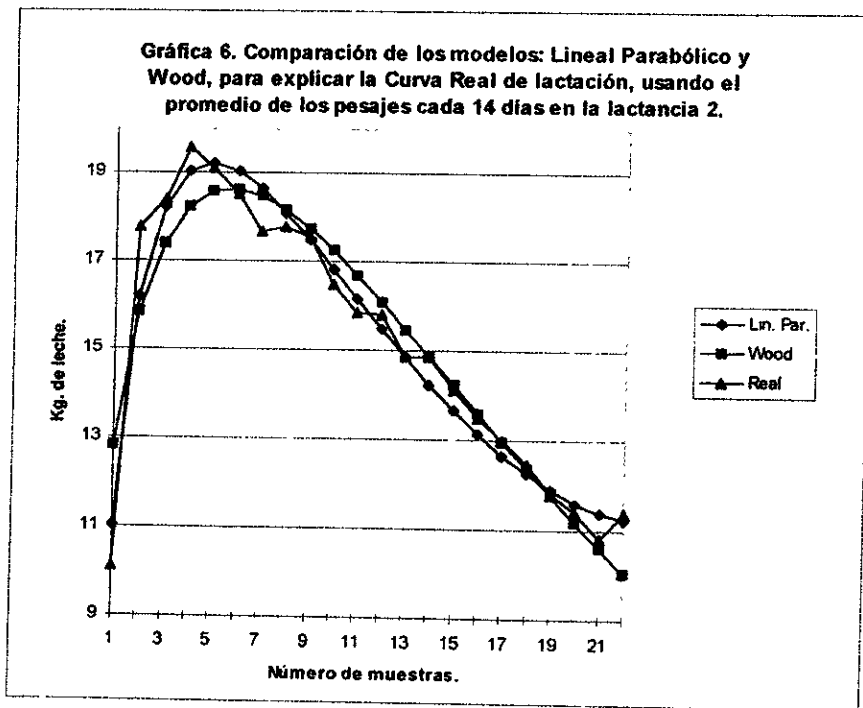
El descenso de la curva es mejor descrito por el modelo Lineal Parabólico, así como la tendencia final de la Curva Real.

Gráfica 5 Para la lactancia 2 muestreada cada 7 días, el modelo Lineal Parabólico inicia apenas 1 Kg por arriba del valor Real, y el modelo de Wood inicia 3 Kg arriba de éste El pico de producción es mejor descrito por el modelo Lineal Parabólico ya que la Curva Real indica su punto máximo en la semana 7 y el modelo de Wood en la semana 8, además el modelo Lineal Parabólico marca menor diferencia en la producción con respecto a la Curva Real de lo que muestra el modelo de Wood.



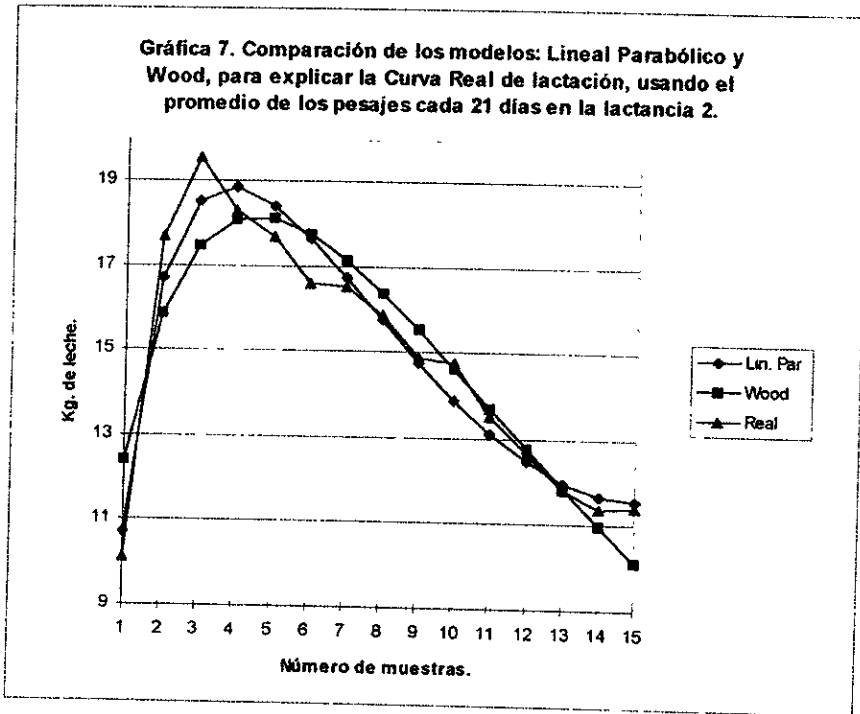
El descenso de la curva los dos modelos se acercan a los valores de la Curva Real, pero al final de ésta, el modelo Lineal Parabólico lo describe mejor que el modelo de Wood.

Gráfica 6. Esta gráfica presenta las tendencias de la Curva Real para la lactancia 2 con un intervalo de muestreo cada 14 días. Aquí se observa que el inicio de la curva está mejor explicado por el modelo Lineal Parabólico, pues tiene 1 Kg de diferencia con el valor Real por 3 Kg del modelo de Wood, lo cual no es muy significativo para la producción. El pico de producción lo predice mejor el modelo Lineal Parabólico, pues en la Curva Real se presenta a las 6 semanas, en el modelo Lineal Parabólico a las 8 semanas y el modelo de Wood lo muestra en la décima semana.



