

Universidad Autónoma Chapingo

Departamento de Zootecnia

Chapingo, México

✓ “INDICE DE SELECCION EN RETROSPECTO PARA
GANADO BOVINO PRODUCTOR DE LECHE”

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener
el Grado de Maestro en Ciencias en

Producción Animal

(Area: Mejoramiento Animal)

presenta

JAVIER ROSALES ALDAY

Bajo la supervisión de:

Ph. D. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN



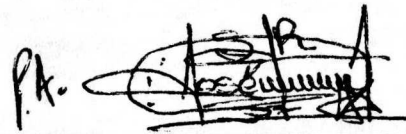
1989

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN.
FUE REVISADA POR EL JURADO EXAMINADOR Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA LA OBTENCION DEL GRADO:

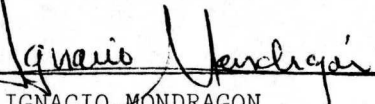
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCION ANIMAL

JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE:


DR. ASSEFAW TEWOLDE MEDHIN

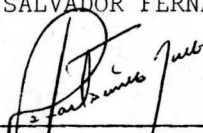
SECRETARIO:


DR. IGNACIO MONDRAGON

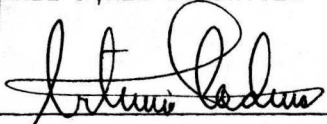
VOCAL:


DR. SALVADOR FERNANDEZ RIVERA

SUPLENTE:


M.C. RAFAEL NUÑEZ DOMINGUEZ

SUPLENTE:


M.C. ARTEMIO CADENA MENESES

21538

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
INTRODUCCION	4
REVISION DE LITERATURA	6
1. Mejoramiento animal	6
2. Progreso genético logrado y esperado	7
3. Tendencias genéticas	8
4. Índice de selección en retrospecto	10
MATERIAL Y METODOS	13
1. Información utilizada	13
2. Análisis estadístico	14
3. Corrección a efectos fijos	15
4. Estimación de tendencias	16
5. Varianza de los estimadores	18
6. Índice de selección en retrospecto	18
RESULTADOS Y DISCUSION	21
1. Análisis fenotípico	21
2. Estimación de tendencias fenotípicas	23
3. Estimación de la tendencia fenotípica más la mitad de la tendencia genética	24
4. Estimación de la tendencia genética	24
5. Índice de selección en retrospecto	26
CONCLUSIONES	29
LITERATURA CITADA	30

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1.	Análisis de varianza para la producción de leche a 305 días	39
CUADRO 2.	Promedios ajustados por cuadrados mínimos para producción de leche de acuerdo a zona, mes y año de parto	40
CUADRO 3.	Análisis de varianza para la desviación a zona, hato y época, de producción de leche	41
CUADRO 4.	Promedios y constantes estimados por cuadrados mínimos para la desviación a zona, hato y época para producción de leche de acuerdo al año de parto	42
CUADRO 5.	Análisis de varianza para la regresión producción de leche ajustado por zona y época de parto	43
CUADRO 6.	Proporción de sementales usados a través del tiempo	44
FIGURA 1.	Regresión de la producción de leche a través de los años	45

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación Holstein de México A. C., por haber proporcionado la información utilizada en el presente trabajo.

Al Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología, por el apoyo financiero otorgado para la realización del programa de estudio.

A mis profesores de la Maestría.

RESUMEN

Cuatro mil cuatrocientas ochenta lactancias de vacas al primer parto provenientes de 138 hatos inscritos en la Asociación Holstein de México A. C., fueron utilizados con el fin de conocer si ha existido progreso genético para producción total de leche ajustada a 305 días, en las vacas Holstein del país y en su caso, saber a que sexo se le ha dado mayor énfasis. Estos hatos están distribuidos en varios estados de la República Mexicana. Para conocer la importancia de los factores ambientales, se analizó la información con un modelo de efectos fijos que incluyó la zona, hato:zona, año y mes de parto y la interacción zona por año. Todos los factores, excepto zona, resultaron altamente significativos ($P < .01$). Se corrigió a estos efectos y se calculó la tendencia genética como dos veces la diferencia entre el coeficiente de regresión del tiempo sobre la producción de leche y la regresión intrasemental ponderada por el número de hijas, del comportamiento de su progenie sobre el tiempo. El cambio dado por los sementales se calculó como el producto del índice de herencia por el diferencial de selección de los sementales. El cambio dado por las hembras se calculó como la diferencia entre el cambio genético total y el cambio genético de los sementales. La tendencia fenotípica y genética estimadas fueron de 72 y 66 kg de leche por año, respectivamente. Al construir el índice de selección en retrospecto se observó que de este incremento el 16%

estuvo dado por los sementales y el 84% por las hembras. La tendencia genética es alta y positiva, lo cual indica un proceso de selección en el hato nacional, en donde se le ha dado mayor importancia a las hembras, quedando la posibilidad de hacer selección por el lado de los sementales.

INTRODUCCION

La producción intensiva de leche en México se ha basado en la importación de semen, sementales y vaquillas de reemplazo, de calidad genética no probada en el medio local. Por lo que se esperaría una mejora genética del hato nacional, ya que los animales importados provienen de una población donde la base genética es, en promedio, superior a la que se tiene en el país. Si ha sucedido así, el mejoramiento se ha logrado en base a la migración, la cual requiere estar renovando constantemente a la población para sostener el avance de una generación a otra, (Crow y Kimura, 1970; Falconer, 1981).

A nivel nacional los criterios de mejoramiento no están establecidos debido a que el sistema que recopila la información de producción de las vacas lecheras existentes en México no está lo suficientemente extendido para recopilar toda la información generada por las vacas nacionales. Esto limita la estimación de parámetros fenotípicos y genéticos los cuales son útiles en la definición de criterios de mejoramiento. Aunque existen los parámetros estimados en otros países, estos no podrían utilizarse en México por ser de poblaciones diferentes a la que se quiere mejorar (Falconer, 1981; Pirchner, 1983).

En la actualidad se cuenta con la Asociación Holstein de México A. C., la cual lleva el sistema de control de registros de la Asociación para el Mejoramiento del Hato Lechero (DHIA) de los

Estados Unidos, y se estima que lleva los registros de 5% de las vacas Holstein de nuestro país. La información de estos registros podría ser útil para estimar los parámetros necesarios con el propósito de desarrollar programas de mejoramiento genético.

