



FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLÁN

FALLA DE ORIGEN

*Ajuste de lactancias por el modelo de
"Wood" en vacas Holstein del módulo
lechero de la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán UNAM*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Médico Veterinario Zootecnista

P R E S E N T A:

GUERRERO MENDOZA SIXTO

DIRECTOR DE TESIS:
M. C. BENTITO LOPEZ BAÑOS



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

	Página
Resumen.....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	16
Hipótesis.....	17
Materiales y Métodos.....	18
Resultados.....	23
Discusión.....	39
Conclusión.....	43
Bibliografía.....	44

RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron los registros de producción láctea del módulo de bovinos productores de leche del Departamento de Producción Animal perteneciente a la División de Ciencias Agropecuarias. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4.

Se utilizaron 57 lactaciones de vacas Holstein Friesian registradas entre los años de 1984 a 1989 con producciones diarias y lactaciones completas.

El modelo $Y_n = A n^b e^{-cn}$ propuesto por Wood (donde A, b y c son constantes, e es la base de los logaritmos naturales y Y_n es el promedio de producción en el n-ésimo día de lactación) fue utilizado para ajustar y estimar los parámetros de la curva de lactación con un método de regresión lineal después de una transformación logarítmica de la fórmula. Lograndose así obtener la producción total a 305 días, la producción máxima al pico, las semanas al pico de producción y el factor de persistencia de la curva, propuesto por Wood.

Adicionalmente se obtuvieron las constantes de regresión para muestreos de 7, 14, 21 y 28 días de lactancia.

Encontrandose que la producción total estimada a 305 días utilizando las constantes generadas por los muestreos (diario, 7, 14, 21 y 28 días) no mostraron diferencias significativas a un nivel de 0.01.

Concluyendo que el modelo matemático de Wood es útil para estimar la producción total en la lactancia de vacas, aun mostrando la producción láctea cada 28 días.

INTRODUCCION

La leche constituye el alimento más perfecto que la naturaleza pudo concebir para la adecuada nutrición del recién nacido en aquellas especies pertenecientes a la clase de los mamíferos (1,7). Además, este alimento es tan noble, que es posible desarrollar satisfactoriamente animales de una especie con leche proveniente de otras especies, tal es el caso por ejemplo del ser humano, en donde los bebés son alimentados con leche de vaca (1,23).

La leche proporciona los nutrientes básicos de la manera más balanceada. Un hombre adulto que obtiene 1000 calorías diarias a partir de la leche satisface también 2.7 veces más proteína de lo que necesita, casi toda la vitamina A, un exceso de vitamina B₁ y B₂, y cuatro veces más calcio. La deficiencia más severa que se puede tener al consumir leche sería la de hierro, por lo que es necesario que los individuos consumiendo altos niveles de leche reciban suplementaciones de hierro, especialmente bebés (1,23).

La necesidad biológica de producción de leche para alimentar a las crías, ha sido aprovechada por el hombre quien a través de la implementación de conocimientos de genética, de fisiología y de la nutrición, ha logrado desarrollar especies como el ganado bovino productor de leche, cuya producción es de cantidades muy

superiores a las necesarias para satisfacer la demanda del recién nacido, y hacer de este producto un nutriente indispensable de la dieta humana diaria (1).

En México la industria lechera ha sido una de las actividades económicas más importantes que incluye desde explotaciones de ganado lechero en diversos grados de desarrollo tecnológico, hasta grandes industrias para pasteurizar y elaborar derivados lácteos (10).

Las opiniones contrarias de algunos autores respecto a la situación de la industria lechera, no deja claro como ha evolucionado dicha empresa en la década pasada, tales autores mencionan:

Que la producción primaria de leche está en crisis (15,1), pues se ha visto que entre 1980 y 1988 la producción láctea en el país cayó un 10% a causa de la baja rentabilidad a que condujeron las erráticas políticas de precios, de fomento y de importaciones (21). Mismas causas hasta hace poco provocaron el fracaso, de los programas de fomento lechero.

Por otro lado mencionan que en el año de 1980 las importaciones representaron el 23% de la oferta total de leche, y éstas han disminuido, ya que en términos generales se estima que la producción nacional de leche de 1981-1987 abasteció en un 85% el consumo total, cubriéndose el 15% restante con las importaciones de leche en polvo (Ver Cuadro 1.2), (10).

Cuadro 1.2 Producción Nacional e importación de leche en México.

Año	Prod. nal. (m.l.)	Import. de leche en polvo (m.t.)	Importación eq. lt leche (m.l.)	D. T. L. (m.l.)
1980	6741.5	194.6	1946	8188.4
1981	6856.4	133.2	1332	8188.4
1982	6932.6	97.4	974	7906.6
1983	9768.4	87.2	872	7640.4
1984	6860.0	104.0	1040	7900.0
1985	7110.0	134.0	1340	8450.0
1986	7388.0	123.0	1230	8618.0
1987	7618.0	135.0	1350	8968.0

Prod. nal. = Producción nacional
D.T.L. = Disponibilidad Total de Leche
m.l. = millones de litros
m.t. = millones de toneladas
Fuente (10).

Los sistemas de producción de leche en México, se pueden clasificar por su grado de intensificación en: intensivas, semintensivas y extensivas. Aunque para fines prácticos y con la idea de estratificar las explotaciones, existen tres tipos de producción:

1. La lechería especializada.- Altamente tecnificada, representada por 1,850 explotaciones, con un tamaño de hato promedio de 230 vientres y con un rango de 100 a 3,000 vientres por hato. Este tipo se ubica en el Altiplano Central, Bajío, Altiplano Norte y Noroeste; en distritos de riego por bombeo, ubicados en climas templados, áridos y semiáridos. Este tipo de lechería produce un 25% de la producción nacional y contribuye con más del 80% de la leche pasteurizada que se consume en las grandes ciudades; estos productores reportan lactancias superiores a 5,000 litros por vaca por año, intervalo entre partos de 14 meses y utilizan inseminación artificial en un 70% (10,21).