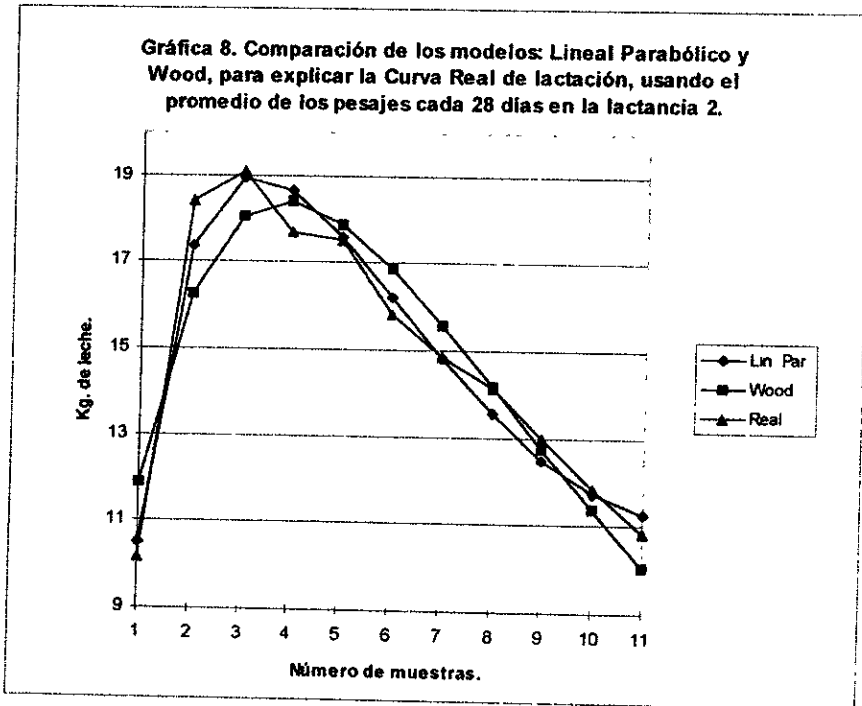
El descenso de la Curva Real tiene más similitudes con el modelo de Wood pero el final está mejor descrito por el modelo Lineal Parabólico.

Gráfica 7. Representación de la lactancia 2 con un muestreo cada 21 días. Esta gráfica permite observar que el modelo Lineal Parabólico describe el inicio de la lactancia más cercano a la Curva Real de lo que predice el modelo de Wood. El pico de la lactancia en la Curva Real se presenta a las 6 semanas, en el modelo Lineal Parabólico a las 9 semanas mostrando una producción menor que la Curva Real de 1 Kg, y el modelo de Wood describe el pico de la curva entre las 9 y 12 semanas subestimando la producción por casi 2 Kg, lo cual es poco significativo.



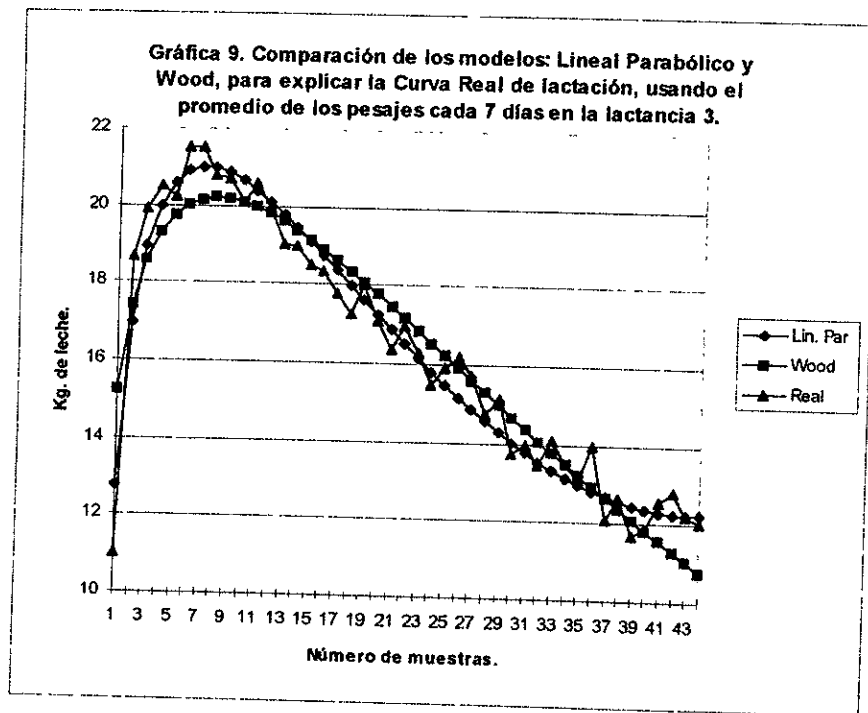
El descenso y el final de la curva son mejor descritos por el modelo Lineal Parabólico.

Gráfica 8. Esta gráfica muestra la curva de la lactancia 2 mostrada cada 28 días. Aquí se ve que el modelo Lineal Parabólico y la Curva Real inician la lactancia casi en el mismo punto y el modelo de Wood sobrestima el inicio por 1 kg lo cual no es muy significativo. El pico de producción lo describen la Curva Real y el modelo Lineal Parabólico a las 8 semanas y con la misma producción en Kg mientras que el modelo de Wood los describe a las 12 semanas con una diferencia no significativa por debajo de la Curva Real y el modelo Lineal Parabólico.