Los estudios que han tratado de describir la población lechera en México, son escasos (Castro, 1971; Talavera et al., 1971; McDowell et al., 1976; Powell y Dickinson, 1977; Cabello y Ruiz, 1980). Además no se ha hecho una evaluación de los cambios en la producción a través del tiempo, por lo que es necesario hacer un estudio en forma retrospectiva para conocer si se ha aplicado selección y la importancia que se les ha dado a las características productivas. Para esto, Dickerson et al., (1954), desarrollaron el procedimiento para construir un índice de selección en retrospecto, el cual sirve para conocer la respuesta a la selección aún cuando no se conozcan los ponderadores económicos (Van Vleck, 1981).

En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fué construir un índice de selección en retrospecto para producción total de leche.

REVISION DE LITERATURA

1. Mejoramiento animal

De los métodos con que se cuenta para el mejoramiento animal, la selección es uno de los más importantes ya que es posibles dirigirla tanto en fuerza como en dirección. Los efectos de este método de mejoramiento han sido demostrados mediante resultados tanto a nivel experimental con animales de laboratorio (Wilson, 1974; Butler *et al.*, 1980; Enfield, 1980; Roberts *et al.*, 1980; Rouvier, 1980; Falconer, 1981; Wang y Dickerson, 1984), como a nivel experimental y comercial con animales dedicados a la producción (Dickerson y Hazel, 1944; Dickerson *et al.*, 1954; Brinks *et al.*, 1965; Nwakalor *et al.*, 1976; Dalton y Baker, 1980; Fairful y Gowe, 1980; McGuirk, 1980; Vangen 1980; Smith, 1983; Frahm *et al.*, 1985).

En las poblaciones de bovinos lecheros se ha logrado un avance genético considerable en la producción de leche, al utilizar en forma intensiva la inseminación artificial con sementales superiores (Allaire y Henderson, 1966 b; Hickman, 1971; McCraw *et al.*, 1978; Hillers, 1984; Powell y Norman, 1984; McMahon *et al.*, 1985).

La selección consiste en agrupar a los animales en dos clases, los que son desechados de acuerdo a un criterio establecido y los que permanecen en el hato para el siguiente

ciclo productivo o los que servirán como reproductores para la siguiente generación. El productor decide que animales son seleccionados. Esta selección puede hacerse en forma objetiva utilizando metodologías establecidas o mediante criterios subjetivos de selección (Alberro, 1974; Congleton y King, 1985). Al respecto, Hazel y Lush (1942) mencionaron que el índice de selección es el procedimiento más eficiente cuando se hace selección para varias características. Van Vleck (1981) sugirió utilizarlo cuando se tienen mediciones repetidas en el animal.

2. Progreso genético logrado y esperado

La efectividad de la selección está dada en términos del mejoramiento por unidad de tiempo (Dickerson *et al.*, 1954), y está afectada por diversos factores ambientales que influyen sobre la producción de leche, entre los que se encuentran los efectos de hato, zona, año, estación y edad de la vaca al parto (Bereskin y Freeman, 1975; Gacula *et al.*, 1968; Mao *et al.*, 1979). Para estos factores es necesario generar factores de corrección que permitan una mejor evaluación de los animales.

Van Vleck (1976) menciona que en el ganado lechero no existen tantos problemas para evaluar el progreso genético teórico y compararlo con el realizado, ya que la característica principal es la producción de leche y en este caso se tienen definidos los objetivos y se tienen procedimientos eficientes de evaluación. Sin

embargo, el progreso logrado por selección ha sido menor al que se esperaba teóricamente, ya que se le ha dado un mayor énfasis a características no productivas, como tipo, pero que tienen relación con la vida productiva del animal.

También se ha dado mayor énfasis a la última lactancia de las vacas, y este trato preferencial puede estar sesgando la evaluación de reproductores, incrementando así el intervalo entre generaciones. Otra razón que mencionó Van Vleck (1976), es que se le ha dado menor énfasis a la intensidad de selección de toros para producir vacas y toros para producir toros, los cuales son los mejores caminos para lograr un máximo incremento genético.

Sin embargo, cuando se ha estimado el progreso genético en estaciones experimentales, se ha observado que la selección es efectiva (Hickman, 1971; Richardson *et al.*, 1979; Pearson *et al.*, 1980; Meland *et al.*, 1982), ya que existe un mejor control de los factores ambientales y no hay criterios subjetivos que interfieran con la selección.

3. Tendencias genéticas

Una de las formas para medir los cambios genéticos y que se ha estado utilizando últimamente, es a través de las tendencias, ya que el establecer experimentos con este propósito requiere de un número grande de observaciones y de tiempo

suficiente para tener un estimador confiable, lo cual resulta costoso. También se han utilizado algunos procedimientos como tener una línea con selección divergente (Hill, 1972b), usando una línea control (Hill, 1972a), o usando comparaciones planeadas (Goodwin *et al.*, 1960; Dickerson *et al.*, 1983), pero esto sólo es posible hacerlo con animales de laboratorio o en aves, donde el intervalo entre generaciones es corto.

Van Vleck (1976) hizo una revisión de las tendencias genéticas estimadas y encontró que en 14 años de estudio se ha tenido un incremento de 363 kg anuales tomando en cuenta la tendencia dada por los machos, ya sea utilizándolos en inseminación artificial o con monta directa.

Lee *et al.*, (1985), estimaron la tendencia genética dividiendo el tiempo de estudio en dos periodos. El primero cuando los métodos de evaluación no estaban establecidos y el segundo cuando estos si estaban definidos. Encontraron que en el primer periodo el incremento genético fué mínimo, lográndose mayores avances en el segundo periodo. Además, estos autores separaron el progreso genético causado por los sementales y el causado por las hembras, encontrando que la selección fue más eficaz al aplicarla en los sementales.

4. Índice de selección en retrospecto

Dentro de los índices de selección se cuenta con el índice en retrospecto que se utiliza para comparar la ganancia lograda con la esperada. Los primeros en utilizar esta metodología fueron Dickerson *et al.*, (1954), quienes estimaron los cambios genéticos en características productivas en líneas consanguíneas de cerdos cuando estos fueron sometidos a selección masal y familiar. Encontraron que la respuesta a la selección fue mucho menor a la esperada si todos los criterios de selección fueran aplicados correctamente.