2. La lechería familiar.- Caracterizada por pequeñas explotaciones que fluctúan entre 3 y 30 vacas, este tipo de productores utilizan sistemas tradicionales de producción (10, 21).

Se calcula que en este tipo de explotaciones existen más de 100,000 pequeños productores ejidatarios, comuneros y

minifundistas que cuentan con 500,000 cabezas de ganado especializado y 1,549,000 cabezas de ganado doble propósito. Este tipo de lechería tienen producciones individuales de 2,500 litros por lactancia, presentan un intervalo entre partos de 16 meses y normalmente utilizan la monta directa. Se calcula que estos productores representan el 35% de la producción nacional de leche que se expende básicamente como leche bronca y sin ningún control sanitario (10, 21).

3. La lechería tropical.- Basadas en explotaciones de ganado bovino para carne, donde la producción de leche es una actividad secundaria, caracterizada por la ordeña estacional de un 10% de los vientres recién paridos que muestran mayor temperamento lechero; se calcula que se ordeñan 2.7 millones de vacas (con 40 vacas en promedio por hato) las cuales producen un 40% de la producción nacional en más de 120,000 explotaciones ganaderas ubicadas en el trópico húmedo y trópico seco. Con un promedio calculado en 610-700 litros por vaca por año, con un intervalo entre partos superiores a 17 meses (10,21).

Es necesario que en estos sistemas de producción animal deban contar con un método que les permita conocer la eficiencia con que funcionan a cada momento. A éste se le denomina sistema de registro y control, con forme al cual se registran los datos de producción de cada animal (19).

El análisis de esta información conduce a un control de la

eficiencia de la empresa y permite la corrección oportuna de las fallas detectadas (19).

Este sistema es particularmente útil para un programa genético ya que para alcanzar un desarrollo trascendente en este campo se debe conocer en detalle la producción. Tales datos se usan para seleccionar los mejores animales y para conocer el grado de éxito del mejoramiento genético.

De hecho, la implantación de un sistema de registro y control casi siempre es motivado para el inicio de un programa genético. En el ganado lechero el mejoramiento será más rápido si se cuenta con registros lácteos con los cuales basarse para hacer el juicio de selección más adecuado (10).

Mediante estos registros es posible estudiar el comportamiento de la lactancia, la cual es el resultado de la acción conjunta de las hormonas hipofisarias anteriores (Prolactina, ACTH, TSH, STH) sobre las células mamarias y de las hipofisarias posteriores (Oxitocina) sobre las células mioepiteliales que envuelven a los alveolos y pequeños conductos (14). Aunque también influye el estímulo mecánico directo a través de nervios sensoriales y no debe descartarse el efecto de éste estímulo sobre el "descenso de leche" (6,23).

El crecimiento de tejido lácteo depende por lo menos de dos hormonas: estrógenos del folículo de Graaf y progesterona del cuerpo lúteo. Durante la preñez la constante secreción de progesterona causan el desarrollo del tejido glandular de las

mamas (1,6,14). Y cuando las concentraciones de estas hormonas cambian en el parto (o después de una ovariectomía, o por la extirpación del útero grávido que da por resultado la involución del cuerpo lúteo), se produce lactogénesis (14). La glándula mamaria está preparada hormonalmente para la lactopoyesis entre las 72 y las 24 horas antes del parto (25).

La hipófisis es tan esencial para el mantenimiento de la lactación como para iniciar la secreción de leche y los mecanismos hormonales que intervienen que son muy similares. La continua producción de prolactina es esencial durante todo el periodo de lactación, como lo son también la hormona del crecimiento, la ACTH y la TSH. La aplicación regular del estímulo de succión mantiene la secreción de prolactina en un alto nivel, junto con las otras hormonas galactopoyéticas secretadas por la hipófisis, las cuales participan en el mantenimiento de la lactación (14).

En general la producción de leche se inicia a un índice relativamente alto y la cantidad secretada sigue aumentando durante 3-6 semanas (5,13). Luego de llegar al punto máximo, la producción de leche disminuye en forma gradual hasta que la vaca queda seca (4,5,13), por lo regular después de 10-12 meses (13).

El índice de reducción se denomina comúnmente persistencia (2), es decir el grado en que se mantiene la cantidad de leche secretada a medida que avanza la lactación (11,33).

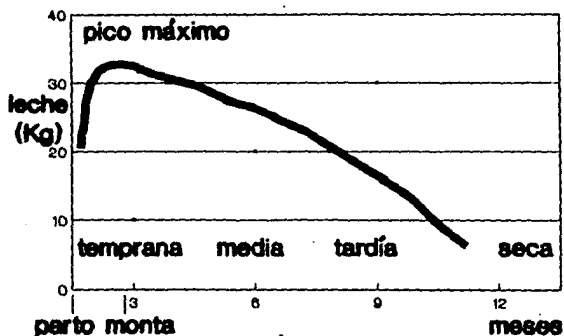
Algunas vacas muestran una producción máxima entre el primero y el tercer mes, seguida de una caída rápida. En cambio otras mantienen uniformemente su producción a lo largo de la lactación se dice que estas vacas "sostienen su leche". Este último tipo es más interesante económicamente; pero no es totalmente cierto que se trate de un carácter individual, pues la persistencia de la secreción láctea parece estar muy influida por las condiciones del medio (2,26).

Las características de las curvas de producción y composición pueden variar en su nivel, pendiente y posiciones de máximo y mínimo, pero siguen en general, la marcha indicada; no obstante algunos factores pueden modificarlos como la edad, los individuos y las condiciones externas, principalmente la alimentación. Las enfermedades de las mamas tienen evidentemente influencia en la producción de la leche (2,17,24,27).