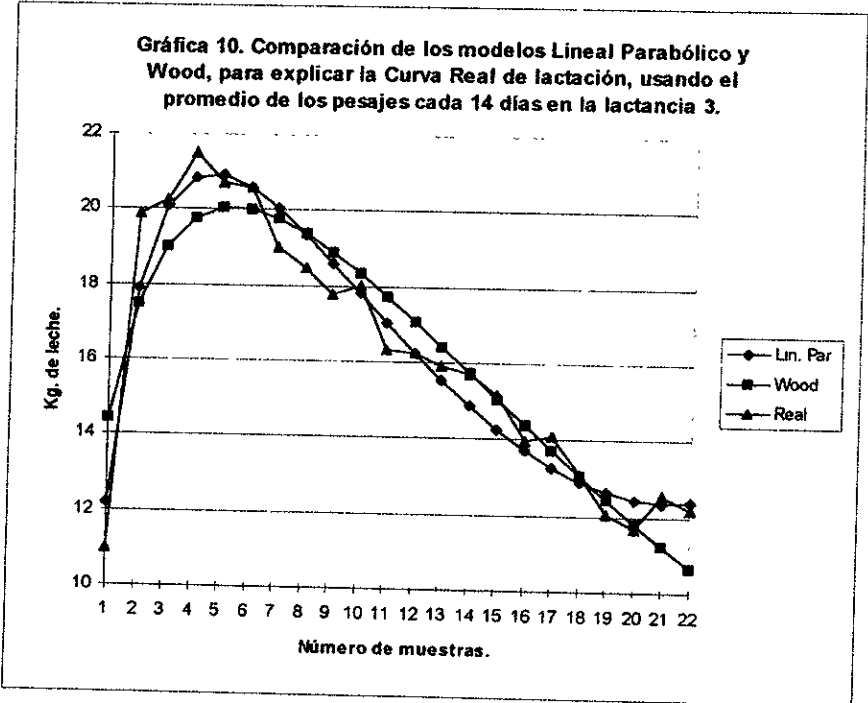
La tendencia del descenso de la curva es mejor descrita por el modelo Lineal Parabólico.

Gráfica 9. Descripción de la lactancia 3 con muestreos cada 7 días. En esta gráfica se observa como describen los modelos Lineal Parabólico y Wood la curva de lactancia y se muestra que para el inicio de ésta el modelo Lineal Parabólico lo hace más cercano a la Curva Real elevándolo por 2 Kg y el modelo de Wood lo inicia 4 Kg por encima del valor Real, en el pico de producción el punto máximo de el modelo Lineal Parabólico se da entre las 6 y 7 semanas, la Curva Real entre la quinta y la sexta semana y es casi el mismo valor, el modelo de Wood la describe en la semana 7 y con un valor menor que la Curva Real y el modelo Lineal Parabólico.



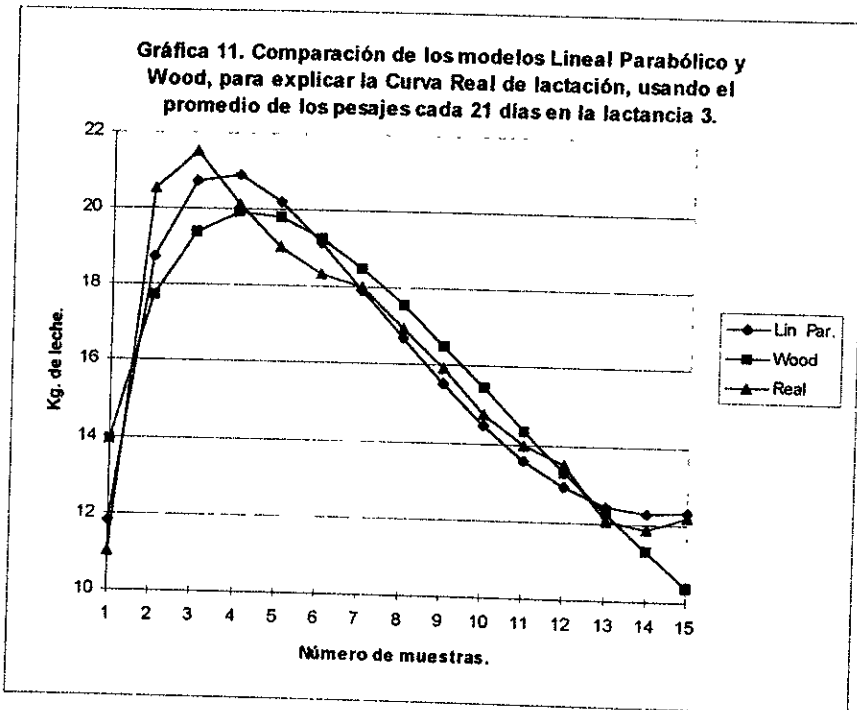
En el descenso de la producción la Curva Real muestra muchas variaciones que fluctúan entre los dos modelos pero hacia el final, el modelo Lineal Parabólico describe mejor la tendencia de la Curva Real.

Gráfica 10. Esta gráfica muestra la figura de la lactancia 3, muestreada cada 14 días. Aquí se ve que para el inicio de la lactancia el modelo Lineal Parabólico estima la producción 1 Kg por encima del valor Real, y el modelo de Wood lo hace por más de 3 Kg. El pico de producción para la Curva Real se presenta a las 6 semanas, para el modelo Lineal Parabólico se presenta a las 8 semanas, al igual que el modelo de Wood a las 8 semanas y lo sostiene hasta la semana 10.