Brinks *et al.*, (1965) utilizaron el mismo método en una población de bovinos para carne consanguíneos, seleccionados por desechos independientes. Ellos calcularon el índice de selección en retrospecto para conocer el énfasis dado a las características ya sea por selección natural o por selección artificial. Además, calcularon el valor esperado del progreso genético para todas las características incluídas en el índice comparándolo con las tendencias que obtuvieron a partir de los mismos datos y encontraron un progreso genético positivo.

Allaire y Henderson (1966a) desarrollaron en forma matricial los procedimientos descritos por Dickerson *et al.*, (1954), para encontrar los ponderadores del índice en retrospecto, además aplicaron este procedimiento a una población de ganado

lechero donde la variable de interés es producción total de leche de la primer a la cuarta lactancia y encontraron que se le dió más importancia a la última lactancia al seleccionar a las vacas.

Allaire y Henderson (1969b) estimaron la eficiencia relativa del índice en retrospecto dividiendo el progreso genético logrado entre el esperado y encontraron que la eficiencia disminuye conforme se incrementa el número de lactaciones. Observaron además, que existió una mayor intensidad de selección en los meses de abril a julio, en los hatos con vacas de más alta producción, con un porcentaje mayor de vacas puras y con lactancias cortas. En los hatos con niveles de ingresos mayores y con un mayor número de vacas los criterios de selección fueron más eficientes. Esto posiblemente se debió a un mejor manejo en estos hatos, asociado con una reducción en la frecuencia de desechos involuntarios y con un incremento en la esperanza de vida de las vacas en el hato.

En 1967 Allaire y Henderson, utilizando la misma metodología, hicieron un estudio para las características de tipo y producción de leche concluyendo, que se les dió más énfasis a las características lecheras que a las de tipo, en el momento de selección.

Van Vleck (1969) incluyó información de los familiares dentro del índice, y encontró que se dió mayor énfasis

a la información proporcionada por las medias hermanas paternas, seguidas por la abuela materna y la madre, ya que en ese entonces se daba mayor énfasis a las madres que a los sementales.

MATERIAL Y METODOS

1. Información utilizada

Para la realización del presente trabajo se utilizaron datos de 4480 lactancias de vacas de primer parto, las cuales provenían de 138 hatos inscritos en la Asociación Holstein de México A. C., distribuidos en diversos estados de la República Mexicana.

En estos establos se lleva un sistema intensivo de producción de leche, con vacas registradas en la Asociación. Se les llevan los registros mediante un sistema de control lechero similar al llevado por el DHIA. Se realiza un muestreo mensual de producción de leche para calcular la producción total por lactancia, además de registrarse los eventos reproductivos y la genealogía de cada vaca.

En el presente trabajo, se incluyen lactancias de más de 150 días y menores de 400 días, registradas en los años de 1978 a 1983, considerando solamente los hatos con más de 10 lactancias.

Se incluyeron sementales que tuvieran por lo menos 10 hijas en lactancia y que estuvieran representados al menos, en dos años consecutivos.

Los estados se agruparon en tres zonas, de acuerdo a las condiciones ecológicas. La zona 1 comprendió los estados de

Coahuila, Chihuahua y Durango; la zona 2 comprendió los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán y Querétaro; y la zona 3 comprendió los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala.

2. Análisis estadístico

El procedimiento analítico que se utilizó fué el de cuadrados mínimos (Harvey, 1987). Para determinar la importancia de los factores ambientales sobre la producción de leche a 305 días, se utilizó el modelo de efectos fijos que se describe a continuación:

$$Y_{ijklm} = \mu + Z_i + (H:Z)_{ij} + A_k + M_l + (Z \star A)_{ik} + E_{ijklm}$$

donde,

Y_{ijklm} = Al m -ésimo registro de producción de leche de la vaca que tuvo su m -ésima lactancia ocurrida en el l -ésimo mes del k -ésimo año de parto, en el j -ésimo hato dentro de la i -ésima zona,

μ = A la media común a todas las observaciones,

Z_i = Al efecto fijo de la i -ésima zona ecológica ($i=1, 2, 3$),

$(H:Z)_{ij}$ = Al efecto anidado del j -ésimo hato dentro de la i -ésima zona,

A_k = Al efecto fijo del k -ésimo año de parto ($k=1978, 1979, \dots, 1983$),

M_l = El efecto fijo del l-ésimo mes de parto
($l=1,2,\dots,12$),

$(Z \star A)_{ik}$ = A la interacción zona por año,

E_{ijklm} = Al error aleatorio $NID \sim (0, \sigma_E^2)$.

Se omitieron las demás interacciones por considerarseles de poca importancia biológica. El propósito de este análisis fue ver la necesidad de generar factores de corrección para los efectos que resultaron como fuentes de variación significativa ($P < .05$).

3. Corrección a efectos fijos

En base a los resultados del análisis anterior (Cuadro 1), y dado que mes de parto resultó significativo ($P < .01$) se crearon tres épocas de parto. Los meses de enero, febrero y marzo comprenden la época 1; los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto comprenden la época 2; mientras que los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre comprenden la época 3. Los registros de producción de leche fueron expresados como desviación al promedio de la zona, hato y de la época en la que ocurrieron.

4. Estimación de tendencias

Con el propósito de detectar si efectivamente hubo cambio genético para producción de leche durante el período antes señalado se realizó un análisis de tendencias genéticas, para posteriormente ver en que sexo se enfatizó la selección.

Se utilizó la metodología propuesta por Smith (1962), quien describió dos tipos de estimaciones: incluyendo la regresión intrasemental de la desviación del comportamiento de sus hijas con respecto a sus contemporáneas sobre el tiempo; y otra a partir de las diferencias en medias a través del tiempo. En este trabajo se utilizó el primero, ya que Smith (1962) mencionó que es el más eficiente, a menos que la diferencia entre el promedio de la población y el promedio de los sementales repetidos sea cero al principio y se conozca sin error, condiciones que no se tuvieron en el presente estudio.

