

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS



**ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE HEREDABILIDAD
DEL RENDIMIENTO LECHERO EN GANADO HOLSTEIN POR TRES
DIFERENTES METODOS EN LA REGION DE LAGOS
DE MORENO JALISCO.**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A

VAZQUEZ PALOMERA MARIO ALBERTO

DIRECTOR DE TESIS:

M.V.Z. SERGIO LUIS SCHWEMINSKI BENITEZ

ZAPOCAN, JAL. JULIO DE 1994

A G R A D E C I M I E N T O S

A TI "SEÑOR" TE AGRADEZCO
POR HABERME PERMITIDO LLE
GAR A ESTE MOMENTO TAN IM
PORTANTE EN MI VIDA.

A MI ALMA MATER LA UNIVERSIDAD
DE GUADALAJARA POR HABERME PER
MITIDO REALIZAR LA PRESENTE CA
RRERA Y SEGUIR SIENDO PARTE DE
ELLA.

A LA FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
POR QUE EN SUS AULAS SE
GESTA DÍA CON DÍA LA ESPE
RANZA DE NUEVOS PROFESION
ISTAS.

A MI DIRECTOR DE TESIS M.V.Z.
SERGIO LUIS SCHWEMINSKI
BENITEZ POR SU TIEMPO Y
ASESORAMIENTO QUE ME BRINDO
EN LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE
ESTUDIO.

A MIS PADRES POR HABERME
DADO LA VIDA Y SU MAS VA
LIOSA HERENCIA:MI PROFECI
ON "GRACIAS".

A MIS HERMANOS Y ESPECIALMENTE
A JORGE ALBERTO POR SU GRAN APO
YO Y VALIOSOS CONSEJOS.

A MIS MAESTROS QUIENES A LO
LARGO DE MI PREPARACIÓN ME
ENSEÑARON CON PACIENCIA NUE
VOS CONOCIMIENTOS Y ALENTARME
PARA SEGUIR ADELANTE.

AL INGENIERO TROYO POR SU
DESINTERESADO APOYO.

C O N T E N I D O

	PAGINA
1. RESUMEN.....	i
2. INTRODUCCION.....	1
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4. JUSTIFICACION.....	18
5. OBJETIVOS.....	19
6. MATERIAL Y METODOS.....	20
7. RESULTADOS.....	30
8. DISCUSIONES.....	77
9. CONCLUSIONES.....	80
10. BIBLIOGRAFIA.....	84

R E S U M E N

En el presente estudio se determino el coeficiente de heredabilidad por diversos métodos en un establo lechero en el municipio de Lagos de Moreno Jalisco, dicho establo cuenta con una población de 1200 animales tomando como base de datos 204 registros de producción haciendo una selección de estos seleccionando así 166 registros de producción.

Cuando se calculo el coeficiente de heredabilidad se obtuvo que para las 85 pares de vacas, por el método de regresión de las hijas a las madres para cada uno de los 4 sementales fue de $h^2_{b1} = 0.17 \pm 0.30$ $h^2_{b2} = 0.73 \pm 0.44$; $h^2_{b3} = 0.44 \pm 0.44$; $h^2_{b4} = 0.60 \pm 0.39$ y para todo el hato fue de $h^2_{bt} = 0.35 \pm 0.19$, y por el método de correlación simple (muestral) los valores obtenidos fueron $h^2_{r1} = 0.15 \pm 0.33$; $h^2_{r2} = 0.83 \pm 0.47$; $h^2_{r3} = 0.33 \pm 0.59$; $h^2_{r4} = 0.49 \pm 0.50$ y $h^2_{rt} = 0.32 \pm 0.22$.

Así mismo se estimo la heredabilidad lograda en el rebaño obteniendo una $h^2_{lograda} = 0.33$, siendo este método el mas sencillo y fácil de calcular, pero el mas difícil de obtener por los años que deben pasar en el intervalo generacional y productivo de los animales.

Además se realizo un análisis de varianza por correlación intraclase para las poblaciones de medias hermanas con 85 y 166 obteniéndose una heredabilidad de $h^2_{rt} = 0.088 \pm 0.23$ para las 85 y de $h^2_{rt} = 0.017 \pm 0.099$ para las 166.

Se concluyo que el mejor método para determinar el coeficiente de heredabilidad es el de regresión de las hijas a las madres.

INTRODUCCION

La leche es un alimento universal y la vaca lechera es la unidad básica de producción en la industria lechera, industria que existe porque los consumidores demandan leche y productos lácteos. Esta industria utiliza en forma eficiente los recursos y ofrece oportunidad de ganancia a quienes se dedican a la producción, elaboración y distribución de leche y productos lácteos.

Es una industria en cambio. La investigación continua ha dado por resultado un mejor rendimiento de la vaca; mayor eficiencia en la producción, elaboración y distribución; más higiene y mejor mantenimiento de la calidad de la leche y los productos lácteos. Además, se ha logrado obtener una mayor variedad de alimentos lácteos nutritivos. Estos factores, aunados a la creciente necesidad mundial de alimento de alta calidad, especialmente proteína, constituyen una sólida base para continuar el desarrollo de esta importante industria.

En años recientes el cuadro general de la industria lechera norteamericana y del primer mundo se ha caracterizado por un menor número de granjas lecheras y vacas lecheras, un aumento en el número de rebaños y en la producción de leche por vaca, además de una ligera reducción de la producción total de leche.

Durante el período 1954-1974, el número total de vacas lecheras en los Estados Unidos, disminuyó en casi el 50% (del 21.6 a 11.3 millones) y casi se duplicó la producción de leche por vaca (de 2,572 a 4,575 kg por vaca). El número de granjas con una o más vacas lecheras disminuyó de 2.17 millones en 1954 a 300,000 en 1974. No obstante, la reducción del número de granjas lecheras fue en las de menos de 30 vacas. El tamaño del rebaño aumento de 10.0 a 37.6. El porcentaje de rebaños con 30 o más vacas aumento del 14% al 58% durante este período.

Estas tendencias hacia un menor número de rebaños, pero más numerosos, y hacia menos vacas pero de mayor producción, influirán de manera considerable en la administración futura del rebaño lechero. Se requerirá mayor destreza administrativa que nunca para combinar, en una lechera exitosa, vacas, terrenos, mano de obra, capital y otros recursos.

La producción de leche es un medio eficaz para mejorar la productividad de la granja. Las pruebas de producción constituyeron el primer instrumento real para su mejora. Proporcionaron registros para escoger, que sirvieran de guías para prácticas de alimentación y cuidado, y para identificar el ganado genéticamente superior constituido por animales que pudieran servir como progenitores de futuros miembros del rebaño.

Los programas para pruebas de sementales o de progenie mediante pruebas de producción allanaron el camino para usar sementales genéticamente superiores en forma extensa. El desarrollo de la técnicas de inseminación artificial y su extenso uso en el ganado lechero han hecho posible extender el uso de sementales genéticamente superiores a muchos rebaños lecheros. La identificación de toros superiores mediante pruebas de producción de sus hijas y el uso generalizado de dichos toros para inseminación artificial son los principales factores que contribuyeron a mejorar la herencia productiva del ganado lechero.

Un rebaño de alta producción debe ser un rebaño saludable. El progreso logrado en el control y en la erradicación de enfermedades ha contribuido a aumentar la producción y las ganancias.

El progreso logrado en la nutrición y en la aplicación de mejores prácticas de alimentación constituye el mejor medio inmediato para aumentar la producción por vaca ¹ ² ³, como progreso temporal, es decir que una mejora en las condiciones de producción es circunstancial, y esta en relación directa con la

capacidad genética de los animales en el haber, y que se obtiene un específico rendimiento.

Por la anterior razón se hace necesario, que para lograr **progresos permanentes** en la producción lechera es imprescindible contar primero con la genética, es decir que al implicar a esta ciencia o conocimiento en el negocio pecuario, estamos con la intención de rescatar que puede hacer la teoría genética por ganadero lechero.

De modo que resulta evidente, contar con un proceso administrativo que vincule la genética y la reproducción animal con la sanidad y la nutrición animal, y con los costos y las ganancias típicos de cualquier negocio.

México es un País que cuenta con una amplia gama de productos agropecuarios y dentro de estos productos podemos considerar, que la explotación del ganado lechero tiene una gran importancia. En México se cuenta con una población total de 32'054,300 de cabezas de bovinos, y con una producción total de 6'141,545 de miles de litros de leche, Jalisco cuenta con 2'702,911 cabezas de bovinos y una producción de 1'120,400 de miles de litros de leche⁴. (ver gráfica # 1 y 2)

El municipio de Lagos de Moreno se localiza geográficamente en la parte noroeste del Estado de Jalisco, en la porción Occidental de la República Mexicana. Se encuentra limitado al norte con el Estado de Aguascalientes y el municipio de Ojuelos, al sur con el municipio de Unión de San Antonio, y al este con el Estado de Guanajuato, al oeste con el municipio de Encarnación de Díaz y el de San Juan de los Lagos.

El municipio está ubicado entre los paralelos 21° 12', 21° 56' de latitud norte y entre los meridianos 101 32' y 102 11' 30" de longitud oeste. La altura sobre el nivel del mar oscila entre 2,300 a 1,850 m.

Posee una superficie de 2,648.22 km que representa el 3.36% de la superficie del Estado y con una población 220,000 habitantes (Censo de 1990), que ésta población en zonas rurales representa el 52.3% (115,000 habitantes) de la población del municipio.

El 32.25% (70,950 habitantes) de sus 220,000 habitantes, son la población económicamente activa, de éstos sólo el 35% (24 832 habitantes) generan su propio ingreso, el otro 65% (46,118 habitantes) reciben un salario por su trabajo.

El municipio de Lagos de Moreno ocupa un territorio con topografía irregular con pequeñas áreas planas caracterizadas por altitudes entre 1,850 y 2,100 m en un 54% de sus territorio, y el 46% restante se caracteriza por el paso del eje Neovolcánico con alturas que varían entre 2,100 a 2,800 m.

El clima del municipio es variable que va de seco, semiseco y templado dependiente de la orografía de la región. Los reportes estadísticos climatológicos entre 1970 a 1990, manifiestan que la temperatura máxima extrema registrada es de 36°C y la mínima de -3.5°C. Las temperaturas más altas inician en el período de Abril a Agosto y las mínimas en los meses de Diciembre, Enero y Febrero. La temperatura media municipal es de 20.56.