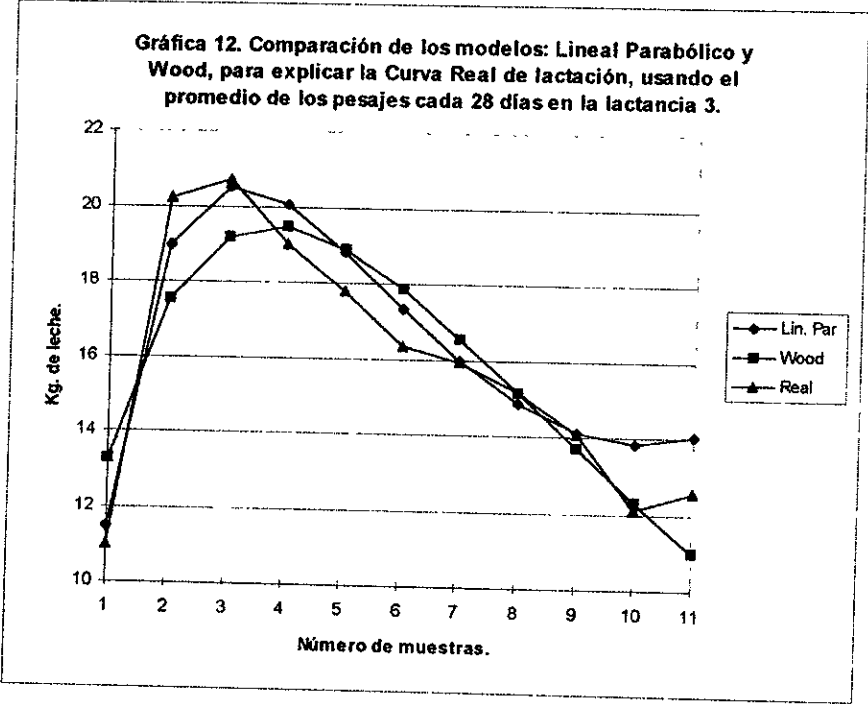
El final de la Curva Real tiene un descenso muy variable que ninguno de los dos modelos describe con certeza, pero el final de la curva es mejor explicado por el modelo Lineal Parabólico.

Gráfica 11. Presentación de la lactancia 3 con muestreos cada 21 días. Aquí se observa que el inicio de la lactancia el modelo Lineal Parabólico lo estima 1 Kg arriba del valor Real y el modelo de Wood 3 Kg arriba de éste. El pico de producción en la Curva Real es de 21.5 Kg a las 6 semanas, el modelo Lineal Parabólico 21 Kg a las 9 semanas, y el modelo de Wood 20 Kg a las 9 semanas.



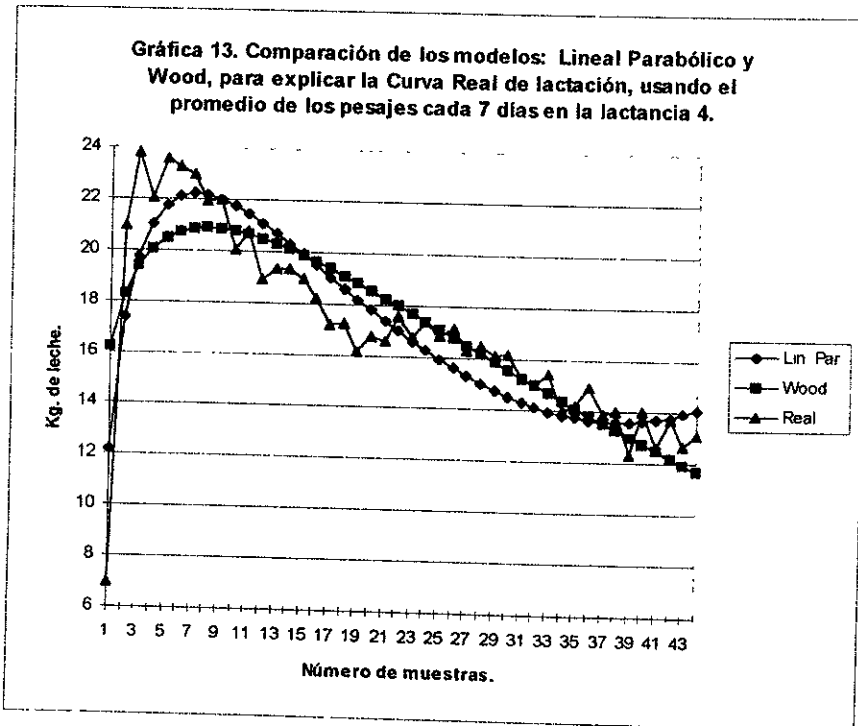
El descenso de la curva es mejor descrito por el modelo Lineal Parabólico , así como el final de ésta.

Gráfica 12. Para la lactación 3 muestreada cada 28 días, el inicio de la lactancia muestra que el modelo Lineal Parabólico y la Curva Real son casi iguales y el modelo de Wood inicia 2 Kg más alto del valor Real. El pico de producción para el modelo Lineal Parabólico y la Curva Real es a las 8 semanas y con los mismos Kg de producción, el modelo de Wood describe el pico de producción a las 12 semanas y casi 1 Kg menos.