Al estimar el cambio genético por medio de regresión, Smith (1962) sugirió la siguiente relación:

$$\Delta G = 2 (b_{PT} - b_{ST})$$

donde,

ΔG = Al cambio genético,

b_{PT} = A la regresión lineal del comportamiento de la población en el tiempo, que estima el cambio fenotípico, el cual puede ser dividido

en cambio ambiental y cambio genético
($\Delta A + \Delta G$) y

b_{ST} = A la regresión ponderada, dentro de cada
semental, del comportamiento de las progenes
medias hermanas paternas nacidas en años
consecutivos, en el tiempo a cual estima el
cambio ambiental a más la mitad del cambio
genético ($\Delta A + \frac{1}{2} \Delta G$).

La regresión, ponderada por el número de hijas dentro de
cada semental, del comportamiento de estas en el tiempo fué
estimada, calculando el coeficiente de regresión ponderado de la
siguiente manera (Damon y Harvey, 1987):

$$b_{ST} = \frac{\sum_{i=1}^S w_i b_i}{\sum_{i=1}^S w_i}$$

donde,

b_{ST} = Al coeficiente de regresión ponderado,

$\sum_{i=1}^S w_i$ = Al i-ésimo ponderador, que es la suma de
de cuadrados para cada uno de los sementales y

b_i = Al i-ésimo coeficiente de regresión dentro de
semental.

Para estimar el cambio genético se multiplicó por 2 la diferencia de los coeficientes de regresión:

$$\begin{aligned} 2(b_{PT} - b_{ST}) &= 2(\Delta A + \Delta G - \Delta A \frac{1}{2} \Delta G) \\ &= 2(\frac{1}{2} \Delta G) \\ &= \Delta G \end{aligned}$$

5. Varianza de los estimadores

La varianza teórica aproximada de $2(b_{PT} - b_{ST})$ fué calculada por Smith (1962) de la siguiente manera:

$$V[2(b_{PT} - b_{ST})] = 4\sigma^2 \left(\frac{1}{N[Y(Y^2 - 1)/12]} + \frac{1}{\sum_s n_s [y(y^2 - 1)/12]} \right)$$

donde,

- σ^2 = A la varianza de producción de leche,
- N = Al número total de registros,
- Y = Al número total de años,
- y = A los años en que el i -ésimo semental estuvo presente, y
- n_s = Al número de registros por año para el s -ésimo semental.

6. Índice de selección en retrospecto

Para conocer si al seleccionar, se ha puesto más énfasis en los sementales o en las hembras, se calculó un índice

de selección en retrospecto. Para esto se obtuvo el diferencial de selección para sementales (DS_s) como el promedio de las diferencias entre el comportamiento medio de las hijas en la subclase semental*año y el comportamiento de todas las hijas en el año en que se utilizó dicho semental.

Para conocer el cambio genético dado por los sementales se utilizó la siguiente relación:

$$\Delta G_s = h^2 (DS_s)$$

donde,

ΔG_s = Al cambio genético debido a la selección de los sementales,

h^2 = Al índice de herencia para producción de leche, estimado por Martínez (1988) con la misma información, y

DS_s = El diferencial de selección dado a los sementales.

Al conocer el cambio genético total y el cambio genético causado por los sementales, por diferencia es posible conocer el cambio dado por las hembras, esto es:

$$\Delta G_H = \Delta G_T - \Delta G_s$$

donde,

ΔG_T = Al cambio genético total, y

ΔG_H = Al cambio genético dado por las hembras.

Por lo que el índice de selección en retrospecto (I), se calculó de la siguiente manera:

$$I = \Delta G_S + \Delta G_H$$

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Análisis fenotípico

En el cuadro 1 se muestra el análisis de varianza para producción de leche, donde se puede apreciar que todos los efectos incluidos en el modelo fueron altamente significativos ($P < .01$) excepto el efecto de zona. Sin embargo, al ser altamente significativo ($P < .01$) el efecto anidado de hato:zona, es necesario seguir conservando zona dentro del modelo. Esto indica la importancia que tienen los efectos ambientales sobre la producción de leche en la primera lactancia y que es necesario corregir a dichos efectos, para poder hacer evaluaciones genéticas más precisas de los animales.

Resultados similares a los encontrados en el presente estudio fueron reportados por Mc Dowell *et al.* (1976), al analizar información de las vacas Holstein de México. A su vez también concuerdan con diversos trabajos reportados en la literatura (Lin y Allaire, 1978; Mao *et al.*, 1979; Croack-Brossman *et al.*, 1982; Tewolde, 1986).

Se puede observar además que la mayor variación en producción de leche está explicada por el mes de parto, siguiéndole el año, hato:zona y la interacción zona*año.

En el cuadro 2 se muestran los promedios de acuerdo a cada uno de los efectos incluidos en el modelo. El promedio general de 5497 ± 162 kg de leche calculado en el presente trabajo, es superior a los 4750 ± 11 kg que encontraron Mc Dowell *et al.*, (1976), al comparar la producción de las hijas nacidas en México, de toros provenientes de Estados Unidos y Canada.

La producción promedio de leche encontrada en el presente trabajo es similar al promedio de 5456 ± 374 kg que presentaron Cabello y Ruiz (1980), quienes hicieron el análisis para el año de 1976, con datos provenientes de la Asociación Holstein de México A. C., con vacas localizadas en las mismas zonas ecológicas definidas en el presente trabajo. Este promedio es inferior a los reportados por Burnside y Legates (1967) y Lin y Allaire (1978) con datos de vacas de los Estados Unidos.

En los meses de enero, febrero, marzo y mayo la producción de leche fué alta, teniendo una disminución en los meses de abril, junio, julio y agosto, e incrementando en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, (cuadro 2). Esta tendencia es diferente a la encontrada por McDowell *et al.*, (1976), quienes observaron una tendencia más estable a través de los meses. En vista de esta tendencia y que además, el efecto de mes fué el que más contribuyó en la variación de la producción de leche (cuadro 1), fué necesario generar las tres épocas de parto descritas anteriormente.

En el cuadro 3 se presenta el análisis de varianza de producción de leche, expresada como desviación del promedio de la zona, hato y época, en donde se incluyó el efecto de año. El efecto de año fué altamente significativo ($P < .01$) sobre la producción de leche, indicando que hubo cambios en los niveles de producción a través de los años.