La curva es la función del tiempo después del parto que muestra, el nivel general de producción, el pico de la curva y la velocidad de incremento de ese pico y su velocidad de declive (7). Esta se ha dividido en cuatro períodos: Lactación temprana desde el parto hasta el inicio del declive después del pico máximo (por lo general a las doce semanas), una lactación media que cubre la fase de declive gradual (12-30 semanas), una lactación tardía la cual generalmente empieza durante el tiempo de la pendiente de declive de la curva (la que coincide del

quinto al sexto mes de la gestación) y continúa hasta el término (30-44 semanas) y el período seco el cual de ordinario tiene una duración de 30-60 días después de finalizada la lactancia (7). Dicha curva puede observarse en la figura siguiente:

curva de lactación



Quadro 2.2

Las curvas promedio de la lactación para vacas ordeñadas a máquina pueden describirse bastante bien mediante el uso de una ecuación matemática (7,8).

Wood en sus primeros resultados (1967, 1969) y en trabajos posteriores (28,29,30,31) sugiere el uso de la función Gamma incompleta para predecir la producción de leche.

Como ya se mencionó la curva de lactación incrementa rápidamente del parto al pico de producción, seguido por un declive más o menos gradual hasta que el animal es secado alrededor de los 10 meses. Esto es esencialmente una curva tipo Gamma, y puede ser representada generalmente por la función:

$$Y_n = A n^b e^{-cn}$$

Donde:

Y_n es el promedio diario de producción en el n-ésimo día de lactación.

A, b y c son constantes y

e es la base de los logaritmos naturales (26,27,30).

Wood (1969) obtuvo la expresión algebraica de la curva de lactancia que la representa satisfactoriamente y que es utilizada en diversas aplicaciones tales como extensión de registros parciales, pronóstico de comportamiento productivo de rebaños, etc. (18). La estimación de la lactancia, permite al productor identificar el potencial de las vacas altas productoras, tomando

decisiones tempranas de elección y anticipando requerimientos de comida (8).

La estimación de los parámetros por la función Gamma incompleta puede ser por técnicas no lineales. Sin embargo, si la función Gamma incompleta es usada rutinariamente para predecir la producción de leche de un gran número de animales, la velocidad del cálculo podría ser un factor limitante. Los parámetros de la función Gamma incompleta pueden ser obtenidos en un menor tiempo de cálculo por regresión lineal después de la transformación logarítmica de la fórmula (8). El modelo lineal obtenido es:

$$\ln(Y_n) = \ln(A) + b \ln(n) - cn$$

Donde:

\ln = logaritmo natural base e.

Una vez determinadas las constantes es posible determinar la producción total, el promedio de producción diario en el periodo de tiempo n , extender registros, y otros datos de la curva que se pueden obtener fácilmente del modelo.

Para comparar los rendimientos de distintas vacas, una de las primeras cosas que se deben hacer es situar el rendimiento sobre una base estandar, con el fin de que tenga el mismo significado para todos, se puede normalizar sobre tres bases y será necesario que las producciones se encuentren ajustadas a

estos datos: al número de días de lactación, el número de veces que se ordeña a la vaca cada día, su edad y mes del año al parir (4,5).

Duración de la lactación. La duración estándar aceptada para un registro de lactaciones es de 305 días (en promedio una vaca ordeñada por 10 meses tendría un total de 305 días de lactación). Cuando las vacas se ordeñan durante más de 305 días, se considera como de lactancia completa. En algunos casos las vacas no se ordeñan durante los 305 días completos. Estas lactancias parciales se denominan "incompletas", se ha desarrollado factores para proyectar lactancias incompletas a la base de 305 días. Para proyectar un registro incompleto se multiplica el rendimiento que tuvo hasta el momento que concluyó su registro por el factor que corresponde al número de días en que se ordeño la vaca (4,5,16).

Número de ordeños al día. Los registros se normalizan sobre la base de dos ordeños diarios lo que se indica por lo común como "2X". Para la mayoría de las lactancias no se requiere ningún ajuste puesto que casi todas las vacas se ordeñas dos veces al día (4,5,11,16).

Edad y mes del año del parto. El tercer ajuste para normalizar los registros de la lactancia es el que tomo en consideración la edad y mes del año en el que se produjo el parto. Los registros se han normalizado tradicionalmente hasta

una base de equivalencia de madurez (ME). La interpretación correcta de un registro de equivalencia de madurez es: La cantidad de leche o los componentes que la misma vaca hubiera producido en caso de haber parido en un mes ambientalmente promedio y tuviera una edad madura (5). Esto significa que los registros son ajustados a una edad en la cual las vacas de la raza muestran su producción máxima (16). El valor obtenido no indica la cantidad de leche que dará cuando la vaca sea adulta, sino nos dice una estimación de la producción de la vaca si hubiera sido adulta en las condiciones las cuales produjo (24).

El ajuste de los registros para esos factores haría la selección más efectiva, pues así se tendría mayor seguridad de que los animales fueron superiores en virtud de la herencia. Los ajustes de los registros para estas variables son necesarios para lograr comparaciones más válidas tanto de los machos como de las hembras en los programas de selección y mejora de los hatos (16).

Por lo cual es importante la estimación de las curvas de producción láctea, pues estas son representativas de la calidad de una vaca, observando su persistencia láctea y calidad genética y así tomar decisiones en la evaluación de la eficiencia individual que determine que vacas son económicamente rentables en la explotación.

OBJETIVOS

- a. Probar el modelo de "Wood" (función Gamma incompleta) como un modelo matemático útil en el ajuste de curvas de lactación.
- b. Proponer este modelo para su uso en el módulo lechero de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4.

HIPOTESIS

La producción láctea promedio del ganado Holstein Friesian, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, puede ser ajustado por el modelo de Wood (Función Gamma Incompleta).

MATERIALES Y METODOS

Material:

El presente trabajo se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, campo 4 (FES-C). Localizada geográficamente en el municipio de Cuautitlán, Estado de México, a $99^{\circ} 10.7'$ Longitud Oeste, $19^{\circ} 40.1'$ Latitud Norte. A una altura de 2240 mt. sobre el nivel del mar (22).

Número de animales:

La FES-Cuautitlán cuenta actualmente con 162 semovientes Holstein Friesian, en un sistema de explotación intensivo y una alimentación a base de heno de alfalfa, heno de avena y ensilado de maíz.