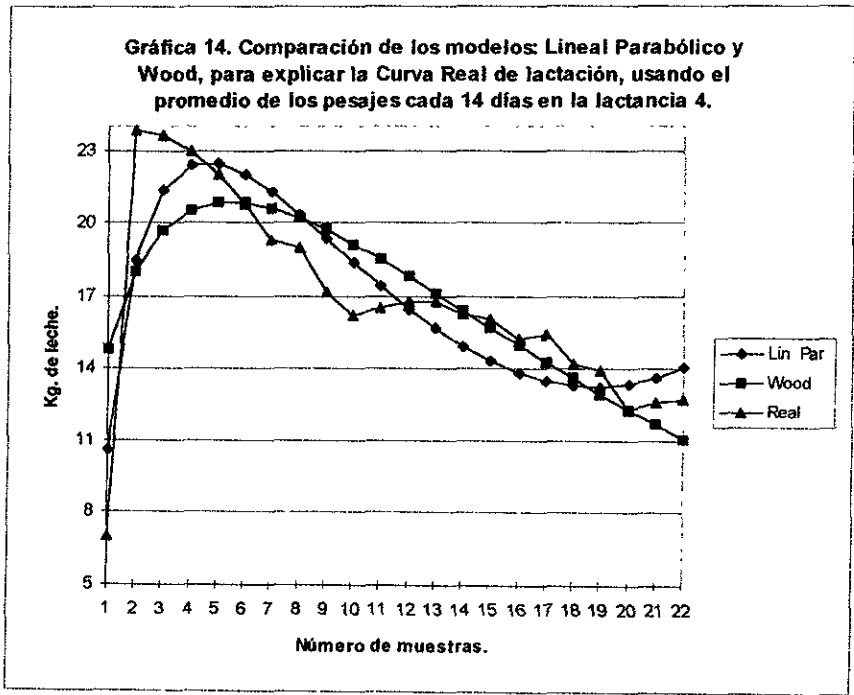
El descenso de la curva lo describe mejor el modelo Lineal Parabólico, pero el final de ésta, está mejor explicado por el modelo de Wood.

Gráfica 13. En la descripción de la lactancia 4 con muestreos cada 7 días, el inicio de la lactancia del modelo Lineal Parabólico es 5 Kg más alto que el valor Real y con el modelo de Wood inicia 9 Kg más elevado que el valor Real. El pico de producción de la Curva Real es a las 2 semanas, el del modelo Lineal Parabólico es entre la semana 6 y 7 con casi 2 Kg menos que el valor Real y el del modelo de Wood es en la semana 7 con 3 Kg menos que el valor Real.



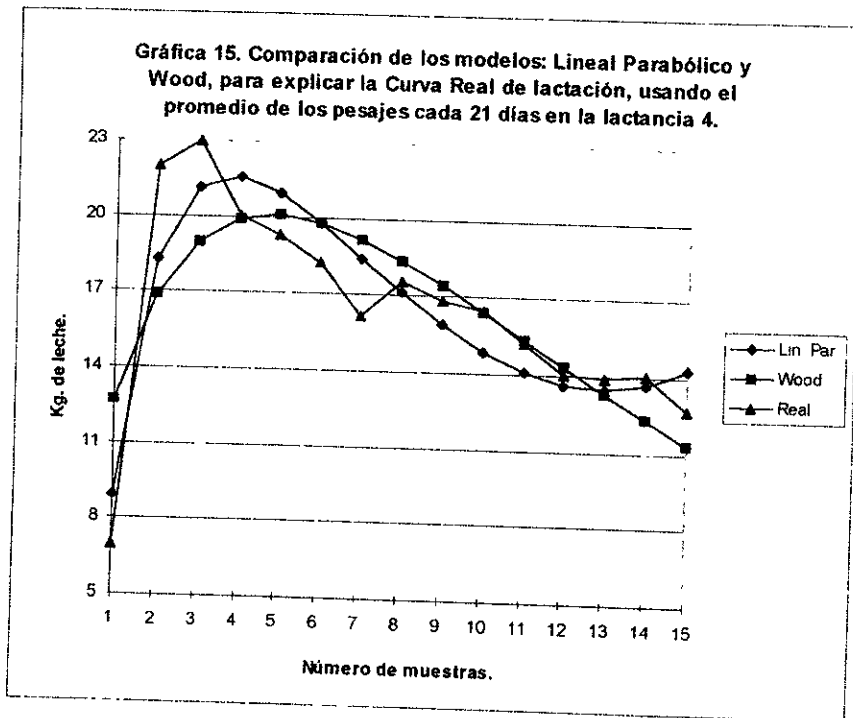
El descenso de la Curva Real tiene altibajos muy marcados, por lo que los 2 modelos no lo definen con mucha precisión.

Gráfica 14. Lactancia 4 muestreada cada 14 días. En esta gráfica se muestra que el inicio de la lactancia es sobrestimado por los 2 modelos, pues el modelo Lineal Parabólico lo hace con 4 Kg y el modelo de Wood por casi 8 Kg. El pico de producción la Curva Real lo presenta a las 2 semanas, el modelo Lineal Parabólico a las 8 semanas subestimándolo 1 Kg y el modelo de Wood de la semana 8 a la 10 calculándolo 3 Kg por debajo del valor Real.