Las constantes y los promedios para años se muestran en el cuadro 4. Existe una tendencia fenotípica a incrementar la producción de leche conforme avanzan los años excepto en el año de 1980 donde se tiene el promedio más bajo. Además la diferencia entre el último año de estudio y el primero es de 235 kg de leche el cual da un incremento fenotípico promedio de 39 kg por año.

2. Estimación de tendencias fenotípicas

En la figura 1 se muestra la regresión de las constantes sobre los años observándose una tendencia fenotípica positiva. El coeficiente de regresión obtenido nos da un valor de 72 kg de leche por año, dando un incremento de 432 kg de leche durante los 6 años incluidos en el trabajo, con vacas de primer lactancia. El cambio total encontrado aquí es superior al encontrado por Burnside y Legates (1967), quienes muestran un valor de 63 kg de leche por año, pero es inferior a los 120 kg reportados por Meland *et al.* (1982).

3. Estimación de la tendencia fenotípica más la mitad de la tendencia genética.

Esta tendencia se estimó con la regresión ponderada dentro de semental de todos los grupos de medias hermanas paternas, la cual fue de 39 kg de leche por año, valor que está entre los valores de 46, 23, y 37 kg por año que reportan Burnside y Legates (1967), quienes lo calcularon con grupos de medias hermanas, con madres de dos, tres y cuatro años de edad, respectivamente.

4. Estimación de la tendencia genética

De acuerdo al procedimiento descrito por Smith (1962), es necesario hacer la diferencia entre los dos coeficientes de regresión, por lo que el cambio genético es:

$$\Delta G = 2 (b_{PT} - b_{ST})$$

$$= 2 (72 - 39)$$

$$= 66$$

Esto representa un incremento anual de de 1.21% y es superior a las tendencias genéticas reportadas por Burnside y Legates (1967), quienes encontraron valores de 45 y 55 kg por año dependiendo del método utilizado. El primer valor fué calculado de acuerdo a las siguientes diferencias:

$$\Delta G_1 = b_{(\Delta G + \Delta A)} - b_{(\Delta A)}$$

El segundo estimado es similar al usado en el presente trabajo.

$$\Delta G_2 = 2 [b_{(\Delta G + \Delta A)} - b_{(\Delta G/2 + \Delta A)}]$$

Burnside y Legates (1967) encontraron un incremento anual del .48 y .44% dependiendo del método de estimación utilizado, existiendo una concordancia entre los dos métodos.

Van Vleck (1976) publicó tendencias genéticas en un periodo de 14 años y los valores reportados variaron de 19 a 26 kg de leche por año, los que son menores comparados con el estimador del presente trabajo.

Lee et al. (1985) encontraron que las tendencias genéticas de 1960 a 1968 fueron bajas (6 y 3 kg por año), mientras que de 1969 a 1977 éstas fueron altas (100 y 84 kg por año), dependiendo del método de análisis utilizado. El valor de 100 kg por año, que fué calculado al sumar las tendencias de las diferencias predichas de los sementales con el índice de vacas de las madres, es superior al calculado en el presente trabajo.

El error estandar calculado para la tendencia genética por el método descrito por Smith (1962) en este trabajo, fué de 17.69 kg.

5. Índice de selección en retrospecto

El diferencial de selección para sementales obtenido de la manera descrita anteriormente fue de 27 kg y el valor estimado de h^2 fue .42 (Martínez, 1988). En base a esto, el cambio genético debido a la selección de los sementales fue de 11 kg, mientras que el debido a la selección de las hembras fue de de 55 kg.

El índice de selección en retrospecto es:

$$I = 11s + 55h$$

donde

$$s = (S_i - \bar{S})$$

$$h = (H_i - \bar{H})$$

por lo que se puede ver que el mayor progreso genético está dado por las hembras.

Allaire y Henderson (1966b) calcularon el índice de selección en retrospecto para vacas lecheras pero no incluyeron el progreso genético dado por los machos. Estos autores tomaron en cuenta la selección fenotípica y no la selección genética que es la que se tiene al seleccionar hembras como madres de la siguiente generación.

Lee et al. (1985) estimaron las tendencias genéticas para ambos sexos y encontraron que en los Estados Unidos a los sementales se les ha dado más énfasis que a las vacas. Van Vleck (1976) indicó de que el mejor camino para una mayor respuesta es seleccionar machos para producir sementales, siguiéndole la selección de hembras para producir sementales y obteniendo una menor respuesta con la selección de machos para producir hembras y hembras para producir hembras.

Lo anterior se da cuando se tiene un sistema de control de registros y de evaluación de sementales bien establecido, que no es el caso de México, donde la mayoría de las vacas no entran en un control de producción que recopile toda la información generada por estas y en consecuencia no se puede llevar una adecuada prueba de progeñe con sementales seleccionados en el país.

Entre las posibles razones por la cual se le ha dado mayor énfasis a las hembras que a los sementales estan:

El semen de los animales importados pueden ser de sementales jóvenes, los cuales por tener pocas hijas, presentan un coeficiente de repetibilidad bajo.

El precio del semen puede influir también como criterio para la compra de éste, existiendo casos donde se compra el semen

barato lo cual no garantiza que sea de animales sobresalientes para producción de leche.

Existen ganaderos que utilizan dentro de su hato a sementales en monta directa, no existiendo información sobre el comportamiento de sus hijas.

En los años incluídos en el presente trabajo, existió la importación de vientres que, aunque se desconoce el valor genético de estos, pueden ser superiores a los nacionales por provenir de una población con una base genética mayor a la existente en el país.

Los ganaderos tienen forma de evaluar a las vacas en base a su comportamiento productivo, dejando como reemplazos a las hijas de las vacas de mayor producción, que aunque no es el mejor camino de mejoramiento, ha sido aplicado en forma constante.

Los sementales son utilizados con poca frecuencia, ya que como se puede ver en el cuadro 5, el 65 % de los sementales es utilizado dos años o menos, lo cual nos da una constante renovación de estos, lo que sería benéfico, ya que incrementaría la intensidad de selección si ésta fuese llevada a cabo correctamente. Sin embargo, los resultados del presente trabajo indican que la selección de sementales no fue la más adecuada.