Registros:

Se utilizaron 57 lactancias completas con registros diarios de producción, comprendidas entre los años de 1984 a 1989, del módulo de bovinos productores de leche del Departamento de Producción Animal perteneciente a la División de Ciencias Agropecuarias. Campo 4 FES-Cuautitlán. Los cuales contienen información adicional como: Identificación de la vaca, identificación de la madre, identificación del padre, número de

lactancia, fecha de parto, sexo de la cría, inicio de la lactación y término de la lactación.

Método:

La información obtenida se capturó con la ayuda del paquete Lotus 1 2 3 versión 2.0 (3), en diskettes de 5.25", posteriormente dicha información se procesó utilizando el paquete estadístico NWA STATPAK versión 3.1 (20).

Se obtuvieron los promedios de producción de leche en cada pesaje diario para aplicar los métodos descritos por Wood (26), con lo cual se obtuvieron los valores de los parámetros del modelo para obtener las curvas ajustadas (26,27,28,29).

La fórmula propuesta por Wood es:

$$Y_n = A n^b e^{-cn} \quad (1)$$

Donde:

Y_n es el promedio diario de producción en el n -ésimo día de lactación.

A , b y c son constantes y

e es la base de los logaritmos naturales (26,27,28).

El modelo descrito (no lineal) se transformó en uno de tipo lineal:

$$\ln(Y_n) = \ln(A) + b \ln(n) - cn \quad (2)$$

Donde:

\ln = logaritmo natural base e.

A, b y c descritas anteriormente.

De esta forma se puede determinar las constantes por un método de regresión múltiple y así las nuevas constantes pueden ser sujetas a un análisis estadístico convencional (20).

Adicionalmente se calcularon las constantes de regresión del modelo de Wood para muestreos cada 7, 14, 21 y 28 días de lactación obtenidas del promedio diario de producción (8,30).

Apartir del modelo se obtuvieron los valores para A, b y c para cada período de muestreo arriba mencionados con los que se pudieron determinar la producción promedio al n-ésimo día de lactancia con la fórmula 1, se estimó además la producción a 305 días que esta dada por:

$$Y = a \left\{ n^b e^{-cn} \right.$$

Las semanas al pico de producción que ocurre donde:

$$n = b/c$$

y el pico máximo de producción con

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

La extensión para que el pico de producción sea mantenido o un factor de "persistencia" propuesto por Wood (26,28,29,30,31,32), está representado por:

$$S = c^{-(b+1)}.$$

Posteriormente se procedió a hacer el análisis de varianza entre la producción real y la estimada a diferentes intervalos de muestreo.

Para hacer dicho análisis se formaron 4 grupos con los datos. El primer grupo comprende la producción real con muestreos cada 7 días, la producción estimada cada 7 días utilizando constantes a partir de la producción diaria y la producción estimada cada 7 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 7 días.

El segundo grupo comprende la producción real con muestreos cada 14 días, la producción estimada cada 14 días utilizando

constantes a partir de la producción diaria, la producción estimada cada 14 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 7 días y la producción estimada cada 14 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 14 días.

El grupo tres comprende la producción real con muestreos cada 21 días, la producción estimada cada 21 días utilizando constantes a partir de la producción diaria, la producción estimada cada 21 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 7 días y la producción estimada cada 21 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 21 días.

El grupo cuatro comprende la producción real con muestreos cada 28 días, la producción estimada cada 28 días utilizando constantes a partir de la producción diaria, la producción estimada cada 28 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 7 días, la producción estimada cada 28 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 14 días y la producción estimada cada 28 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 28 días.

Además se obtuvieron algunas medidas estadísticas como media aritmética, desviación estandar, varianza, error estandar y coeficiente de variación para cada uno de los cuatro grupos. Se graficaron las curvas de lactancia con los datos reales de los promedios diarios de producción a 305 días y con los valores obtenidos con el modelo matemático de Wood, trazando así la curva ajustada.

RESULTADOS

Se obtuvieron los promedios generales de 57 lactancias con mediciones diarias, su media aritmética, desviación estandar, varianza, error estandar, coeficiente de variación y la suma total de las mediciones, que pueden verse en el cuadro 1. Apartir de los promedios se obtuvieron las constantes de regresión (A, b y c) con el modelo de Wood a diferentes intervalos de muestreo comenzando con mediciones diarias, cada 7, 14, 21 y 28 días de lactancia (cuadro 2).

En los cuadros del 3 al 12 se muestran otros resultados como son: algunos valores obtenidos con las constantes a diferentes intervalos (cuadro 3); la media aritmética, desviación estandar y otras medidas estadísticas para cada una de las estimaciones a diferentes intervalos (cuadros 4, 6, 8 y 10); los análisis de varianza para la producción real y las diferentes estimaciones (cuadros 5, 7, 9 y 11); además de los valores observados y obtenidos con el modelo de Wood a diferentes intervalos (cuadro 12).

En las gráficas 1 y 2 pueden observarse las curvas de lactancia obtenidas con los promedios diarios reales de las 57 lactancias, y la curva ajustada con los valores del modelo de Wood, respectivamente. Además ambas curvas se muestran superpuestas en la gráfica 3.

Cuadro 1. Estadística General del hato bovino lechero
 utilizando 57 lactancias completas.

La.	N	SUM.	MAX.	MIN.	M.A.	D.E.	Var.	E.E.	C.V.(%)
		(Kg)							
57	305	4332.6	19.1	10.0	14.2	2.384	5.66	0.1365	16.787

La. = Lactancias
 N = Número de Mediciones
 SUM = Suma Total
 MAX. = Valor Máximo
 MIN. = Valor Mínimo
 M.A. = Media Aritmética
 D.E. = Desviación Estandar
 Var. = Varianza
 E.E. = Error Estandar
 C.V. = Coeficiente de Variación

Cuadro 2. Constantes estimadas para el modelo de Wood
a diferentes intervalos de muestreo.