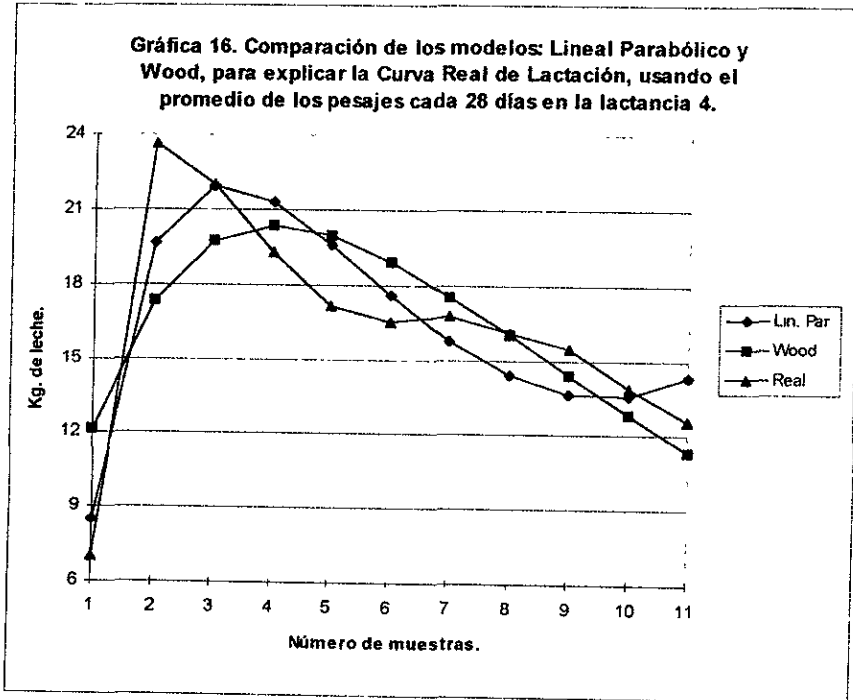
El descenso de la Curva Real es muy variable, y de las tendencias de los modelos al describirla, la figura del modelo Lineal Parabólico es la que se parece más a la de la Curva Real.

Gráfica 15. Aquí se observa que para el muestreo cada 21 días de la lactancia 4, la figura del modelo Lineal Parabólico está más acorde con la de la Curva Real que la figura que describe el modelo de Wood. Al inicio de la lactancia el modelo Lineal Parabólico eleva 2 Kg el valor Real, y el modelo de Wood lo eleva 6 Kg. El pico de producción de la Curva Real se presenta a las 6 semanas, el modelo Lineal Parabólico lo presenta a las 9 semanas y 1.5 Kg menos que el valor Real, y el modelo de Wood lo presenta a las 12 semanas con 3 kg menos que la Curva Real.



El descenso de la curva es mejor seguido en su tendencia por el modelo Lineal Parabólico.

Gráfica 16. Esta gráfica muestra la lactancia 4, muestreada cada 28 días. Se muestra que el inicio de la lactancia del modelo Lineal Parabólico es más cercano al de la Curva Real pues inicia 1 Kg más arriba, y el modelo de Wood inicia 5 Kg por encima del valor Real. La Curva Real presenta el pico de producción a las 4 semanas, el modelo Lineal Parabólico lo muestra a las 8 semanas con un valor menor, y el modelo de Wood a las 12 semanas subestimando aún más el valor Real.



La tendencia del descenso de la curva es mejor descrito por el modelo Lineal Parabólico

El cuadro 2 muestra el cálculo que hacen los 2 modelos en los cuatro diferentes muestreos para las 4 lactancias y los compara con la producción Real a 305 días.

Para el muestreo cada 7 días la lactancia 1 muestra que los 2 modelos sobrestiman la producción total pues el modelo Lineal Parabólico tiene una diferencia de 13 Kg y el modelo de Wood 32 Kg por encima del valor Real. Para la lactancia 2 ambos modelos la sobrestiman, el modelo Lineal Parabólico 1 Kg y el modelo de Wood 12 Kg más que el valor Real. En la lactancia 3 también hay una sobrestimación de la producción Real ya que el modelo Lineal Parabólico da 4 Kg y el modelo de Wood 16 Kg por arriba del valor Real. Para la lactancia 4 los dos modelos sobrestiman la producción, dando el modelo Lineal Parabólico 38 Kg y el modelo de Wood 49 Kg más que el valor Real.

Para el muestreo de 14 días la lactancia 1 muestra que los dos modelos sobrestiman la producción total, pues el modelo Lineal Parabólico tiene 2 Kg y el modelo de Wood 4 Kg arriba del valor Real. En la lactancia 2 el modelo Lineal Parabólico subestima la producción total por 24 kg y el modelo de Wood la subestima con 18 Kg. Para la lactancia 3 el modelo Lineal Parabólico subestima la producción total 15 Kg mientras que el modelo de Wood la subestima 10 Kg. La lactancia 4 da una subestimación de la producción total de 32 Kg para el modelo Lineal Parabólico y de 29 Kg por el modelo de Wood.

En el muestreo cada 21 días la lactancia 1 muestra que el modelo Lineal Parabólico subestima la producción total por 16 Kg y que el modelo de Wood subestima 13 Kg el valor Real. En la lactancia 2 se muestra que los modelos subestiman la producción total, dando el modelo Lineal Parabólico 2 Kg, y el modelo de Wood 3 Kg por debajo del valor Real. Para la lactancia 3 el modelo Lineal Parabólico sobrestima la producción total con 34 Kg y el modelo de Wood hace lo mismo por 32 Kg. La lactancia 4 en este muestreo presenta una subestimación de los 2 modelos dando el modelo Lineal Parabólico un déficit de 45 Kg con respecto a la producción total, y el modelo de Wood 42 Kg por debajo del valor Real.