La época de heladas abarcan casi 287 días, se presenta regularmente entre los meses de Septiembre a Marzo y con mayor incidencia en los meses de Diciembre a Enero. En el período de Mayo a Agosto no se presentan heladas.

La distribución de lluvias en el municipio, presenta un promedio de precipitación pluvial anual de 603.83 mm entre 1970 a 1990, y que va desde una mínima de 353.48 mm (registrada en 1979) hasta una máxima de 980.90 mm en el año de 1971.

La distribución más significativa de las lluvias se presenta

en el período de Junio a Septiembre en este lapso se depositan aproximadamente el 80% del total de las lluvias.

El 58.5% de la superficie total de los suelos del municipio de Lagos de Moreno tienen capacidad de uso pecuario, en agostadero natural son cerca de 179,177 hectáreas, por lo que se presenta el problema más serio, principalmente por insuficiencia de esta superficie para la producción de forrajes para la alimentación del ganado.

El sector agropecuario aporta el 7.67% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional en 1990. Se estima que a nivel nacional la ganadería contribuye sólo con el 22% de esta cifra es decir aproximadamente ≈ 1.69 del PIB y el 78% restante lo aporta la el subsector agrícola con un ≈ 5.98 del PIB. (ver tabla # 1)

Sin embargo contrariamente a la situación nacional a nivel municipal la agricultura sólo representa el ≈ 0.9 del PIB (15.1%) nacional, en cambio la ganadería cubre un 1.44 del PIB (84.9%).

En el municipio de Lagos de Moreno, las actividades que generaron mayor producto en el sector pecuario, durante 1991 son la explotación de bovinos para carne y leche, seguidos por la explotación de aves y en tercer lugar la porcicultura. (ver gráficas # 1 y 2)

La industria lechera ha sido una de las actividades económicas más importantes de Lagos de Moreno. Desafortunadamente, la política que se ha seguido en los últimos 20 años ha ocasionado que esta actividad tan importante en la producción de alimentos y de fuentes de trabajo se encuentre actualmente en crisis.

La leche constituye quizás el alimento más perfecto de la naturaleza para el hombre, pero su oferta no ha crecido al ritmo de su demanda.

La vaca forma parte del grupo de animales llamados ruminantes. Estos animales poseen características fisiológicas especiales que les permiten, entre otras facultades, utilizar el nitrógeno no proteico para sintetizar las vitaminas del complejo B y utilizar como fuente de energía a materiales con un alto contenido de fibra cruda.

Estas propiedades le confieren al hombre la posibilidad de hacer uso de millones de hectáreas cubiertas de pastos y utilizar miles de toneladas de subproductos para convertirlos en productos de alta calidad nutritiva. Los ruminantes no constituyen una competencia directa con el hombre por los alimentos.

La vaca lechera, después del pollo, es el animal doméstico más eficiente, con la salvedad que el pollo requiere de granos y otros productos que pueden ser usados directamente por el hombre.

Por todo lo antes mencionado se puede decir que la vaca lechera tendrá que ocupar un lugar principal en el futuro como fuente de alimentos y generadora de empleos.

Lagos de Moreno fue uno de los municipios que más hicieron en un momento dado para que Jalisco fuera el líder productor de leche a nivel nacional.

La potencialidad productiva de leche en Lagos de Moreno influyó, para que el municipio se constituyera en el más importante centro de acopio de la Región de los Altos de Jalisco.

En esta región en general se cuenta con un clima templado propicio para la actividad de la ganadería lechera que va desde la explotación intensiva y semi-intensiva hasta la rústica.

Los sistemas de manejo y explotación, así como de tecnificación son muy variables, dependiendo del poder económico y

preparación de los ganaderos; desde un punto de vista genético, el ganado lechero se puede considerar desde bueno hacia excelente, lo que se ha conseguido mediante la importación de animales y semen de los Estados Unidos y del Canadá.

Aunque Lagos de Moreno cuenta con una ganadería de alta calidad a nivel nacional, es uno de los lugares donde sale caro producir leche, por no contar con una infraestructura para producir pasturas en épocas de estiaje.

Cuando los ganaderos de esta región sean capaces de producir sus insumos a más bajos costos, obtendrán mayores ganancias y podrán pagar a personal especializado, lo que permitirá alcanzar quizás niveles óptimos de eficiencia y tal vez llegar a formar agroindustrias de tipo familiar, donde la sangría que representa para la empresa la mano de obra se constituya en utilidades para la familia.

Se puede decir que el potencial de la ganadería en esta Región es alto y que el avance que en otro tiempo tuvo esta industria puede regresar, ya que se cuenta con una ganadería genéticamente adecuada, los ganaderos lecheros conocen bien este negocio, y se cuenta con una infraestructura social adecuada con la estructura para la producción, recolección, procesamiento y comercialización de la leche. (ver tabla # 2)

El incremento de la demanda de productos derivados del ganado bovino, como son la leche y la carne, ha sido uno de los factores que más han contribuido en la expansión de este tipos de industrias que constituyen la columna vertebral del desarrollo económico del municipio.

En Lagos de Moreno los centros de acopio con el fin de poder captar más leche, ofrecen estímulos a productores de leche de la siguiente manera:

En unidades móviles se pasa ha recoger la leche a la puerta de la explotación pagando precios fijos e involucrando a los productores como socios de la empresa para que alcancen sobregiros en el precio por medio de regalías, las condiciones para participar son: Que la leche tenga un mínimo de 3.0% de grasa se presente guardando una estricta higiene libre de insectos y excrementos con máximo del 6% en acidez y que apruebe los estándares bacteriológicos, Además que los productores necesitan entregar un volumen diario y enfriada la leche. En la actualidad existen 1,500 productores afiliados a este tipo de programas.

Existen también mecanismos que premian con estímulos a la calidad, donde se parte de un precio base \$ 7.4 por litro, se premia la permanencia en la entrega con un sobreprecio de \$ 1.92 por litro, y además el contenido de grasa de la leche se paga a \$0.8 por litro por cada 0.1% más de grasa a partir del 3.0%.

En la zona de Lagos de Moreno esta considerado que producir un litro de leche al productor semitecnificado le cuesta \$ 7.00, y al productor tecnificado \$ 5.00 o incluso menos; algunas compañías procuran dar asistencias técnica a los productores mediante programas específicos.

Las compañías cuentan con programas de apoyo cuyo objetivo principal es el desarrollo de la ganadería lechera en esta región. Estos programas contemplan: La importación de ganado, que es dado al productor para ser pagado posteriormente; reunir grupos de productores no menores de 5 socios para prestarles en comodato termos para enfriar la leche; dar capacitación en diferentes actividades, como la inseminación artificial; manejo de praderas, mantenimiento de equipos de ordeño mecánico, mejoramiento genético, manejo de registros, etc.

Entre los productores atendidos en los programas de asistencia mencionados, existen niveles tecnológicos diferentes como el

tecnificado, el medio tecnificado y el rústico. Se estima que un 5% de los productores cuentan con ordeñadora mecánica, un 30% lleva registros de sus explotaciones, y un 25% aplica inseminación artificial.

La problemática ganadera de la región de Lagos de Moreno es similar a la que se observa en otras regiones ganaderas del País.

La productividad pecuaria se ha sostenido en base al mejoramiento genético de las razas y a la tecnificación de las explotaciones. Para invertir en estos rubros, se ha recurrido al financiamiento con recursos generados por otras actividades diferentes a la ganadería, ya que el acceso a los créditos bancarios esta muy restringido.

Por todo lo anterior se puede decir que le corresponde al Gobierno de México a través de sus Instituciones Gubernamentales dedicadas a prestar apoyos al campo, así como a las Instituciones Educativas, prestar toda la ayuda, tanto económica como de personal a los productores para lograr un mayor avance tecnológico y desarrollar mediante la investigación nuevos y mejores métodos que permitan elevar el nivel de vida de los que se dedican a esta actividad.⁵ con una producción de 608,348 miles de litros de leche de bovinos en sólo este municipio (ver gráfica # 8).

El estudio y la aplicación de la Genética Animal se divide naturalmente en tres grandes aéreas: la Genética Mendeliana, la Genética de Poblaciones y la Genética Cuantitativa. Los principios de la transmisión del material hereditario de una generación a la siguiente, son la base de la Genética Mendeliana.

Aunque la Genética Mendeliana tiene relativamente una pequeña importancia directa en el mejoramiento animal, los principios de la Genética Mendeliana son la base para dos aéreas especializadas de la Genética con mayores implicaciones para el mejoramiento animal;

La Genética de Poblaciones y la Genética Cuantitativa.^{6 7 8}

La Genética de Poblaciones generalmente esta limitada a la herencia de caracteres cualitativos de los cuales son influenciados por un numero pequeño de genes. La Genética de Poblaciones es, sin embargo, importante en la comprensión de el por que características, deseables o indeseables, pueden llegar a fijarse o continuar exhibiendo variaciones en poblaciones naturales. Una de las cosas quizá mas importante de la Genética de Poblaciones es que puede ser aplicada para diseñar las estrategias de selección para así incrementar la frecuencia de genes deseables o mas, probablemente, la eliminación de genes indeseables.^{9 10 11}

Así también desde un punto de vista practico la respuesta a la selección para los rasgos cuantitativos, tienen generalmente mucho mas potencial en el valor económico.

Sin embargo la Genética Cuantitativa es conceptualmente quizás la mas difícil de las tres aéreas, por que los efectos de los genes individuales pueden ser rara vez observados o medidos, y por que muchos genes hipotéticamente contribuyen a la expresión de rasgos como la producción lechera, promedio de crecimiento o el tamaño de la camada; Considerando también que tales rasgos sufren influencias como las del azar, del ambiente y otros factores no genéticos que tienden a ocultar los efectos combinados de muchos genes que influyen sobre el rasgo.

La heredabilidad (h^2) es un parámetro poblacional que es utilizado para demostrar el valor de cría de las características cuantitativas y para predecir la respuesta esperada dentro de un programa de selección. Hay que tomar en cuenta que la heredabilidad es especifica a la población. Cualesquiera de las varianzas, genética o ambiental, para un mismo rasgo en dos poblaciones diferentes, probablemente será diferente.

El valor de cría esta en parte representado por la fracción V_A (varianza aditiva) entre V_F (varianza fenotípica) el cual es denominado heredabilidad (h^2), en un sentido estrecho.

El calculo de la heredabilidad puede realizarse a través de tres diferentes fuentes de información:

- 1) A partir de la semejanza fenotípica entre formas emparentadas (regresión y correlación).
- 2) A partir de los resultados obtenidos en los experimentos de selección.
- 3) A partir de la comparación entre el valor de la varianza fenotípica dentro de líneas isogénicas y poblaciones apareadas al azar.