M	A	E.E.	B	E.E.	C	E.E.
Di.	13.6377	0.017003	0.09362	0.005029	0.002723	0.000055
C/7	13.3537	0.046461	0.20681	0.028757	0.024301	0.001970
C/14	12.8053	0.057013	0.35679	0.054250	0.061178	0.006868
C/21	13.1211	0.069056	0.46119	0.089560	0.102355	0.015660
C/28	13.4310	0.070725	0.66153	0.123228	0.169792	0.027584

A, b y c = constantes
M = Muestreo
Di. = Diario
E.E. = Error Estandar
C/7, 14, 21 y 28 días

Cuadro 3. Estimaciones obtenidas con las constantes del modelo de Wood a diferentes intervalos de muestreo.

Muestreo	Días al pico de producción	Producción máxima al pico	Índice de persistencia	Prod. Total estimada. a 305 d.
Datos observados	31.5	18.3	--	4332.6
Diario	34.3	17.2	638.3	4328.6
C/7 d.	59.5	16.9	621.3	4345.6
C/14 d.	81.6	16.8	620.1	4337.2
C/21 d.	94.6	16.5	586.9	4353.3
C/28 d.	109.0	17.0	532.9	4340.0

Cuadro 4. Valores estimados con muestreos cada 7 días
(grupo 1).

Muestra grupo 1	N	M.A.	D.E.	E.E.	P.T.E.
a	43	14.2	2.426	0.3699	4284.7
b	43	14.2	2.302	0.3511	4279.8
c	43	14.1	2.244	0.3423	4253.9

N. = Número de mediciones
M.A. = Media Aritmética
D.E. = Desviación estándar
E.E. = Error estándar
P.T.E. = Producción Total Estimada

Grupo 1 = a- Producción real con muestreos cada 7 días.
b- Producción estimada cada 7 días utilizando constantes a partir de la producción diaria.
c- Producción estimada cada 7 días utilizando constantes a partir de muestreos cada 7 días.

Cuadro 5. Analisis de varianza para
el grupo 1.

A N D E V A

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	R.V.
Tratamiento	2	0.2578125	0.12890663	0.02383074
Residuo	126	681.5645	5.409242	
Total	--	681.8223	--	

(P<0.01)

S.C. = Suma de cuadrados
G.L. = Grados de libertad
C.M. = Cuadrado medio
R.V. = Razón de Varianza

Grupo 1 = -Producción real con muestreos cada 7 días.
-Producción estimada cada 7 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
-Producción estimada cada 7 días utilizando constantes
a partir de muestreos cada 7 días.

Cuadro 6. Valores estimados con muestreos cada 14 días.
(Grupo 2).

Muestra Grupo 2	N	M.A.	D.E.	E.E.	P.T.E.
d	21	14.3	2.414	0.5269	300.4
e	21	14.3	2.230	0.4867	301.0
f	21	14.2	2.156	0.4705	299.3
g	21	14.1	2.284	0.4985	296.2

N. = Número de mediciones
M.A. = Media Aritmética
D.E. = Desviación estándar
E.E. = Error estándar
P.T.E. = Producción Total Estimada

Grupo 2 = d- Producción real con muestreos cada 14 días.
e- Producción estimada cada 14 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
f- Producción estimada cada 14 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 7 días.
g- Producción estimada cada 14 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 14 días.

Cuadro 7. Analisis de varianza para
el grupo 2.

A N D E V A

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	R.V.
Tratamiento	3	0.6542969	0.218099	0.0421937
Residuo	80	413.5195	5.168994	
Total	--	414.1738	--	

(P<0.01)

S.C. = Suma de cuadrados
G.L. = Grados de libertad
C.M. = Cuadrado medio
R.V. = Razón de Varianza

Grupo 2 = - Producción real con muestreos cada 14 días.
- Producción estimada cada 14 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
- Producción estimada cada 14 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 7 días.
- Producción estimada cada 14 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 14 días.

Cuadro 8. Valores estimados con muestreos cada 21 días.

(Grupo 3).

Muestra Grupo 3	N	M.A.	D.E.	E.E.	P.T.E.
h	15	13.8	2.611	0.6741	208.1
i	15	14.1	2.293	0.5922	211.8
j	15	14.0	2.258	0.5832	210.8
k	15	13.8	2.253	0.5818	207.3

N. = Número de mediciones
M.A. = Media Aritmética
D.E. = Desviación estandar
E.E. = Error estandar
P.T.E. = Producción Total Estimada

Grupo 3 = h- Producción real con muestreos cada 21 días.
i- Producción estimada cada 21 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
j- Producción estimada cada 21 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 7 días.
k- Producción estimada cada 21 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 21 días.

Cuadro 9. Analisis de varianza para
el grupo 3.

A N D E V A

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	R.V.
Tratamiento	3	0.9179688	0.3059896	0.05498575
Residuo	56	311.6338	5.564889	
Total	--	312.5518	--	

(P<0.01)

S.C. = Suma de cuadrados
G.L. = Grados de libertad
C.M. = Cuadrado medio
R.V. = Razón de Varianza

Grupo 3 = - Producción real con muestreos cada 21 días.
- Producción estimada cada 21 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
- Producción estimada cada 21 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 7 días.
- Producción estimada cada 21 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 21 días.

Cuadro 10. Valores estimados con muestreos cada 28 días
(Grupo 4).

Muestra Grupo 4.	N	M.A.	D.E.	E.E.	P.T.E.
l	11	14.1	2.785	0.8397	155.6
m	11	14.2	2.220	0.6694	156.4
n	11	14.1	2.183	0.6582	155.6
ñ	11	14.0	2.238	0.6749	155.0
o	11	14.1	2.471	0.7450	155.1

N. = Número de mediciones
M.A. = Media Aritmética
D.E. = Desviación estándar
E.E. = Error estándar
P.T.E. = Producción Total Estimada

Grupo 4 = l- Producción real con muestreos cada 28 días.
m- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
n- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 7 días.
ñ- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 14 días.
o- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 28 días.