Para el muestreo cada 28 días en la lactancia 1 se ve que el modelo Lineal Parabólico subestima el valor Real por 32 Kg, mientras que el modelo de Wood lo subestima 31 Kg. Para la lactancia 2, ambos modelos subestiman la producción total, el modelo Lineal Parabólico lo hace dando 13 Kg por debajo del valor Real, y el modelo de Wood da 11 Kg menos de la producción total. En la lactancia 3 el modelo Lineal Parabólico

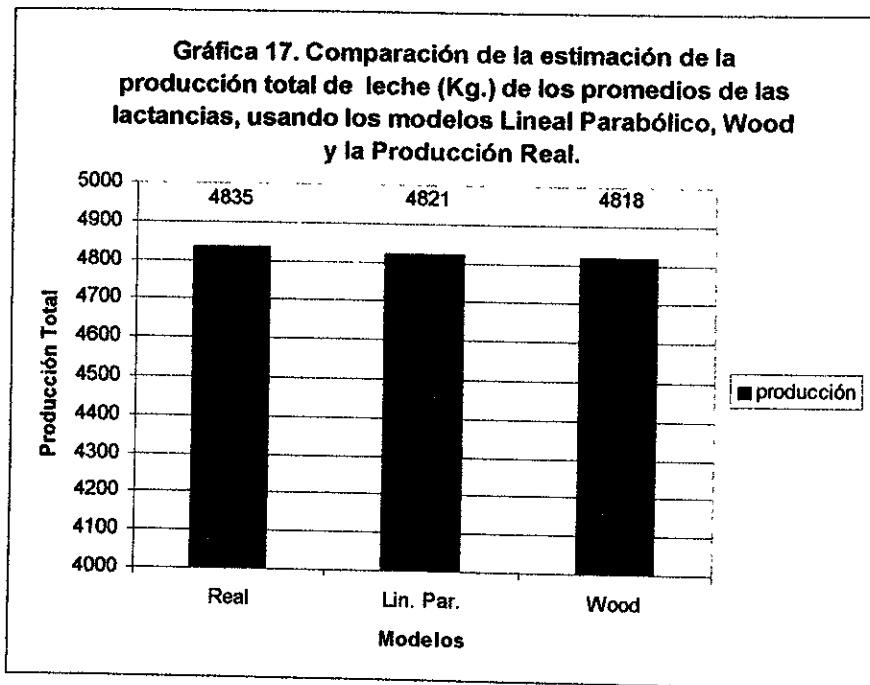
sobrestima la producción total por 40 kg, mientras el modelo de Wood la subestima 101 Kg. abajo del valor Real. La lactancia 4 muestra una marcada subestimación de la producción total por los dos modelos, pues mientras que el modelo Lineal Parabólico calcula 167 Kg menos del valor Real, el modelo de Wood predice 162 Kg por debajo del mismo

Cuadro 2 Ajuste de la producción total de leche a 305 días para los modelos Lineal Parabólico y Wood comparados con la producción real.

Muestreo	Lactancia	Lineal	Wood	Real 305 días
7	1	4449,5	4468,8	4436,0
7	2	4682,2	4693,1	4681,0
7	3	5005,1	5017,7	5001,3
7	4	5257,2	5268,8	5219,5
14	1	4437,9	4440,4	4436,0
14	2	4657,4	4663,0	4681,0
14	3	4986,4	4991,4	5001,3
14	4	5187,2	5190,8	5219,5
21	1	4520,3	4523,8	4436,0
21	2	4679,8	4678,7	4681,0
21	3	5035,5	5033,5	5001,3
21	4	5174,1	5177,4	5219,5
28	1	4404,3	4405,1	4436,0
28	2	4568,7	4570,8	4681,0
28	3	5041,6	4900,3	5001,3
28	4	5052,7	5057,9	5219,5

De todo esto se puede precisar, que si bien ambos modelos, en lo general, tienden a estimar en forma eficiente la producción total de leche, y que en el muestreo cada 7 días en todas las lactancias el modelo Lineal Parabólico fué mejor, en el muestreo cada 28 días lo es el modelo de Wood, a excepción de la lactancia 3, donde el modelo Lineal Parabólico fué más eficiente. Sin embargo, al considerar las desviaciones de cada estimación respecto a la producción Real, tanto las sobrestimaciones, como las subestimaciones, el modelo Lineal Parabólico confirma lo ya discutido para las gráficas 1 a 16, mismo que se refleja en la gráfica 17.

Gráfica 17. Aquí se muestra la comparación de la producción total de leche en Kilogramos, a partir del promedio de las lactancias, utilizando los modelos Lineal Parabólico, Wood y la producción Real. La producción Real es de 4835 Kg, el modelo Lineal Parabólico calcula la producción en 4821 Kg., 14 Kg. menos que el real. El modelo de Wood calcula la producción en 4818 Kg., 17 Kg. menos que la producción Real y 3 Kg. menos que el modelo Lineal Parabólico.



La comparación de las estimaciones hechas por los modelos Lineal Parabólico y Wood, para determinar la producción total de leche, da como resultado que el modelo Lineal Parabólico la estima mejor que el modelo de Wood. Lo que confirma que el modelo Lineal Parabólico es mejor que el modelo de Wood.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados que arrojó el presente trabajo los modelos Lineal Parabólico y Wood (gamma incompleto) son capaces de ajustar la curva de lactación del hato lechero de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, en las diferentes lactancias e intervalos de lactación.
- La comparación entre los modelos matemáticos que se utilizaron para ajustar la curva de lactación del ganado Holstein Friesian del módulo de producción láctea de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, muestra que el modelo Lineal Parabólico resulta ser mejor que el modelo de Wood al compararlo con la producción Real, ya que el primero muestra el más alto coeficiente de determinación (R^2), el menor número de iteraciones para ajustar el modelo, así como el menor cuadrado medio de error (CME), y la menor desviación de la producción total, ya que mientras el modelo Lineal Parabólico se desvia subestimando la producción total con 14 Kg. el modelo de Wood lo hace subestimando la producción Real por 17 Kg.