Es un hecho que los registros de producción, sean una de las fuentes de información mas importantes para poder calcular la heredabilidad, son ahora universalmente aceptados como necesarios para fundamentar el progreso en la selección de rasgos cuantitativos.

Los registros proporcionan la base para poder diseñar óptimamente las estrategias de crianza, tal como la prueba de progenie (selección basada sobre los registros de la progenie) o de pruebas de rendimiento (selección basada sobre los propios registros).

La precisión estadística de la estima depende del diseño experimental y también de la heredabilidad que se este estimando, en este sentido no es posible dar una regla al respecto, en general, la correlación (r) de medios hermanos y la regresión (b) de hijas a las madres son los métodos mas confiables para determinar la heredabilidad (h^2).

Para el caso del ganado lechero existe una gran tradición con referencia al estudio de la heredabilidad de rasgos productivos

tales como: cantidad de la grasa en la leche, porcentaje de materia solida, duración de la lactancia, período seco, fertilidad y longevidad productiva en los animales, etc.

En México aparentemente existen poquísimos estudios acerca de la estimación de parámetros genéticos y zootécnicos, tal es el caso de la heredabilidad de la producción lechera, tanto en su cantidad por lactancia, como por su contenido en grasa u-otros componentes lácteos. La siguiente revisión de reportes científicos encontrada en nuestro país es tan corta como sigue:

Adame Sánchez¹² en 1966 en un hato lechero de vacas Holstein, ubicado en Coapa, D.F., México, examinó los registros de producción a 305 días de sólo 22 vacas Holstein-Friesian de primer parto, inseminadas con el semental Comet, estimando la heredabilidad por regresión y correlación biserial en $h^2 = 0.22$ y en $h^2 = 0.21$ respectivamente. No menciona el grado de error típico calculable para su estimación, pero aún así, es posible establecer en su estudio en alrededor de $\sigma_{h^2} \pm 0.47$ (ver gráfica # 7)

A. Ruiz F. y C. A. Apodaca¹³ en 1988. En un hato Holstein localizado en Tlahualilo, Estado de Durango, México. Obtuvieron un calculo promedio de la heredabilidad de todos los estimadores en $h^2 = 0.40$, aunque la heredabilidad para producción total de leche fue de $h^2 = 0.45$ $\sigma_{h^2} \pm 0.40$ de error típico.

Otro tanto, sucede con el resultado previamente encontrado por Villarreal¹⁴ en 1985, que fue muy similar al anterior, donde la heredabilidad se estimo en $h^2 = 0.40$, y mostrando un error típico de la heredabilidad de $\sigma_{h^2} \pm 0.24$.

En un estudio sobre eficiencia productiva, Castillo Juárez y Madrid Ríos¹⁵ en 1991, determinaron la heredabilidad en los registros de 431 vacas Holstein-Friesian a primer parto en un hato ubicado en Ixtapaluca, Estado de México, México. La heredabilidad de la producción ajustada a 305 días fue de $h^2 = 0.13$ $\sigma_{h^2} \pm 0.14$; la

heredabilidad de la producción de leche ajustada a equivalente de madurez de 426 vacas fue calculada en $h^2 = 0.17$, con un error típico de $\sigma_{h^2} \pm 0.14$.

Estos mismos últimos investigadores, argumentan que los valores de la heredabilidad de la producción de leche estimados en México, fluctúan entre $h^2 = 0.15$ a 0.57 , pero considerando a las vacas de uno o de varios partos en ambientes diversos y variando los sistemas de producción.

En la literatura científica a nivel internacional, el estudio de los parámetros genéticos, tales como el de la heredabilidad, son en demasía muy abundantes, particularmente los de origen estadounidense y europeo, y con razón, pues nuestro País se encuentra dentro de su área de influencia política y científico-cultural.

Este acontecimiento en general lleva a permitir la posibilidad de tener la oportunidad y la disponibilidad de realizar una breve, pero concisa recuperación de esas informaciones a pesar de la relativa falta de información en bibliotecas y hemerotecas en los dos principales centros urbanos y educativos del país, siendo esta revisión como sigue:

Van Vleck y Hart¹⁶ en 1965, con 47,400 pares de registros de vacas Holstein de primera lactancia en madres e hijas, estimaron por el método de regresión en el New York Dairy Records Processing Center en New York (U.S.A.), reporta únicamente el coeficiente de regresión en $b = 0.21$ y $\sigma_b \pm 0.005$ de error típico. Lo que permite establecer calculo del coeficiente de heredabilidad para ese reporte andaría alrededor de $h^2 = 0.42$ $\sigma_{h^2} \pm 0.010$ aproximadamente.

De registros de la primera lactancia de vacas Holstein inseminadas artificialmente del New York Dairy Records Processing Center en New York (U.S.A.). Van Vleck¹⁷ en 1966, estimo la

heredabilidad a partir del equivalente de madurez, así como de los datos de equivalente de madurez expresados como desviaciones del promedio del hato. Utilizando la correlación paternal de medias hermanas y la regresión se las hijas con las madres.

El obtiene el coeficiente de heredabilidad promedio como desviaciones, Tanto por correlación paternal de medias hermanas dando entre $h^2 = 0.28$ a 0.26 , y como por regresión, resultando entre un $h^2 = 0.38$ a 0.40 . El coeficiente de heredabilidad promedio expresado sólo como equivalente maduro, por correlación paternal de medias hermanas fue entre $h^2 = 0.36$ a 0.37 y por regresión de $h^2 = 0.35$ a 0.36 .

Butcher y colaboradores en 1967¹⁸, estimó la heredabilidad (h^2), usando 3 841 registros de lactancia de vacas Holstein de la North Carolina Institutional Breeding Association de Carolina del Norte (U.S.A.).

Los registros fueron ajustados, y procedieron por el método de regresión, obteniendo un coeficiente de heredabilidad reportado de $h^2 = 0.28$ $\sigma_{h^2} \pm 0.07$ para la producción de leche.

En el mismo año Farthing y Steele¹⁹, utilizando dos hatos lecheros de Louisiana (U.S.A.) compuestos por dos rebaños con sólo 255 vacas con 40 sementales y el otro con 199 vacas con 37 sementales, establecieron tres rutas diferentes para ponderar las fuentes de variación y los componentes de la variancia, obteniendo un coeficiente de heredabilidad por correlación intraclase de medias hermanas de $h^2 = 0.460$ y $h^2 = 0.392$ para el primero y segundo hato, considerando el caso de la variación dentro de vacas y entre sementales de entre otros modelos.

También en 1967, Quartermain y Freeman²⁰, encontraron un coeficiente de heredabilidad de $h^2 = 0.353$ $\sigma_{h^2} \pm 0.038$ y $h^2 = 0.348$ $\sigma_{h^2} = \pm 0.039$, para la producción de leche estimados por medio de la regresión de las hijas a las madres dentro de toros, a partir de

los datos disponibles de la primera lactancia de registros estandarizados a equivalente de madurez de vacas Holstein de Iowa y Minnesota (U.S.A.) bajo las directrices de la Dairy Herd Improvement Associations (DHIA), llevándose a cabo, el calculo de la regresión a partir de 4,633 pares observaciones identificadas por su semental.

Butcher y Freeman²¹ en 1968, a partir de un gran número de registros de producción de 76 establos en California (U.S.A.), dispusieron de 67,729 registros de lactancia de la American Breeders Service Inc. (ABS), además de 60,788 registros de lactancia de la Dairy Herd Improvement Associations (DHIA), ambos sujetos al programa de pruebas para el mejoramiento del hato lechero. Los datos con equivalente de madurez utilizados, fueron ajustados posteriormente, al promedio de sus respectivas regresiones sobre el hato-año-estación. Así los datos fueron analizados como desviaciones, la heredabilidad fue calculada desde la primera hasta quinta lactancia, por medio de un análisis de varianza entre vacas y dentro de vacas, y por el método de regresión intramacho de las hijas a las madres.

El coeficiente de la heredabilidad obtenido para la primera lactancia por regresión intramacho de 5,018 hijas sobre sus madres, fue de $h^2 = 0.37$ con $\sigma_{h^2} \pm 0.05$ (ABS), y a partir de 4250 hijas hacia sus madres, el coeficiente de heredabilidad fue de $h^2 = 0.31$, con $\sigma_{h^2} \pm 0.07$ (DHIA). Así mismo el coeficiente de heredabilidad estimado para la primera lactancia por correlación intraclase fue de $h^2 = 0.56$ (ABS) y de $h^2 = 0.49$ (DHIA).



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en México la mayoría de los establos tecnificados y semitecnificados están utilizando la inseminación artificial, como medio para mejorar sus hatos lecheros, y en consecuencia el semen de toros seleccionados es generalmente de países extranjeros, principalmente de origen estadounidense (USA) y canadiense (CANADA).

Es por ello, que resulta crucial empezar a realizar evaluaciones de los parámetros genéticos, desde distintas perspectivas, de entre ellas, aquella que aportan los datos de campo en granjas de la cuenca lechera de los Altos de Jalisco.

Si bien es cierto que los sementales utilizados, ya han sido evaluados bajo condiciones productivas en el extranjero, pero en buena medida, estos resultados son ininteligibles para los ganaderos o están fuera de su alcance, o son desconocidos, y más aún, no pueden ser tomados como válidos por los técnicos y profesionales de la Medicina Veterinaria. Pues estas evaluaciones han resultado de condiciones muy diferentes a las de nuestro País en relación al medio ambiente; a los manejos alimentarios y nutricionales; igualmente difieren nuestras poblaciones animales en el manejo zootécnico; además de que el estado reproductivo y sanitario de las explotaciones pecuarias es muy distinto; así mismo también son diferentes las complejas influencias que pueden ejercen los agentes patógenos endémicos, sobre el estado de salud del animal y del hato mismo, y en consecuencia es muy probable que pueda variar la producción lograda por las progenies de estos sementales.

Es por estas circunstancias que resulta importante comenzar a realizar evaluaciones de pruebas productivas de campo para determinar el comportamiento de estos sementales extranjeros, a partir de los rendimientos que en alguna medida son heredados a sus

progenies, bajo las condiciones nacionales y las muy particulares de cada la región.

Este trabajo trata de dar respuesta al problema antes mencionado, por medio de la siguiente pregunta principal:

¿Cual es la estimación de la heredabilidad de la producción láctea de cuatro sementales, que han sido usados para inseminar a grupos diferentes de vacas Holstein-Freisian, dentro de una granja de la región de Lagos de Moreno, Jalisco?.