Cuadro 11. Analisis de varianza para
el grupo 4.

A N D E V A

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	R.V.
Tratamiento	4	0.1123047	0.02807617	0.004913606
Residuo	50	285.6983	5.713965	
Total	--	285.8106	--	

($P < 0.01$)

S.C. = Suma de cuadrados
G.L. = Grados de libertad
C.M. = Cuadrado medio
R.V. = Razón de Varianza

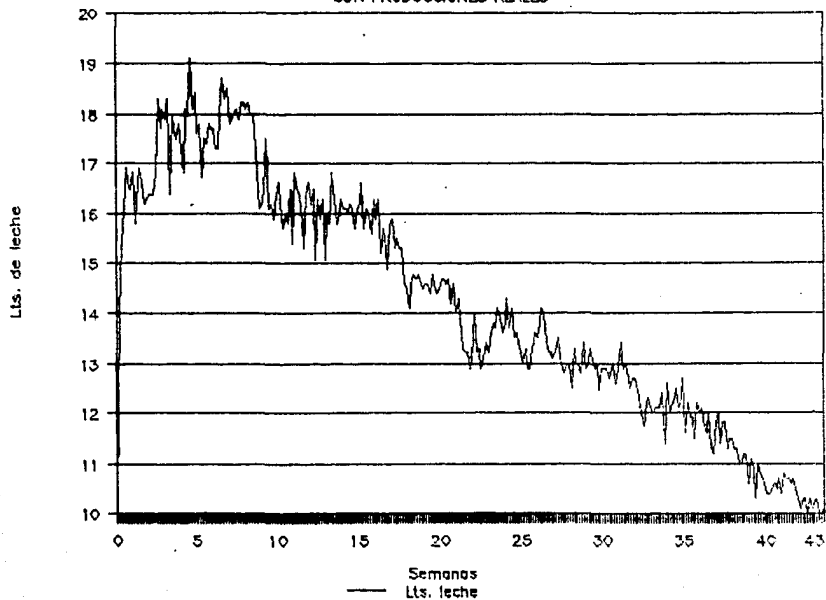
Grupo 4 = 1- Producción real con muestreos cada 28 días.
m- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de la producción diaria.
n- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 7 días.
ñ- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 14 días.
o- Producción estimada cada 28 días utilizando
constantes a partir de muestreos cada 28 días.

Cuadro 12. Producción real y estimada con el modelo de Wood a diferentes intervalos de muestreo.

Prod. Real Cada 7 d.	Prod. Estim. C/7 días	Prod. Estim. C/14 días	Prod. Estim. C/21 días	Prod. Estim. C/28 días
10.2	13.0	12.0	11.8	11.3
16.5	14.7			
16.3	15.6	14.5		
18.1	16.1		14.7	
17.8	16.5	15.8		15.1
18.4	16.7			
17.7	16.8	16.4	16.0	
18.5	16.9			
18.2	16.9	16.7		16.7
16.1	16.9		16.5	
16.4	16.8	16.8		
15.4	16.7			
16.6	16.5	16.7	16.5	17.0
15.1	16.4			
16.3	16.2	16.5		
16.1	16.1		16.2	
16.3	15.9	16.2		16.7
15.8	15.7			
14.5	15.5	15.8	15.7	
14.5	15.3			
14.5	15.0	15.4		15.9
14.0	14.8		15.1	
13.1	14.6	14.9		
13.2	14.4			
13.8	14.2	14.4	14.4	14.8
13.2	13.9			
13.5	13.7	13.9		
13.1	13.5		13.6	
13.0	13.2	13.4		13.7
12.9	13.0			
12.9	12.8	12.9	12.9	
12.9	12.6			
12.7	12.3	12.4		12.5
12.1	12.1		12.1	
12.6	11.9	11.9		
12.7	11.7			
12.0	11.5	11.5	11.3	11.3
11.8	11.3			
11.5	11.0	11.0		
10.6	10.8		10.6	
10.5	10.6	10.5		10.1
10.4	10.4			
10.3	10.2	10.0	9.9	
10.2	10.0			
10.1	10.1			