CONCLUSIONES

Los factores ambientales que influyen sobre la producción de leche en la primer lactancia son zona, mes de parto y año de parto.

La tendencia genética y ambiental encontrada para los años incluidos en el presente trabajo es y positiva, la cual indica que en los hatos considerados se ha practicado la selección.

El índice de selección en retrospecto indica que al seleccionar para producción de leche se les ha dado mayor énfasis a la hembras que a los sementales.

Los resultados anteriores indican la posibilidad de implementar programas genéticos a nivel nacional para la selección de machos para producir machos y de hembras para producir machos.

LITERATURA CITADA

Alberro, M. 1974. Progeny testing in dairy cattle and the selection of bull calves to raise for breeding stock. In: 1er. Congreso mundial de genética aplicada a la producción animal. Madrid 7-11 octubre 1974.

Allaire, F.R. y C. R. Henderson. 1966a. Selection practiced among dairy cows. I. Single lactation traits. *J. Dairy Sci.* 49:1426.

Allaire, F. R. y C. R. Henderson. 1966b. Selection practiced among dairy cows. II. Total production over a sequence of lactations. *J. Dairy Sci.* 49:1435.

Allaire, F. R. y C. R. Henderson. 1967. Selection practiced among dairy cows. III. Type appraisal and lactation traits. *J. Dairy Sci.* 50:194.

Bereskin, B. y A. E. Freeman. 1975. Genetic and environmental factors in dairy sire evaluation. 1. Effects of herds, months, year-season on variance among lactation records; repeatability and heritability. *J. Dairy Sci.* 48:347.

Brinks, J. S., R. T. Clark y N. M. Kieffer. 1965. Evaluation of response to selection and inbreeding in a closed line of

Herford cattle. Tech. Bull. No. 1323., Agric. Res. Sev.
U. S. D. A.

Burnside, E. B. y J. E. Legates. 1967. Estimation of genetic
trens in dairy cattle population. *J. Anim. Sci.* 50:1448.

Butler, I. Von, H. Willeke. y F. Pirchner. 1980. Preliminary
results on antagonistic selection in mice. In: A.
Robertson (ed.), *Selection Experiments in Laboratory
and a Domestic Animals*. C. A. B. Slough. U.K.

Cabello, F. E. y R. Ruiz D. 1980. Características de productividad
de ganado Holstein Friesian en control de producción
láctea. *Tec. Pec. Méx.* 39:38.

Castro, G. H. 1971. Estimación de parámetros genéticos en un hato
de ganado Holstein. Tesis profesional. Fac. Med. Vet. y
Zootecnia. UNAM. México.

Congleton, W. R. Jr. y L. W. King. 1985. Culling cows on
predicted futured profitability with a variable planning
horizon. *J. Dairy Sci.* 68:2970.

Croack-Brossman, T. G. Martin y W. M. Dillon. 1982. Performance
of daughters of high and average predicted difference
sires. *J. Anim. Sci.* 65:1357.

Crow, J. F. y M. Kimura. 1970. An Introduction to Population Genetics Theory. Harper and Row, New York.

Dalton, D. C. y R. L. Baker. 1980. Selection experiments with beef cattle and sheep. In A. Robertson (ed.), Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals, C. A. B. Slough. U. K.

Damon, R. A. Jr. y W. R. Harvey. 1987. Experimental Design, ANOVA, and Regression. Harper & Row, Publishers, New York.

Dickerson, G. E., C. T. Blunn, A. B. Chapman, R. M. Kottman, J. L. Krider, E. J. Warwick, J. A. Whatley, Jr., M. L. Baker, J. L. Lush y L. M. Winters. 1954. Evaluation of selection in developing inbred lines of swine. Reserch Bull. 551. Univ. of Missouri, Columbia.

Dickerson, G. E. y L. N. Hazel. 1944. Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier culling in livestock. J. Agric. Res. 69:459.

Dickerson, G. E., T. S. Kashya, G. L. Bennett, K. Goodwin y J. A. B. Emsley. 1983. Use of repeated mating to estimate environmental and genetic trends and effects of relaxing selection in a selected strain of Leghorn chickens. Poultry Sci. 62:212.

- Enfield, F. D. 1980. Long term effects of selection: The limits to response. In A. Robertson (ed.), Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals, C.A.B. Slough. U. K.
- Fairful, R. W. y R. S. Gowe. 1980. Feed efficiency in selected and control strain of egg stock under long term selection for a complex of economic traits. In: A. Robertson (ed.), Selection Experimentes in Laboratory and Domestic Animals. C. A. B. Slough, U.K.
- Falconer, D. S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. 2nd (ed.), Longman, London.
- Frahm, R. R., C. G. Nichols y D.S. Buchanan. 1985. Selection for increase weaning or yearling weight in Hereford cattle. I. Measurement of selection applied. *J. Anim. Sci.* 60(6):1373.
- Gacula, M. C., Jr., S. N. Gaunt y R. A. Damon, Jr. 1968. Genetic and environmental parameters of milk constituents for five breeds. I. Effects of herd, year, season, and age of the cow. *J. Dairy Sci.* 51:428.
- Goodwin, K., G. E. Dickerson y W. F. Lamoreaux. 1960. An experimental design for separating genetic and environmental changes in animal population under

selection. In: O. Kempthorne, ed., *Biometrical Genetics*. Pergamon Press, New York.

Harvey, W. R. 1987. User's guide for LSMLMW PC-1 version. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program.

Hazel, L. N. y J. L. Lush. 1942. The efficiency of three methods of selection. *J. Heredity*, 33:339.

Hickman, C. G. 1971. Response to selection of breeding stock for milk solids production. *J. Dairy Sci.* 54:191.

Hill, W. G. 1972a. Estimation of realised heritabilities from selection experiments. I. Divergent selection. *Biometrics*. 28:747.

Hill, W. G. 1972b. Estimation of realised heritabilities from selection experiments. II. Selection in one direction. *Biometrics*. 28:767.

Hillers, J. K. 1984. Sire selection under alternative systems of milk pricing. *J. Dairy Sci.* 64:2629.