JUSTIFICACION

Como ya antes se ha mencionado los parámetros genéticos son específicos, y por demás únicamente útiles para aquellas poblaciones a partir de la cuales son estimados.

El iniciar estudios para la estimación de parámetros genéticos, como el de la heredabilidad de la producción de leche, en las explotaciones pecuarias del País, es de fundamental interés bajo la perspectiva de la utilización en la selección que debe de redituarse en el mejoramiento genético de los animales domésticos.

Pues de esta manera, se podrá perfeccionar los criterios que llevan a la toma de decisiones en la selección, tanto de los toros y toretes para sementales, como las vacas y vaquillonas de reemplazo con un valor de cría elevado que permita asegurar una constante mejora en los rendimientos productivos (o al menos lo suficientemente aceptable para ser considerados estos animales seleccionados como mejoradores del hato o rebaño concreto) por la transferencia de genes deseables, que sean aprovechados vía la varianza genética aditiva de la población, es decir que sus descendientes sean los más óptimos y permitan obtener los mejores rendimientos para ayudar a una mejor definición de las estrategias de selección, y por ende tener una mayor producción y ganancias.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Estimar el coeficiente de heredabilidad de la producción láctea por tres diferentes métodos en un establo de la región de Lagos de Moreno Jalisco.

Objetivos Particulares:

- 1.1 Calcular el coeficiente de regresión y correlación biserial (muestral/interclase).
- 1.2 Calcular el coeficiente de correlación intraclase por análisis de varianza.
- 1.3 Calcular el error típico de los coeficientes y parámetros obtenidos.
- 1.4 Determinar las estimaciones de la varianza y de la covarianza en la producción lechera por vacas madres e hijas totales y por la agrupación de estas con cada semental.
- 1.5 Estimar la varianza genética aditiva por semental y total en la población de bovinos lecheros bajo estudio.
- 1.6 Comparar los tres diferentes métodos estadísticos utilizados para la determinación del coeficiente de heredabilidad

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron los registros de producción de un hato lechero ubicado en la región de los Altos de Jalisco, localizado muy cercano a la población de Lagos de Moreno, este estable está compuesto por más de 1,200 vacas Holstein en producción, con un alto grado de tecnificación, y un aceptable rendimiento productivo. Los bovinos lecheros en esta granja se encuentran lotificados para su manejo y alimentación, realizándose dos ordenas por día. En este hato se lleva a cabo un manejo reproductivo bajo inseminación artificial, con semen comercial, proveniente de toros, principalmente del mercado Norteamericano, y en menor medida del Canadiense y Europeo. En este estable se tiene una producción media de más de 6,000 kg de leche por lactancia.

Además esta explotación cuenta con antecedentes de haber estado afiliada por varios años a la Asociación Nacional de Criadores de Holstein-Friesian (México), por lo que cuenta con registros de producción de leche en kg de leche, válidos para el estudio precedente y que son muy similares a los utilizados en el programa de mejora del hato lechero de la DHIA implementado en los Estados Unidos de América (USA).

Primeramente antes de obtener la población muestral, se siguió el criterio de deslindar de los registros de producción almacenados en la propia explotación, las relaciones de parentesco entre el rebaño, que permitieran agrupar a las familias, cuyos miembros se encontraron emparentados por línea paterna, llevándose a cabo posteriormente, un muestreo al azar, después del cual, se tomó como muestra a cuatro sementales, cuyas familias completan alrededor de 204 vacas de la población actual de 1200 vacas Holstein-Freisian.

Al mismo tiempo, se eligieron sólo los registros de control del rendimiento lechero de poblaciones que previamente se había establecido como emparentadas, y aquellas que llegaron a un mínimo

de repeticiones de "vacas hijas", que en este trabajo fue: Que cada semental hubiese sido apareado por lo menos con 13 vacas distintas, produciendo una hija por cada familia, y que además se contase con su respectivo registro, y que a su vez, este grupo de medias hermanas hubiesen completado su primera lactancia, para que de este modo, eliminar los efectos adversos del período seco en las hembras, poseyendo además, controles con ajustes de las producciones a equivalente de madurez (EM).

Este tamaño óptimo de familias esta de acuerdo con lo mencionado por Falconer, donde recomienda ($4 \div h^2$) como una buena aproximación para el diseño experimental del análisis fraternal.

Ya que el rango de la heredabilidad previamente mencionado en la literatura científica, ha sido reportado en general, entre un $h^2 = 0.20$ hasta un $h^2 = 0.40$, con un promedio de $h^2 = 0.30$, se llego a la conclusión que se debía cumplir con este requisito, para fundamentar el resultado, bajo las directrices arriba mencionadas, el tamaño de la familia, fue de un promedio de 13.33 hijas por semental y alcanzando un rango máximo de 20 y mínimo de 10 medias hermanas.

Para la estandarización de las variables observables, se siguió el criterio a equivalente de madurez (equivalente maduro), por que se considero que los ajustes de la edad de la vaca al primer parto; el número de ordeñas a dos por día; y el intervalo de la lactancia a 305 días de ordeño expresado en kg de leche, son indispensables para hacer comparables los distintos registros de las diferentes vacas entre si.

Así mismo, a cada uno de parámetros genético-estadísticos calculados en este estudio, se ha estimado sus respectivos errores típicos de medida, para considerar el grado de la validez admitida en la estimación realizada.

Es por ello que se hace necesario establecer un doble tratamiento para el diseño experimental en la estimación de la heredabilidad, siguiéndose dos diseños simultáneos y estrechamente vinculados y equivalentes, es decir, se utilizó tanto un modelo estadístico como un modelo genético, que a continuación se detallan:

1 Método vía del Análisis de Varianza de las Medias Hermanas.

Para la característica seleccionada que es la cantidad de la leche producida por lactancia, objeto de estudio de este trabajo, permite estimar la heredabilidad vía el método de análisis de variancia (ANOVA), por medio del coeficiente de correlación intraclase (r^2). Se establecieron como adecuadas para este estudio, las fuentes de variancia de la agrupación de familias: Entre sementales y dentro de sementales.

A) Diseño Estadístico: (Para datos no balanceados)

Modelo Lineal Completamente al Azar II

(Análisis de una sola vía)

Ecuación del Análisis de Varianza:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}, \quad i=1 \dots S; \quad j=1 \dots n_i; \quad \alpha_i = N(0, \sigma_s^2); \quad e_{ij} = N(0, \sigma^2) \quad 24$$

donde: Y_{ij} es el valor fenotípico del individuo " i "ésimo en el medio " j "ésimo; μ es el promedio general o efecto común a todos los individuos; α_i es el efecto del semental (padre) " i "ésimo, medido como desvío del promedio general; es decir, es la desviación explicada por el modelo, y e_{ij} es el error asociado con el individuo " j "ésimo dentro de padre " i "ésimo, es decir es el medio ambiente incontrolado junto con las desviaciones genéticas atribuibles a

individuos dentro de grupos de sementales o la desviación no explicada por el modelo.

Todos los efectos son aleatorios, normales e independientes con expectativas iguales a cero.^{22 23 24 25}

Análisis de Varianza (ver tablas 3,4 y 5)

Fuentes de Variación	gl	SC	CM	ECM
				componentes causales
Entre sementales (error de muestreo)	S - 1	SC _B	CM _B	$\sigma^2_W + n_o \sigma^2_S$
Progenie dentro de sementales (error experimental)	n - S	SC _W	CM _W	σ^2_W

S = número de sementales.

n_i = número de individuos con el "iesimo" semental.

n_o = número de vacas madres apareadas con el "iesimo" semental.

n_o = n_i esperado en la media cuadrática.

n = número total de vacas.

gl = grados de libertad.

SC_B = suma de cuadrados entre familias de sementales distintos.

SC_W = suma de cuadrados dentro de familias entre sementales.

CM_B = media cuadrática entre familias de sementales.

CM_W = media cuadrática dentro de familias entre sementales.

σ^2_W = varianza intermuestreal estimada (esperada entre sementales)

σ^2_B = varianza intramuestreal estimada (esperada dentro de sementales).

σ^2_T = varianza total estimada.(esperada).

24

donde:

$$CM_B = \sigma^2_B : CM_W = c^2_W : \hat{\sigma}^2 = \sigma^2_T = (\sigma^2_B + \sigma^2_W)$$

$$\hat{\sigma}^2_S = (\sigma^2_B - \sigma^2_W) \div n_o$$

23

La formula para calcular el tamaño de la población en diseños desbalanceados es:

$$n_o = [n - ((\sum n_i^2) \div n)] \div (S-1),$$

n_o = es la media poblacional ajustada de vacas apareadas con un mismo semental (n_i).

S = es el número de sementales.

n = es el número de la progenie total.

o en su caso:

$$\hat{n} = \sum (n_i - \hat{n})^2 \div ((S - 1) \cdot N)$$

\hat{n} = es la media de vacas por semental.

S = es el número de sementales.

n_i = es el número vacas parciales por semental.

N = es el número de vacas totales

aunque tenemos que:

$$n_o < \hat{n}$$

Para estimar el error típico de la correlación intraclase (σ_r^2) se utilizó la siguiente formula: (ver tabla # 6)

$$\sigma_r^2 = \sqrt{\{[2 \cdot (n - 1) \cdot (1 - r^2)] \cdot [1 + ((n_o - 1) \cdot r)]\}^2}$$

23

B) Diseño Genético:

El tamaño del componente de la varianza σ_s^2 es debido al hecho que los grupos de sementales difieren. Estos grupos están constituidos por vacas medias hermanas, por lo tanto, el componente de la varianza σ_s^2 es equivalente a la covarianza entre medias hermanas.

La formula general es: (ver Tabla # 7)

$$\text{cov} = \alpha V_A + \delta V_D + \alpha^2 V_{AA} + \alpha \delta V_{AD} + \delta^2 V_{DD} + \alpha^3 V_{AAA} + \dots \text{etc.}$$

Los coeficientes α y δ para la covarianza de medias hermanas (HS) en la formula son:

$$\text{cov}_{\text{BS}} \quad \begin{matrix} \alpha & \delta \\ \frac{1}{4} & 0 \end{matrix}$$

Substituyendo el coeficiente en la formula tendremos:

$$\text{cov}_{\text{BS}} = \frac{1}{4}V_A + 1/16V_{AA} + 1/64V_{AAA} + \dots \text{etc.}$$

22

El componente de la varianza σ^2_w tiene un promedio igual $\sigma^2_T - \text{cov}_{\text{HS}}$, donde σ^2_T es la varianza total.