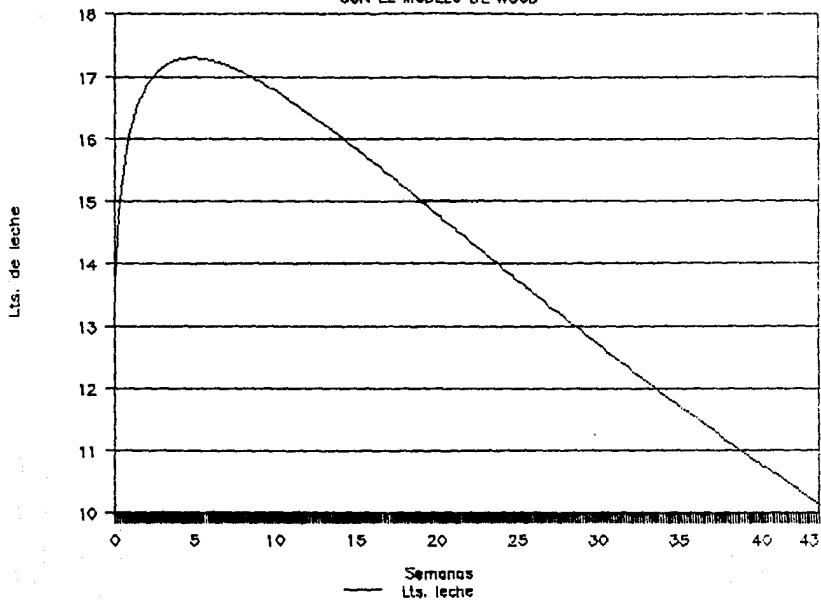
GRAF.1 CURVA NORMAL

CON PRODUCCIONES REALES



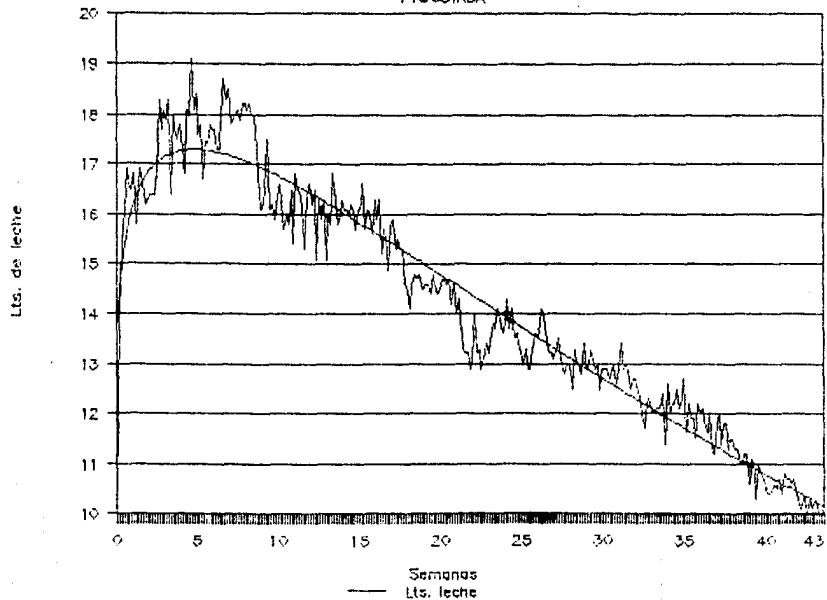
GRAF.2 CURVA AJUSTADA

CON EL MODELO DE WOOD



GRAF.3 CURVA NORMAL

Y AJUSTADA



DISCUSION

En el cuadro 1 se muestra la estadística general del hato en estudio ajustada a 305 días, en ello resalta la producción promedio total hato-vaca de 4332.6 Kg con un promedio diario de 14.2 Kg . Estos valores concuerdan con el rendimiento general de los hatos especializados en producción de leche para nuestro país (12).

En el cuadro 2 se presentan las constantes estimadas del modelo de Wood a diferentes intervalos de muestreo así como el error estandar correspondiente para cada constante, como puede notarse la constante A tiene valores entre sí muy cercanos y no así las constantes b y c mismas que son muy desiguales. Esto puede explicarse por lo que representan cada una en el modelo de regresión lineal; mientras que para A, Wood menciona que se encuentra relacionada con el promedio general de la producción diaria al principio de la lactancia (26). Mismas que varían por los períodos de muestreo que se utilizaron, sin embargo el período de muestreo diario concuerda con las constantes del trabajo de Yañes (34).

En el cuadro 3 se presentan algunas estimaciones a partir del modelo de Wood que pueden ser de interés en una curva de lactancia, como son: el número de días en el que se alcanza el punto máximo de producción (pico), la producción máximo al pico, el índice de persistencia propuesto por Wood (26,28,29) y la

producción total estimada a 305 días de lactancia. Como podrá notarse los datos al que se alcanza el pico máximo de producción varían significativamente dependiendo del muestreo. En este trabajo el número de días real en el que se observa el pico fue a los 31.5 días, siendo la producción máxima de 18.3 litros y una producción total de 4332.6 litros en promedio.

La producción máxima al pico como puede observarse no muestra variaciones significativas al igual que el índice de persistencia y la producción total estimada donde la variación máxima de la producción total a los 21 días fue de 20.7 Kg. siendo esta diferencia no significativa a un nivel alfa de 0.01. Lo que hace al modelo de Wood consistente en la estimación total de leche a 305 días, aun muestreando cada 28 días. Lo mismo puede decirse para la producción máxima al pico y para el índice de persistencia. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Conngleton (8).

Sin embargo es necesario señalar que las variaciones obtenidas para el número de días al pico, solo concuerdan los muestreos diario, 7 y 14 días con la bibliografía revisada (4,5,23). Y que puede observarse que mientras el real fue a los 31.5 días éste fue aumentando conforme el período de muestreo fue mayor hasta obtener 109 con muestreos cada 28 días.

En el cuadro 4 y 5 se muestran los valores estimados para muestreos cada 7 días comparados con la producción real

observada. En el cuadro 4 se consideran las constantes estimadas con muestreos diarios y cada 7 días como puede notarse la media aritmética y la producción total estimada no varía significativamente con respecto a la real mismo que se corrobora en el cuadro 5 con el análisis de varianza.

En el cuadro 6 y 7 se presentan los valores estimados para muestreos cada 14 días comparados con la producción real observada. En el cuadro 6 se consideran las constantes estimadas con muestreos diarios, cada 7 y 14 días, como puede notarse la media aritmética y la producción total estimada no varía significativamente con respecto a la real mismo que se corrobora en el cuadro 7 con el análisis de varianza.

En el cuadro 8 y 9 se presentan los valores estimados para muestreos cada 21 días comparados con la producción real observada. En el cuadro 8 se consideran las constantes estimadas con muestreos diarios, cada 7 y 21 días, como puede notarse la media aritmética y la producción total estimada no varía significativamente con respecto a la real mismo que se corrobora en el cuadro 9 con el análisis de varianza.

En el cuadro 10 y 11 se presentan los valores estimados para muestreos cada 28 días comparados con la producción real observada. En el cuadro 10 se consideran las constantes estimadas con muestreos diarios, cada 7, 14 y 28 días, como puede notarse la media aritmética y la producción total estimada no

varía significativamente con respecto a la real, mismo que se corrobora en el cuadro 11 con el análisis de varianza.

En el cuadro 12 se presentan la producción real y la estimada a diferentes intervalos de muestreo, información que fue utilizada y discutida en los cuadros 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

En la gráfica 1 se muestra la curva con los valores reales de la producción diaria a 305 días, donde puede observarse la variación de los datos y su declive en el transcurso de la lactacia.