Lee, K. L., A. E. Freeman y L. P. Johnson. 1985. Estimation of genetic change in the registered Holstein cattle population. *J. Dairy Sci.* 68:2629.

Lin, C. Y. y F. R. Allaire. 1978. Efficiency of selection on milk yield to a fixed age. *J. Dairy Sci.* 61:489.

Mao, I. L., E. B. Burnside., J. W. Wilton y M. G. Freeman. 1979. Age-month adjustment of Canadian dairy production records. *Can. J. Anim. Sci.* 54:533.

Martínez, H. O. 1988. Efecto del genotipo del feto sobre la producción de leche inmediata de la madre en ganado Holstein-Friesian. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

McCraw, R. L., K. R. Butcher y B. T. McDaniel. 1978. Evaluation of selection of young Holstein sires and its effectiveness relative to sires previously progeny tested. In the seventy-third annual meeting of the American Dairy Science Association, Mich, State Univ. East Lansing.

McDowell, R. E., G. R. Wiggans, J. K. Camuens, L. D. Van Vleck y D. G. St. Louis. 1976. Sire comparisons for Holstein in Mexico versus the United States and Canada. *J. Dairy Sci.* 59:2.

McGuirk, B. 1980. Selection for wool production in Merino sheep. In: A. Robertson (ed.), Selection experiments in laboratory and domestic animals. C. A. B. Slough. U. K.

- McMahon, R. T., R. W. Blake, C. R. Shumway y M. A. Tomaszewski.
1985. Selection of young and proven Holstein artificial
insemination sires to maximize profits from milk. *J.*
Dairy Sci. 68:2303.
- Meland, O. M., R. E. Pearson, J. M. White y W. E. Vinson. 1982.
Response to selection for milk yield in Holstein. *J.*
Dairy Sci. 65:2131.
- Nwakalor, L. N., J. S. Brinks y G. V. Richardson. 1976.
Estimated genetic improvement in weaning weight of beef
cattle. *J. Anim. Sci.* 43:396.
- Pearson, R. E., L. A. Fulton, P. D. Thompson y J. W. Smith. 1980
Three times a day milking during the first half of
lactation. *J. Dairy Sci.* 62:1941.
- Pirchner, F. 1983. Population Genetics in Animal Breeding. Plenum
Press. New York.
- Powell, R. L. y F. M. Dickinson. Performance of U. S.,
Canadian y Mexican bulls and cows in Mexico. *J. Dairy*
Sci., 60(Suppl. 1):132.
- Powell, R. L. y H. D. Norman. 1984. Response within herd to
sire selection. *J. Dairy Sci.* 67:2021.

- Richardson, D. O., E. D. Moore, R. H. Miller y J. R. Owen.
1979. Response to selection for milk yield in Jerseys.
J. Dairy Sci. 64(suppl 1):168.
- Roberts, R. C., E. Yüksel y W. G. Hill. 1980. Selection
efficiency of food conversion in the mouse. In: A.
Robertson (ed.), *Selection Experiments in Laboratory and
Domestic Animals*, C. A. B. Slough. U. K.
- Rouvier, R. 1980. Physiological effects of selection between and
within rabbit strain for meat production, growth and
litter size. In: A. Robertson (ed.), *Selection Experiments
in Laboratory and Domestic Animals*, C. A. B. Slough. U.
K.
- Smith, C. 1962. Estimation of genetic change in farm livestock
using field records. *Anim. Prod.* 4:239.
- Smith, C. 1983. Rates of genetic changes in farm livestock. *Res.
and Develop. in Agric.* 1:79.
- Talavera, J., G. de la Fuente y J. M. Berruecos. 1971. Edad y
causas por las que se desechan en México las vacas
lecheras estabuladas. *Téc. Pec. Méx.* 19:52.
- Tewolde, M. A. 1986. Selección de sementales reproductores en la
explotación de lechería especializada. Presentado en el

seminario sobre mejoramiento genético organizado por la Universidad Nacional, Ministerio de Agricultura y Gtz. San José, Costa Rica. 31 de marzo al 11 de Abril de 1986.

Vangen, O. 1980. Realized genetic parameters in a two-trait selection experiments in pig. In: A. Robertson (ed.), Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals. C. A. B. Slough. U. K.

Van Vleck, L. D. 1969. Relative selection efficiency in retrospect if selected young sires. *J. Dairy Sci.* 52:768.

Van Vleck, L. D. 1976. Theoretical and actual genetic progress in dairy cattle. In: Proc. Int. Conf. Quant. Genetic., Ames Iowa.

Van Vleck, L. D. 1981. Notes on the Theory and Application of Selection Principles for the Genetic Improvement of Animals. Cornell University.

Wang, C. T. y G. E. Dikerson. 1984. Selection for rate and efficiency of lean growth in rats: response to selection and relaxation of selection. *J. Anim. Sci.* 58:831.

Wilson, S. P. 1974. An experimental comparison of individual, family and combination selection. *Genetics.* 74:823.

**CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCION
TOTAL LECHE**

F.V.	g.l.	cuadrado medio ^a
Zona	2	7 718 ^{n. s.}
Hato: Zona (error A)	67	18 906 ^{**}
Mes de parto	11	30 949 ^{**}
Año de parto	5	27 071 ^{**}
Zona*año	10	5 409 ^{**}
Error(B)	4 384	1 759

^a x 10³

n. s. no significativo (P > .05)

** (P < .01).

**CUADRO 2. PROMEDIOS AJUSTADOS POR CUADRADOS
MINIMOS PARA PRODUCCION DE LECHE DE ACUERDO
A ZONA, MES Y AÑO DE PARTO**

Efecto		n	$\bar{x} \pm E.E.$
μ		4 480	5 497 $\pm$ 162
Zona	1	1 294	5 621 $\pm$ 351
	2	2 378	5 407 $\pm$ 176
	3	808	5 463 $\pm$ 297
Mes: Enero		395	5 527 $\pm$ 174
Febrero		452	5 488 $\pm$ 172
Marzo		432	5 521 $\pm$ 173
Abril		343	5 295 $\pm$ 176
Mayo		420	5 504 $\pm$ 174
Junio		398	5 101 $\pm$ 174
Julio		350	5 030 $\pm$ 176
Agosto		280	5 268 $\pm$ 179
Septiembre		332	5 579 $\pm$ 177
Octubre		292	5 830 $\pm$ 178
Noviembre		348	5 765 $\pm$ 175
Diciembre		448	6 052 $\pm$ 172
Año:	1978	141	5 495 $\pm$ 222
	1979	346	5 394 $\pm$ 176
	1980	1 071	5 241 $\pm$ 166
	1981	1 059	5 479 $\pm$ 165
	1982	1 211	5 793 $\pm$ 165
	1983	652	5 577 $\pm$ 170