El estimado de los dos componentes es el siguiente:

Estimación de Coeficientes de la Variancia

Componente	Covarianza	V_A	V_D	V_{AA}	V_{AD}	V_{DD}	V_{AAA}	V_R
σ^2_s	cov_{HS}	1/4	0	1/16	0	0	1/64	0
σ^2_w	$\sigma^2_T - \text{cov}_{\text{HS}}$	3/4	1	15/16	1	1	63/64	1

22

El componente de la varianza σ^2_s estima un $\frac{1}{4}$ de la varianza genetica aditiva (σ^2_A), y un 1/16 de la varianza genética aditiva x aditiva y la σ^2_w estima el residuo de la varianza genética más toda la varianza ambiental.

La heredabilidad por correlación intraclase h^2_r es igual a la varianza genética entre varianza fenotípica, es decir a cuatro veces covarianza entre la descendencia-progenitores sobre la estimación de la varianza total.

El error típico de la heredabilidad (σ_{h^2}) se calcula como cuatro veces el error típico de la correlación intraclase. utilizándose la siguiente formula:

$$\sigma_{h^2} = 4 \cdot \{ \sqrt{[2 \cdot (n-1) \cdot (1-r^2)] \cdot [1 + ((n_0-1) \cdot r_t)]^2} \}$$

$$r_{HS}^2 = 1 - \frac{\sigma_W^2}{\sigma_T^2} = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_W^2} = \frac{\sigma_B^2 - \sigma_W^2}{(\sigma_B^2 + (n_0 \cdot \sigma_W^2))} = \frac{\{((\sum_j^k x_j^2) - (n \cdot x^2)) + g_1^2\}}{\{((\sum_j^k x_j^2) - (n \cdot x^2)) + g_1^2\} + [n_0 \cdot \{((\sum_j^k x_j^2) - (n \cdot x^2)) + g_1^2\}]} \\ i \cdot \sigma_A^2 = i \cdot h^2; \text{ donde: } \sigma_B^2 = \frac{\{((\sum_j^k x_j^2) - (n \cdot x^2)) / g_1^2\} - \{((\sum_j^k x_j^2) - (n \cdot x^2)) / g_1^2\}}{(n - ((\sum_j^k x_j^2) + n)) + (g - 1)} \quad r_{HS}^2 =$$

22, 23, 24, 25 y 9

2 Método de Regresión vía Progenitor-Descendencia de Medias Hermanas.

La presencia de controles del rendimiento lechero para hermanas completas es un evento raro en los establos comunes y corrientes, por lo que la recuperación de registros entre parientes, siguió el criterio de rescatar generalmente sólo aquellos registros de producción, que fuesen pares de primeras lactancias, tanto de las madres como de las hijas, identificadas como grupos familiares por el semental. Aplicándose aquí el método de regresión lineal intramacho por sementales, para el cálculo del coeficiente de heredabilidad (h^2).

A) Diseño Estadístico:

Modelo del Análisis de Regresión Lineal.

Ecuación de Regresión:

$$\hat{Y} = \hat{\mu}_y + b_{yx} \cdot (x_1 - \hat{\mu}_x)$$

23

donde: \hat{Y} es la estimación del valor fenotípico de un animal miembro del grupo familiar; $\hat{\mu}_y$ es el estimado de la media de las vacas hijas; b_{yx} es la linearidad de la producción de las hijas sobre la producción de las madres; x_1 es la producción de las madres "iesima" y $\hat{\mu}_x$ es el estimado de la media de las vacas madres.

Para estimar el error típico de la regresión (σ_b), se utilizo la siguiente formula: (ver tabla # 8)

$$\sigma_b = [(1 \div (n - 2))] \cdot [(\sigma^2_x \div \sigma^2_y) - b^2]$$

23 y 24

B) Diseño Genético:

La covarianza entre la descendencia-progenitores (cov_{OP}) sobre la varianza fenotípica es igual a la regresión entre la descendencia-progenitores y esta equivale a un $\frac{1}{2}$ de la varianza genética aditiva.

La formula general es:

$$cov = \alpha V_A + \delta V_D + \alpha^2 V_{AA} + \alpha \delta V_{AD} + \delta^2 V_{DD} + \alpha^3 V_{AAA} + \dots etc.$$

22

Los coeficientes α y δ para la covarianza progenitor-descendencia (OP) en la formula son:

	α	δ
cov_{OP}	$\frac{1}{2}$	0

Substituyendo el coeficiente en la formula tendremos:

$$cov_{OP} = \frac{1}{2}V_A + \frac{1}{2}V_{AA} + 1/8V_{AAA} + \dots etc.$$

Estimación de Coeficientes de la Regresión

Covarianza	V_A	V_D	V_{AA}	V_{AD}	V_{DD}	V_{AAA}	V_R
cov_{OP}	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	0	1/8	0

22

La heredabilidad por regresión h^2_b es igual a la varianza genética aditiva (σ^2_A), entre la varianza fenotípica, es decir a dos veces la covarianza entre la descendencia-progenitor sobre la

varianza estimada de la madres.

Para estimar el error típico de la heredabilidad (σ_{h^2}), se considero el doble del valor obtenido para el error típico de la regresión. (ver Tabla # 7)

$$b_{OP} = \frac{\frac{cov_{OP}}{\sigma_P^2}}{\frac{cov_{X-Y}}{\sigma_X^2}} = \frac{(Exy - ((Ex \cdot Ey) + n)) + (n - 1)}{(Ex^2 - ((Ex)^2 + n)) + (n - 1)} = b_{A-P} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{1}{2} \cdot h^2$$

22,23,24,25 y 9

3 Método de Correlación Progenitor-Descendencia de Medias Hermanas.

En el mismo sentido de lo antes argumentado para la regresión lineal, ocurre más o menos lo mismo para la correlación biseral (r) de estos grupos familiares.

A) Diseño Estadístico:

Modelo del Análisis de Correlación Lineal.

Ecuación de Correlación:

$$\hat{Y} = \hat{\mu}_{Y_2} + r_{y_1 y_2} \cdot (y_1 - \hat{\mu}_{Y_1})$$

23

donde: \hat{Y} es el valor fenotípico de un animal miembro del grupo familiar correlacionado; $\hat{\mu}_{Y_2}$ es el estimado de la media de las vacas hijas; $r_{y_1 y_2}$ es grado de semejanza de la producción de las hijas sobre la producción de las madres; y_1 es la producción de las madres "i"esima y $\hat{\mu}_{Y_1}$ es el estimado de la media de las vacas madres.

Para estimar el error típico de la correlación muestral (r) se utilizó la siguiente formula: (ver Tabla # 9)

$$\sigma_r = \sqrt{(1 - r^2) \div (n - 2)}$$

B) Diseño Genético:

La covarianza entre la descendencia-progenitores (cov_{op}) sobre la varianza fenotípica es igual a la suma de los productos cruzados de la correlación entre la descendencia-progenitores y esta equivale a un $\frac{1}{2}$ de la varianza genética aditiva (σ^2_A); por otro lado, la suma de productos de las vacas, es decir, las desviaciones típicas de las madres e hijas, son un estimador de la varianza fenotípica.

La heredabilidad por correlación h^2_r es igual a la varianza genética aditiva entre la varianza fenotípica, es decir a dos veces la covarianza entre la descendencia-progenitores sobre la varianza total estimada.

$$r_{O-P} = \frac{cov_{OP}}{\sigma^2_P} = \frac{cov_{y_1-y_2}}{\sigma_{y_1} \cdot \sigma_{y_2}} = \frac{(\sum y_1 y_2 - ((\sum y_1 \cdot \sum y_2) / n)) / (n-1)}{\sqrt{(\sum y_1^2 - ((\sum y_1)^2 / n)) / (n-1)} \cdot \sqrt{(\sum y_2^2 - ((\sum y_2)^2 / n)) / (n-1)}} = r_{A-P} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{1}{2} \cdot h^2$$

RESULTADOS

Los resultados encontrados en este trabajo de investigación fueron clasificados de acuerdo a si los animales analizados proceden de grupos familiares progenitor-descendencia o de grupos familiares integrados con solo vacas medias hermanas, esto en íntima relación con los procedimientos matemático-estadísticos utilizados, todas las variables hacen referencia a su primera lactación.

Para la agrupación de vacas madres e hijas tenemos que:

En primer lugar se encontró una producción total de 274,850 Kg de leche para las madres que fueron apareadas con el semental Achilles y una producción total de 275,860 Kg de leche para la progenie del mismo, con una media de producción por madre de $\mu = 7,232.90$ Kg y con un error típico de la media, es decir la desviación estándar del promedio fue de $\sigma_{\mu} = \pm 168$ Kg de leche, presentando una desviación estándar de $\sigma = 1034.44$ Kg de leche. La media de producción por hija fue de $\mu = 7,259.47$ Kg con un error de la media de $\sigma_{\mu} = \pm 181$ Kg de leche, y una desviación estándar alcanzó a ser de $\sigma = 1,115.62$ Kg de leche. Dichos parámetros se refieren a un numero de observaciones pares de $n = 38$, donde las producciones fueron ajustadas a equivalente de madurez en todos los casos. (ver tabla # 10 y graficas 9 y 10)

Por otro lado, se observo una producción total de 94,630 Kg de leche para las madres que fueron apareadas con el semental Ford. llegando a una media de producción por madre de $\mu = 7,279.23$ Kg con un error de $\sigma_{\mu} = \pm 228$ Kg de leche y una desviación estándar de $\sigma = 822.16$ Kg de leche. De igual forma se encontró una producción total de 96,060 Kg de leche para la progenie del mismo con una producción media por hija de $\mu = 7,389.23$ Kg, el error de la media fue de

$\sigma_{\mu} = \pm 299$ Kg de leche y una desviación estándar de $\sigma = 1,079.23$ Kg de leche, con una población de $n = 13$ pares de observaciones con iguales condiciones de ajuste del semental anterior. (ver tabla # 10 y graficas 11 y 12)

Así mismo, se demostró una producción total de 118,700 Kg de leche para las madres que fueron apareadas con el semental Sid estableciendo una producción media por vaca madre de $\mu = 6,982.35$ Kg, y un error de $\sigma_{\mu} = \pm 273$ Kg de leche, junto con una desviación estándar de $\sigma = 1,126.90$ Kg de leche, y para la progenie de dicho semental, se encontró una producción total de 135,060 Kg de leche con una media de producción por hija de $\mu = 7,944.70$ Kg, y un error típico de $\sigma_{\mu} = \pm 240$ Kg, y se calculo una desviación estándar de $\sigma = 990.62$ Kg de leche con una población de $n = 17$ pares de observaciones y con condiciones de ajuste iguales a los sementales anteriores. (ver tabla # 10 y graficas 13 y 14)