En la gráfica 2 se observa la curva ajustada con el modelo de Wood a 305 días tomando las mediciones diarias reales promedio de producción láctea, en ésta se puede observar de una mejor manera algunas características de la curva de lactancia, como son pico de producción (17.2 lts.), los días al pico de producción (4.6 semanas) y la persistencia dada por la pendiente de declive.

En la gráfica 3 se muestran las dos curvas arriba mencionadas, superpuestas, de tal manera que se puede observar como se ajustan los datos reales al modelo propuesto por Wood.

CONCLUSIONES

- Al hacer las estimaciones de la producción total de leche a 305 días con el modelo matemático de Wood, se encontró que no hubo significancia estadística ($P > 0.01$) en los cinco métodos de muestreo empleados (diario, 7, 14, 21 y 28 días de lactancia).

- El número de días estimado por el modelo de Wood al que se presenta el pico en la curva de lactación varía dependiendo del intervalo de muestreo siendo el real de 31.5 días y de 109 para el muestreo cada 28 días.

- Dado que no hubo diferencias significativas entre la producción total estimada a diferentes intervalos de tiempo. El muestreo cada 28 días resulta ser el más práctico.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguado, B.J. y Aguirre, C.M.: Manual sobre ganado productor de leche.
1a ed. Editorial DIANA, Méx. D.F., 1986.
2. Alis, Ch.: Ciencia de la leche, principios de técnica lechera.
4a ed. Editorial Reverte, Barcelona España, 1985.
3. Alonso, M.J.: Lotus 123.
2a ed. Editorial PARANINFO, Madrid, España., 1988.
4. Avila, T.S.: Producción intensiva de ganado lechero.
1a ed. Editorial CECSA, Méx. D.F. 1984.
5. Appelman, R.D: Ganado lechero, principios, prácticas y problemas y beneficios.
2a ed. Editorial Interamericana, Méx. D.F., 1982.
6. Bone, J.F.: Fisiología y anatomía animal.
1a ed. Editorial El Manual Moderno, Méx. D.F., 1983.
7. Colin, T.W.: Lactación de la vaca lechera.
1a ed. Editorial CECSA, 1984.
8. Congleton, W.R. and Everett, R.W.: Application of the incomplete gamma function to predict cumulative milk production.
J. Dairy Sci., 63:109-119 (1980).
9. Congleton, W.R. and Everett, R.W.: Error and bias in using the incomplete gamma function to describe lactation curves.
J. Dairy Sci., 63:101-108 (1980).

10. Cuevas, D.S.: Situación y perspectivas de la producción intensiva de leche.
Memorias del seminario internacional sobre producción intensiva de leche, La comarca lagunera, México, 1987. p15-51
Editorial Banco de México, México (1988).
11. Davis, R.F.: La vaca lechera su cuidado y explotación.
5a ed. Editorial LIMUSA, 1977.
12. Estadística de ganado especializado y no especializado.
SARH. Comisión Nacional para el Fomento de la Producción y del Aprovechamiento de la Leche (CONAFOPALE). 1987.
13. Etgen, W.M. and Reave, P.M.: Ganado lechero, alimentación y administración.
1a ed. Editorial LIMUSA, 1985.
14. Frandson, R.D.: Anatomía y fisiología de los animales domésticos.
3a. ed. Editorial Interamericana, Méx. D.F., 1986.
15. Granillo, V.B.: La ganadería hoy.
I.C. y I., 7:17-19 (1985).
16. Lasley, J.F.: Genética del mejoramiento del ganado.
1a ed. Editorial WTEHA, Méx. D.F., 1982.
17. Mehto, L., Kaushik, S.N. and Koul, G.L.: Influence of various factors on components of gamma-type function of lactation curve in hariana cross-breds.
Indian J. Anim. Sci., 50:538-541 (1980).

18. Menchaca, M.A.: Corrección por sesgo en el método de Wood para la estimación de la producción de leche en la lactancia completa.
Rev. Cubana Cienc. Agríc., 14:105-109 (1980).
19. Navarro, R.F.: La genética animal más allá del rancho.
I.C. y I.L., 7:21-24 (1985).
20. NWA STATPAK. Versión 3.1. Editorial Northwest Analytical, Inc., Portland Oregon, 1984.
21. Rosales, J.: Nuevo programa lechero para reactivar la producción.
Gaceta UNAM., 2515:12-14 (1990).
22. Síntesis, Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de México.
1a ed. INEGI, México, D.F., 1981.
23. Schmidt, G.H. and Van Vleck, Z.D.: Principles of Dairy Science.
2a. ed. Editorial Prentice Hall, New Jersey EUA., 1988.
24. Schneeberger, M.: Inheritance of lactation curve in swiss brown cattle.
J. Dairy Sci., 64:475-483 (1981).
25. Swan, H.: Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción.
1a ed. Editorial AGI Editor, S.A., Méx. D.F., 1983.
26. Wood, P.D.P.: Algebraic model of lactation curve in cattle.
Nature London., 216:164-165 (1967).

27. Wood, P.D.P.: Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle.
Anim. Prod., 11:307-316 (1969).
28. Wood, P.D.P.: A note on the repeatability of parameters of the lactation curve in cattle.
Anim. Prod., 12:535 (1970).
29. Wood, P.D.P.: A note on seasonal fluctuation in milk production.
Anim. Prod., 15:89 (1972).
30. Wood, P.D.P.: A note on the estimation of total lactation yield from production on a single day.
Anim. Prod., 19:393 (1974).
31. Wood, P.D.P.: Algebraic models of the lactation curves for milk, fat, and protein production, with estimates of seasonal variation.
Anim. Prod., 22:35 (1976).
32. Wood, P.D.P.: A note on the lactation curves of some high-yielding British Friesian cows.
Anim. Prod., 30:299 (1980).
33. Wood, P.D.P.: Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency.
Anim. Prod., 31:133-141 (1980).

34. **Yañes, M.E.:** Efecto del número del parto, época de parto y nivel de producción en el hato, sobre la curva de lactancia de vacas Holstein en explotación intensiva. Tesis de Licenciatura.

Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM. México, D.F., 1987.