BIBLIOGRAFIA

- Abubakar, B.Y. ; Buvanendran, V. 1981. Lactation curves of friesian- Bunaji crosses in Nigeria. *Livestock Production Science*, 8: 11-19.
- Acosta, J. J. L. 1992. Uso de método Flecha Centro para estimar la producción de leche de vacas a diferentes intervalos de medición en el altiplano mexicano Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México, México.
- Aguado, S J. y Aguirre, C.M 1986. Manual sobre ganado productor de leche. 1a. edición, Editorial DIANA, México, D.F.
- Aguilar, R. C. 1993. Comparación de 3 modelos matemáticos para el ajuste de curvas de lactancia en bovinos lecheros Holstein. Tesis de Licenciatura.Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM Cuautitlán Izcalli, México, México.
- Alonso, M.J 1988 Lotus 123. 2a. edición, Editorial Paraninfo, Madrid, España.
- Avila, T S 1984 Producción intensiva del ganado lechero. 1a. edición, Editorial CECSA, México, D.F.
- Bone, J. F. 1983. Fisiología y anatomía animal. 1a. edición, Editorial El Manual Moderno, México, D.F
- Colin, T.W. 1984. Lactación de la vaca lechera. 1a. edición, Editorial CECSA
- Congleton Jr, W.R. y Everett, R.W. 1980. Application of the incomplet Gamma funtion to predict cumulative milk production. *Journal Dairy Science* 63. 109-119
- Cuninham, J G. 1994. Fisiología Veterinaria. 1a edición en español, Editorial Interamericana - McGraw Hill, México D.F.

- Daniel, W. W. 1979. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud 1a reimpresión, Editorial LIMUSA.
- Ensminger, M.E. 1971. Dairy Cattle Science. 1a edición, The interstate.
- Etgen, W. M. y Reaves, P. M. 1990. Ganado lechero alimentación y administración. 1a edición, 2a. reimpresión. Editorial LIMUSA. México.
- Guerrero, M. S. 1991. Ajuste de lactancias por el modelo de Wood en vacas Holstein del módulo lechero de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM. Cuautitlán Izcalli, México, México.
- Judkins, H. F. y Keener, H. A. 1983 La leche, su producción y procesos industriales. 10a impresión, Editorial CECSA. México
- Lasley, J. F. 1972. Genetics of livestock improvement. Second edition, Prentice-Hall, inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- López, B. B. 1995. Estimación de parámetros genéticos que caracterizan el modelo matemático que mejor explica la curva de lactación en vacas F1 holstein-cebú en la zona subtropical Tesis de Maestría. Universidad de Colima, Colima, Colima, México.
- Malhotra, P.K. , Singh, R.P. , Singh, R.N. 1980. Estimating lactation curve in Karan-Swiss cattle. Indian Journal of Animal Science. 50 (10): 799-804.
- Masselin, S. , Sauvant, D. , Chapoutot, P. y Milan, D. 1987. Les modeles d'ajustement des courbes de lactation. Ann. Zootech., 36 (2): 171-206.
- Menchaca, M.A. 1981. Comparación de métodos de estimación e intervalos de muestreo en la predicción de la producción de leche en la etapa de lactancia. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas., 15: 1-8.

- Menchaca, M A. y Ruíz, R. 1987. Una nota sobre la representación algebraica del peso vivo y el consumo en la lactancia de vacas lecheras. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas., 21: 1-4.
- Navarro, R F. 1985. La genética animal más allá del rancho. I.C.y T. , 7:21-24
- O'Conor, L.K. , Lipton, S. 1960. The effect of various sampling intervals on the estimation milk yield and composition Journal Dairy Research. 27: 389-398.
- Pascual, F. 1997. Excel para windows 95. Alfaomega Grupo Editorial. México.
- Perochon-L. , Coulon-J.B. , Lescourret-F. 1996 Modelling lactation curves of dairy cows with emphasis on individual variability. Animal-Science. 63: 2, 189-200
- Reaves, P. M. , Henderson, H.O. 1969 La vaca lechera, alimentación y crianza. 2a. edición en Español de la 5a. edición en Inglés, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México.
- Ringuélet, R. , Alvarado, R. , Conci, C. , Friedel, H. 1971. El mundo de los animales, Vol. III. Editorial Abril - Noguer - Rizzoli - Larousse, Buenos Aires.
- Santos, M. A. 1987. Leche y sus derivados. 1a. edición, Editorial Trillas, México
- Schmidt, G.H. , Van Vleck, Z.D. 1988 Principles of dairy science. 2a. edición, Editorial Prentice Hall, New Jersey, EUA.
- Schneeberger, M. 1981. Inheritance of lactation curve in swiss brown cattle. Journal Dairy Science 64: 485-483.
- Singh, B. , Bhat, P.N 1978 Some factors affecting the lactation curve in Haryana cattle Indian Journal Animal Science. 48 (10). 716-719.

**ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of lactation curve in cattle. *Nature London*. 216: 164-165.

- Wood, P.D.P. 1969. Factor affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Animal Production*. Vol. II, Pt. 3 307-316.