Además por último, se estableció una producción total de 118,240 Kg de leche para las madres que fueron apareadas con el semental Milkmaker llegando a una producción promedio por madre de $\mu = 6,955.29$ Kg, con un error de $\sigma_{\mu} = \pm 240$ Kg de leche y una reducida desviación estándar de $\sigma = 989.93$ Kg de leche. Las vacas hijas de este semental, alcanzaron una producción total de 127,060 Kg de leche con un promedio de producción de leche por hija de $\mu = 7,474.12$ Kg y un error de $\sigma_{\mu} = \pm 293$ Kg, y un intervalo de desviación estándar de $\sigma = 1,206.62$ Kg de leche, con una población de $n = 17$ pares de observaciones y con condiciones de ajuste iguales a los sementales anteriores. (ver tabla # 10 y grafica # 15 y 16)

Para el rebaño muestreado, que incluyo a los cuatro anteriores grupos familiares de madres y medias hermanas, se obtuvo una producción total por el grupo de madres de 606,420 Kg de leche con

un promedio de producción de $\mu = 7,134.35$ Kg con un error de $\sigma_{\mu} = \pm 109$ Kg, y una desviación standard de $\sigma = 1,007.60$ Kg; la producción total del grupo de medias hermanas fue de 634,040 Kg de leche con una media de producción de $\mu = 7,459.29$ Kg con un error típico de $\sigma_{\mu} = \pm 121$ Kg, y estableciendo una desviación estándar de $\sigma = 1,115.98$ Kg; con una población total del hato tomado como muestra de $n = 85$ pares de observaciones madres-hijas. (ver tabla # 10 y graficas # 17 y 18)

La varianza de cada grupo familiar y subgrupo presenta las siguientes magnitudes: Para las madres cruzadas con el Semental Achilles fue de $\sigma^2_x = 1'070,058.97$ Kg²; las madres cruzadas con el semental Sid tuvieron una varianza de $\sigma^2_x = 1'269,906.62$ Kg²; y las madres cruzadas con el semental Ford se estima su varianza en $\sigma^2_x = 675,941$ Kg², y por último las madres cruzadas con el semental Milkmaker obtuvieron una varianza de $\sigma^2_x = 979,963.97$ Kg². Para obtener un total en el hato de madres de $\sigma^2_x = 1'015,251.1$ Kg². (ver tabla # 10)

Esto pareciera indicar que el subgrupo de madres con mayor variación se encuentra en aquellas vacas cruzadas con el semental Sid, tanto esas vacas como las del semental Milkmaker tienen el mismo tamaño de muestra, así mismo el subgrupo de hembras madres apareadas con el semental Achilles a pesar que cuenta con un mayor número de repeticiones su variación es más estrecha y parece ser menos proporcional a su tamaño de muestra. Para el caso del subgrupo de vacas apareadas con el semental Ford parecen presentar una ligera interacción entre la producción de leche y el tamaño de muestra, pues presentan el nivel más estrecho de variación.

Al comparar las varianzas de los subgrupos de hijas, la varianza estimada fue mayor para el grupo de hijas del semental

Milkmaker $\sigma_y = 1'455,938.278 \text{ Kg}^2$, aunque no tiene un tamaño de muestra mayor, le sigue en orden de importancia, el margen de variación establecida por el grupo de medias hermanas de los sementales Achilles y Ford siendo la varianza respectivamente para cada uno de $\sigma_y^2 = 1'244,610.5 \text{ Kg}^2$ y $\sigma_y^2 = 1'164,741 \text{ Kg}^2$; el grupo de medias hermanas hijas del semental Sid tuvieron una varianza de $\sigma_y^2 = 981,339 \text{ Kg}^2$. Para el subgrupo de hijas medias hermanas agrupadas en el rebaño muestran una varianza total de $\sigma_{y1}^2 = 1'245,409 \text{ Kg}^2$. (ver tabla # 10)

Aparentemente las discrepancias entre las varianzas de grupos de madres y de grupos de hijas, presentan una factible cancelación de la variación por superposición de la herencia y los errores de muestreo (tamaño de población con sus consecuentes efectos aleatorios) y debido también a errores experimentales (principalmente mediados por la interacción de la herencia no aditiva y las desviaciones causadas por los efectos ambientales temporales más que los permanentes, que afectan en forma especial a cada subgrupo en particular).

La estimación de la varianza para los tres grupos familiares antes mencionados, que corresponden a cada familia a cada semental, tuvo la característica de presentar una tendencia a ser más pequeña la variación, para los diferentes subgrupos de madres en comparación con los subgrupos de hijas, en este efecto también se incluye al total de madres-hijas una menor varianza en los subgrupo de madres que en el subgrupo de hijas de la muestra del hato madres-descendencia, con excepción del semental Sid que presento un efecto inverso tendiendo a exagerar la varianza genética aditiva y con ello los efectos pronosticados de la selección. (ver tabla # 10)

El anterior fenómeno, es igualmente demostrado con los parámetros de la media y desviación estándar, no obstante a lo que se pudiera pensar de este fenómeno, parece ser independiente del tamaño de la población. (ver tabla # 10)

En el grupo familiar del semental Achilles se obtuvo resultados para los modelos genético-estadísticos, siendo el coeficiente de regresión de las hijas a las madres de $b = 0.084$ Kg de leche de las hijas por Kg^2 de las madres, $\sigma_b = \pm 0.15$ y para el coeficiente de correlación muestral de $r = 0.078$ $\sigma_r = \pm 0.17$, estos valores determinan a un coeficiente de heredabilidad por regresión de las hijas a las madres dentro del grupo de $h^2_b = 0.17$ y que tiene un error típico de $\sigma_{h^2_b} = \pm 0.31$; simultáneamente el calculo del coeficiente de heredabilidad por correlación muestral entre las madres y las hijas es $h^2_r = 0.16$ con un error típico de medida de $\sigma_{h^2_r} = \pm 0.33$. (ver tablas # 8,9 y grafica # 3)

El grupo familiar del semental Ford presento un coeficiente de regresión de las hijas a las madres de $b = 0.22$ y un error de $\sigma_b = \pm 0.22$; para el coeficiente de correlación muestral entre las madres e hijas dentro del grupo de $r = 0.17$ y un error típico de la correlación de $\sigma_r = \pm 0.30$, estos coeficientes estadísticos permiten estimar el coeficiente de heredabilidad por regresión de las hijas a las madres en $h^2_b = 0.44$ con un error típico de $\sigma_{h^2_b} = \pm 0.44$, coeficiente de heredabilidad por correlación de las madres e hijas fue de $h^2_r = 0.34$ y con un error de $\sigma_{h^2_r} = \pm 0.59$. (ver tablas # 8,9 y grafica # 5)

Para el grupo familiar del semental Sid el coeficiente de regresión de las hijas a las madres fue de $b = 0.37$ con un error de $\sigma_b = \pm 0.22$ y un coeficiente de correlación muestral de $r = 0.42$ así estimando coeficiente de heredabilidad por regresión de las hijas

a las madres en $h^2_b = 0.73$ con un error típico de $\sigma_{h^2_b} = \pm 0.44$ el coeficiente de heredabilidad por correlación de las madres e hijas fue de $h^2_r = 0.83$ y con un error típico de $\sigma_{h^2_r} = \pm 0.47$.
(ver tablas # 8,9 y grafica # 4)

Y Para el grupo familiar del semental Milkmaker el coeficiente de regresión de las hijas a las madres fue de $b = 0.30$ con un error de $\sigma_b = \pm 0.20$ y un coeficiente de correlación muestral de $r = 0.25$ así estimando coeficiente de heredabilidad por regresión de las hijas a las madres en $h^2_b = 0.60$ con un error típico de $\sigma_{h^2_b} = \pm 0.40$ el coeficiente de heredabilidad por correlación de las madres e hijas fue de $h^2_r = 0.49$ y con un error típico de $\sigma_{h^2_r} = \pm 0.50$
(ver tablas # 8,9 y grafica # 6)

La varianza genética aditiva estimada para cada grupo familiar fue mayor con el semental Sid, donde $\sigma^2_A = 928,776.5 \text{ Kg}^2$; para el semental Milkmaker fue de $\sigma^2_A = 590,116.2 \text{ Kg}^2$; para el semental Ford $\sigma^2_A = 300,546.4 \text{ Kg}^2$; y por último para el semental Achilles $\sigma^2_A = 180,624.8 \text{ Kg}^2$. Para el hato se encuentra un valor de la varianza genética aditiva de $\sigma^2_A = 359,901.4 \text{ Kg}^2$. Estos valores que se encuentran muy posiblemente exagerados principalmente por los efectos aleatorios del muestreo de cada grupo familiar, (aunque parece ser que hay un ligero efecto de la herencia), ya que es notable una relación directamente proporcional de la magnitud de la varianza aditiva con respecto al tamaño de la población. (ver tabla # 7)

Para la agrupación de vacas medias hermanas tenemos que:

Anteriormente ya se señaló que por el método de regresión de las hijas hacia las madres en el rebaño total fue cercano al

reportado en la literatura científica, pero al cambiar el sistema de análisis de la población muestreada, bajo el criterio de solo integrar el subgrupo con medias hermanas $n=85$ desechando las producciones de sus madres, donde se utilizo el método de análisis de varianza (ANOVA) por correlación intraclase.

Las agrupaciones de vacas medias hermanas, permitió tener dos subgrupos con diferente cantidad de repeticiones por semental, teniendo dos rebaños clasificados, uno con $n=85$ repeticiones y otro con $n=166$ repeticiones, siendo el primero equivalente a la mitad del rebaño total en la agrupación de vacas madres-descendencia, y el último incluye al anterior, más todos los demás registros completos y ajustados a Equivalente Maduro, de una muestra total de 204 vacas productoras de leche, por lo que se desecharon 38 registros ya por estar incompletos, no presentar ajuste a equivalente de madurez (EM), o simplemente registros perdidos, o desconocidos.

Cuando se procedió ha extender un incremento en el tamaño de la población muestreada para mejorar los estimados, con la condición de que la mejora no estuviera sujeta a la obligación de tener pares de observaciones madre-descendencia, sino que se pudiera ampliar a una muestra mayor, compuesta de solo medias hermanas independientes de las producciones de sus madres o del desconocimiento u omisión de registros de esas madres, resulto en valores aparentemente inexplicables.