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA DESVIA-
CION A ZONA, HATO Y EPOCA, DE PRODUCCION TOTAL
LECHE

F.V.	g.l.	Cuadrado medio ^a
$\mu - YM$	1	2 895
Año	6	40 103**
Error	4 468	1 759
Total	4 474	1 801

^a $\times 10^3$

** (P < .01)

CUADRO 4. PROMEDIOS Y CONSTANTES ESTIMADAS POR CUADRADOS MINIMOS PARA LA DESVIACION A ZONA, HATO Y EPOCA PARA PRODUCCION TOTAL DE LECHE DE ACUERDO AL AÑO DE PARTO

Efecto	n	Constante	$\bar{x} \pm E.E.$
μ	4 474	5420	5 420 $\pm$ 26
Año: 1978	141	-128	5 292 $\pm$ 112
1979	344	-43	5 376 $\pm$ 71
1980	1 067	-266	5 154 $\pm$ 40
1981	1 059	18	5 439 $\pm$ 41
1982	1 211	313	5 734 $\pm$ 38
1983	652	106	5 527 $\pm$ 52

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRODUCCION DE LECHE AJUSTADA POR ZONA Y EPOCA DE PARTO

F.V.	g.l.	Cuadrado medio ^a
$\mu - Y_m$	1	-
β	1	102 368**
Error	4 477	1 778
Total	4 479	1 801

^a $\times 10^3$

** (P < .01)

**CUADRO 6. PROPORCION DE SEMENTALES
USADOS A TRAVES DEL TIEMPO**

Años usados	n	%
1	155	37.26
2	117	28.12
3	63	15.14
4	43	10.34
5	25	6.01
6	13	3.13
Total	416	100.00

PRODUCCION DE LECHE (MILES KG)

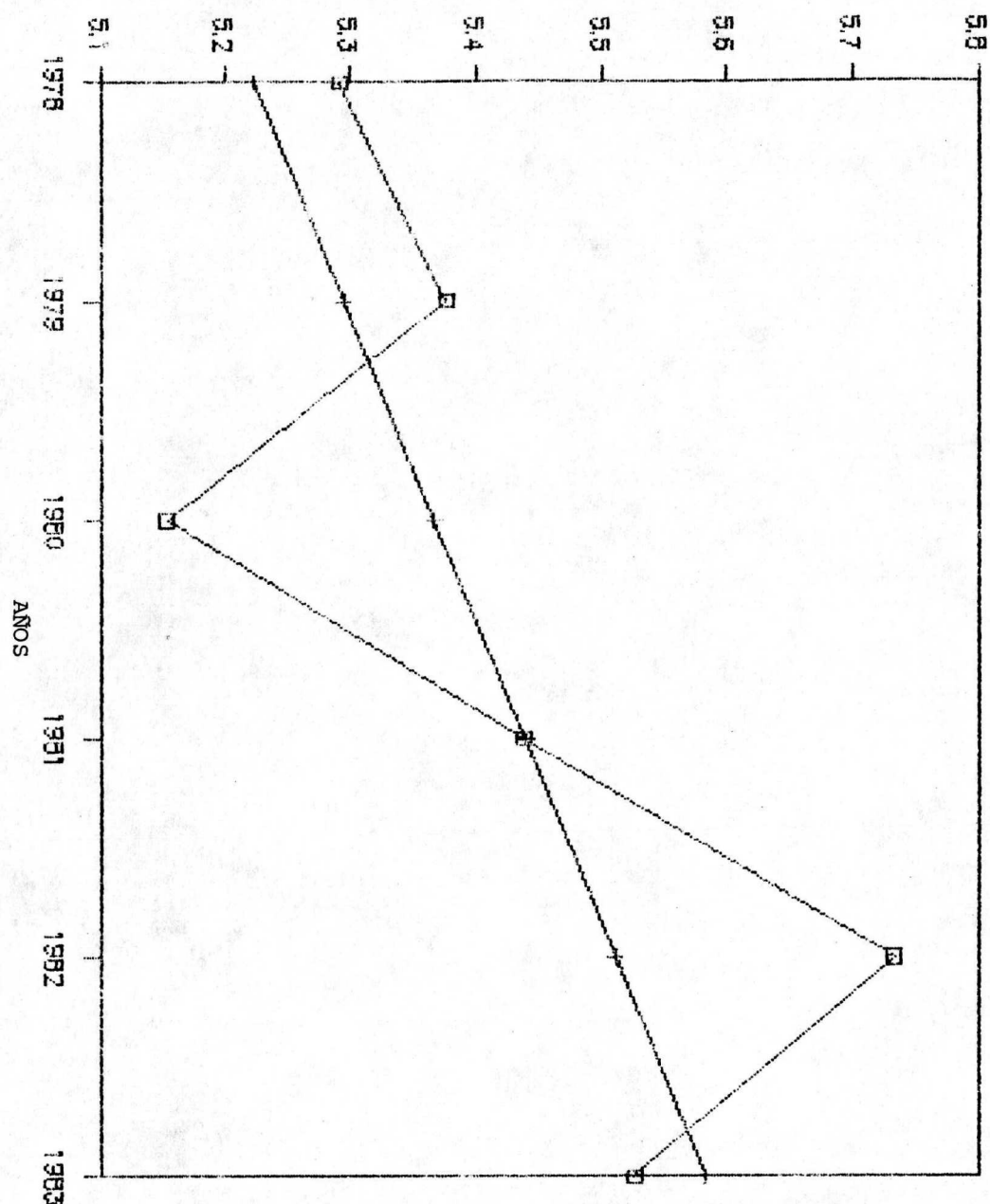


FIGURA 1. REGRESION DE LA PRODUCCION DE LECHE A TRAVES DE LOS AÑOS.