El hato de medias hermanas con $n= 85$ repeticiones tuvo una producción total de leche de 634,040 Kg, y un promedio de producción de $\mu= 7,459.29$ Kg con un error de la media de $\sigma_{\mu}= \pm 121$ y una desviación estándar de $\sigma= 1,115.97$ Kg. Mientras que el hato de medias hermanas con $n= 166$ repeticiones tuvo una producción

total de 1'220,990 Kg de leche, con un promedio de producción de cerca de $\mu = 7,355.36$ Kg y un error de la media de $\sigma_{\mu} = \pm 94$ Kg, presentando una desviación estándar de $\sigma = 1,216.27$ Kg.

(ver tabla # 11 y graficas 17,19,20,21,22 y 23)

En el calculo del análisis de varianza por el método de cuadrados mínimos permitió obtener tres estimaciones sucesivas de la varianza de las dos poblaciones muestrales, siendo para la de 85 repeticiones estas estimaciones en:

$$\underline{\Sigma_j \Sigma_j x^2} = 4,834'105,200 \text{ Kg}^2; \quad \underline{\Sigma_j n_j \cdot \mu_j^2} = 4,735'081,283 \text{ Kg}^2;$$

$\underline{n \cdot x^2} = 4,729'490,843 \text{ Kg}^2$. Mientras que para la muestra de 166 repeticiones la serie de estimaciones de la varianza fue de:

$$\underline{\Sigma_j \Sigma_j x^2} = 9,224'909,300 \text{ Kg}^2; \quad \underline{\Sigma_j n_j \cdot \mu_j^2} = 8,986'073,760 \text{ Kg}^2;$$

$$\underline{n \cdot x^2} = 8,980'822,772 \text{ Kg}^2.$$

La estimación del coeficiente de correlación intraclase (r^c) a partir del análisis de varianza (ANOVA), en las 85 vacas medias hermanas fue de $r^c = 0.022$ con un error de $\sigma_r^c = \pm 0.058$; en cambio cuando se realizo el mismo calculo para la agrupación de sus madres solamente se obtuvo una cifra distorsionada para la correlación intraclase de $r^c = - 0.026$, este resultado precedente es probablemente debido a la falta de parentesco comprobado entre estos animales. Para el caso de las 166 medias hermanas fue de solo $r^c = 0.0042$ con un error de $\sigma_r^c = \pm 0.025$. (ver tablas # 3,4 y 5)

A pesar que el error típico de la correlación intraclase se reduce en cerca de la mitad con el aumento del tamaño de la población, no sucede lo mismo como se debería pensar, en una tendencia inversamente proporcional, en relación al coeficiente calculado, manteniendo un valor muy bajo, significando un parecido estrechamente reducido entre las medias hermanas, debido muy probablemente a una variación en los efectos ambientales comunes en

el establo, que permite tener distorsiones amplias por los efectos azarosos en la muestra considerada.

Por lo tanto, explica parcialmente el pobre resultado en la estimación del coeficiente de heredabilidad a partir de esas poblaciones, se obtuvo una heredabilidad para las 85 vacas madres de $h^2_{r'} = -0.10$; mientras que para las 85 vacas medias hermanas $h^2_{r'} = 0.09$, el error típico para la heredabilidad de $oh^2_{r'} = \pm 0.23$, y por último para las 166 vacas medias hermanas fue de $h^2_{r'} = 0.02$ con un error típico calculado en $oh^2_{r'} = \pm 0.099$. (ver tabla # 6)

A estas alturas el estudio marco una gran diferencia en los estimados del coeficiente de heredabilidad, pues bajo regresión los pares de madres-hijas, permiten estimar la heredabilidad en $h^2_b = 0.35$, en cambio este mismo coeficiente calculado con la mitad de los dos subgrupos fue de solo $h^2_{r'} = 0.09$, diferencia muy amplia, donde las causas hay que buscarlas no tanto en la cantidad de variables observadas (85 y 85 pares), sino intrínsecamente en el método de cálculo, que como resulta no es equivalente ni mucho es menos proporcional, y además se deben de incluir las limitaciones que proporcionan los registros de rendimiento a partir de los cuales se estima, y estos últimos están estrechamente relacionados con la especie productiva y del carácter estudiado a partir del cual, se quiere llegar a inferir el coeficiente.

Como se anota anteriormente se consiguió una muestra de $n=166$ vacas donde la estimación del coeficiente de heredabilidad calculando por correlación intraclase, resulto en únicamente $h^2_{r'} = 0.02$, demostrando que pesar de los ajustes, que se obtienen con la metodología del modelo estadístico, que conlleva el análisis de varianza para datos desbalanceados, es de tomarse en cuenta los requisitos ideales para el cálculo, siendo uno de ellos la

variación causada por la normalidad o no de los datos obtenidos, que esta en relación directa con el tamaño de la muestra (n), es decir que en muestras demasiado pequeñas con el método utilizado como la presente, se pueden producir grandes distorsiones en el calculo de los estimados, ya que comprobamos la fineza de la normalidad al encontrar variación desde la magnitud de un solo dato.

Para finalizar se calculo también el coeficiente de heredabilidad por el método de heredabilidad lograda, donde la presión de selección fue del 18.7% a partir de una muestra de tres sementales con $n= 70$ repeticiones en las vacas madres (G_0), teniendo estas una media de $\mu= 8,636.15$ Kg, y la de las hijas (G_1) tuvieron una media de $\mu= 7,795.38$ Kg, con un promedio general de la población bajo selección de $\mu= 7,375.99$ Kg. Este método que sigue a la par la selección de una muestra de la generación alta productora en el rebaño y se contrasto con los rendimientos alcanzados por sus hijas en la primera lactancia, obteniéndose un diferencial de selección (DS) en la generación G_0 de $DS= 1,257.16$ Kg de leche y en la generación G_1 existió una respuesta a la selección (RS) de $RS= 416.39$ Kg de leche.

Siendo la heredabilidad lograda de h^2 lograda= 0.33, para un hato comprendido por una muestra de 20 vacas en pares de observaciones madres seleccionadas e hijas. (ver gráfica # 24)

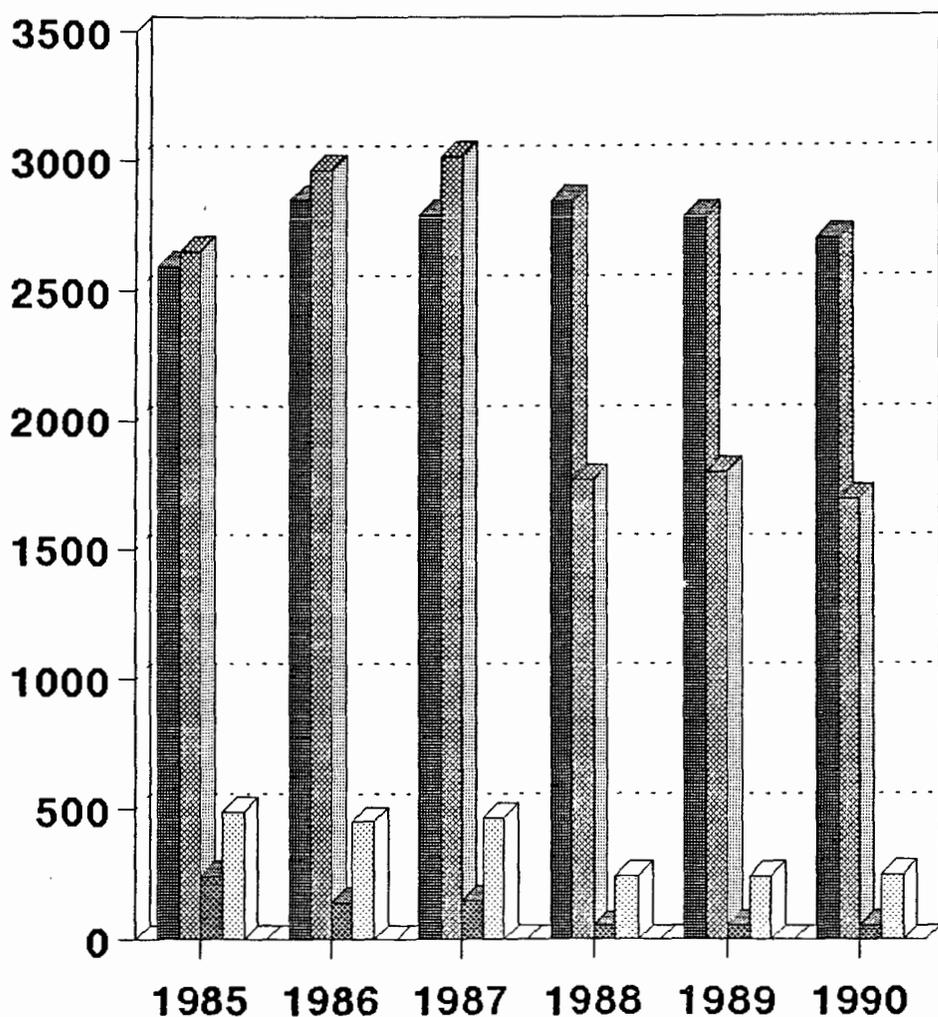
Es obvio que casi todos los estimados adolecen de la validez estadística necesaria, dado su gran error experimental que presentan, aunque salvo por su interés didáctico y demostrativo que despierta el problema y su caracterización es con mucho suficiente en nuestro medio educativo, pero como vemos, también resulta evidente que al avanzar sobre esta circunstancia, se visualiza un

mayor alcance en el número de repeticiones del muestreo por
semental, se sigue la tendencia esperada hacia un menor error.

Poblacion Pecuaria de Jalisco

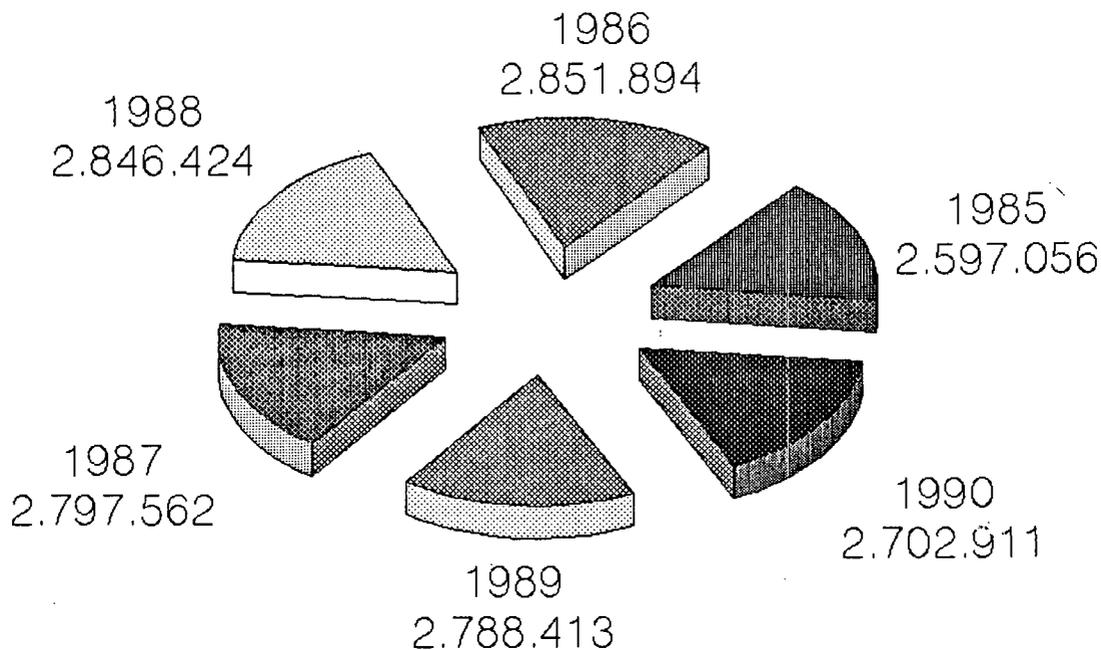
Bovinos, Porcinos, Ovinos y Caprinos

Miles (cabezas)



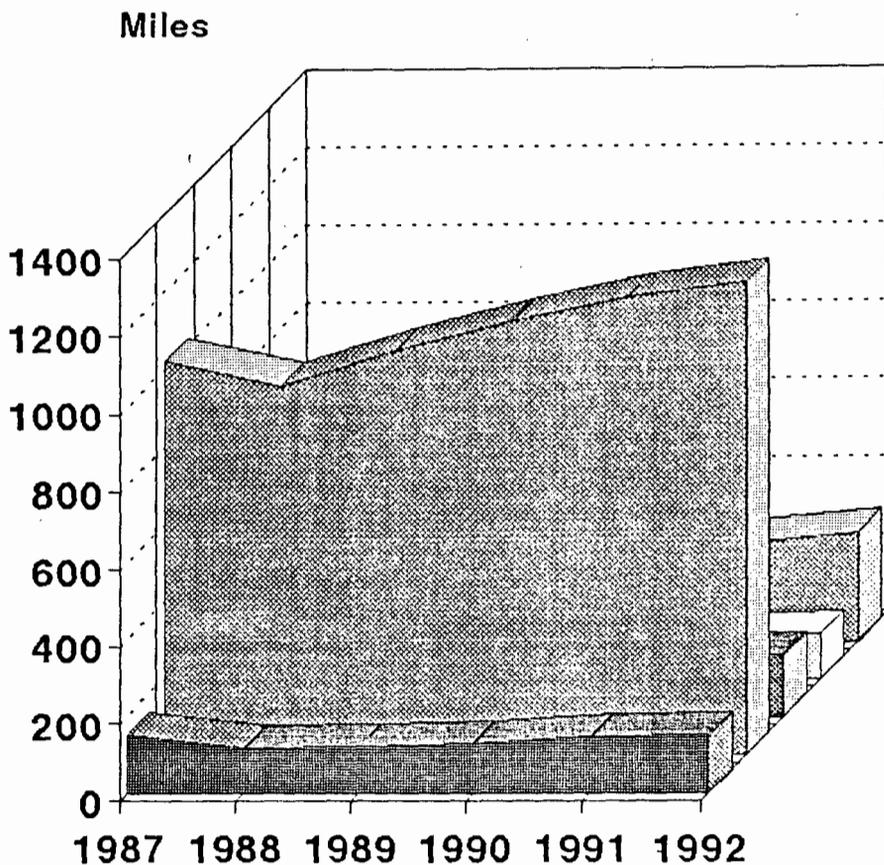
Bovinos
 Porcinos
 Ovinos
 caprinos

Poblacion pecuaria de Jalisco Bobinos 85-90



Produccion Pecuaria de Jalisco

Periodo del 87-92



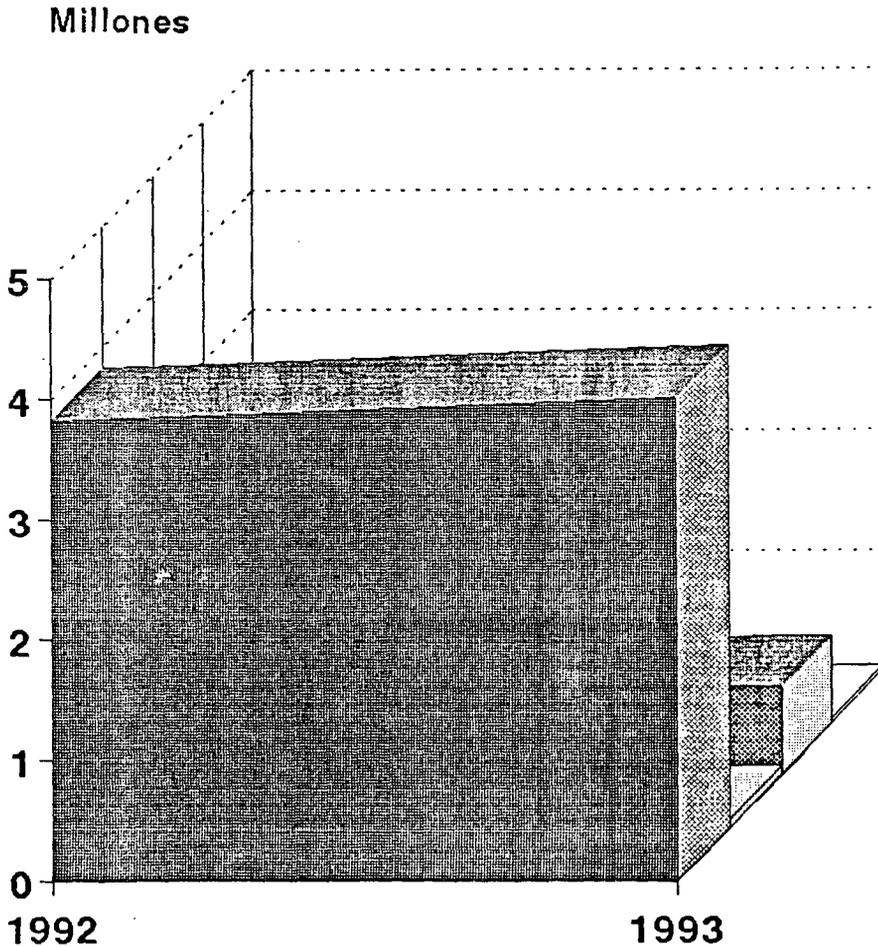
Tonel/Lit.



Grafica # 2

Produccion Pecuaria en Jalisco 92-93

Produccion de Leche, Huevo y Miel



Litros Y Ton.

■ Bovinos ■ Caprinos ■ Huevo Ton. □ Miel Ton.

continuacion grafica # 2

Gráfica de regresión de hijas a madres
Semental Achilles

Kg de Leche

Gráfica 3

EM	EM
Madres	Hijas
7200	6100
6180	6270
6950	6050
7620	5820
6690	6450
6550	7920
5890	7150
6200	8790
7820	6390
7850	6780
5870	6980
7270	9390
8370	7120
9040	6750
8660	6040
5070	8490
6270	4790
6510	7190
7180	7990
7280	7870
6600	6920
6060	6720
7790	9160
8590	9800
8590	6630
8230	9850
7140	7100
8770	7340
7950	7560
6720	6990
7420	6590
7590	8050
5510	7010
8490	8060
6780	7430
9050	6160
6200	7090
6900	7070
	8350
	7100

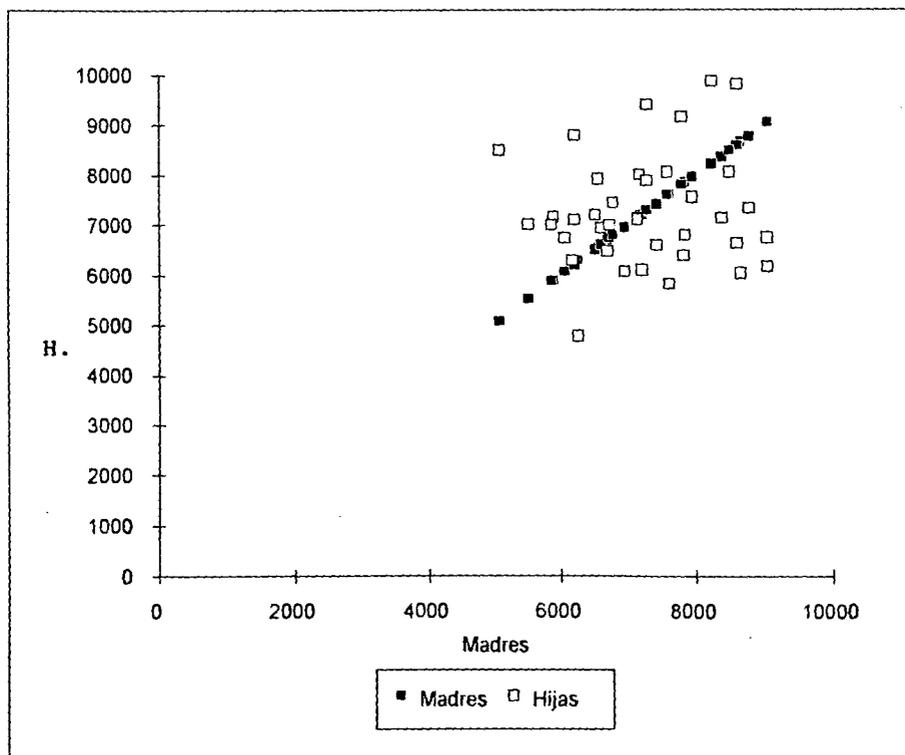
Resultado Regresión

Constante	6649,021
Error de estim. Y	1127,541
Coef. determinac. (r^2)	0,006124
Tamaño de la muestra	38
Grados de libertad	36
Coefficiente de Regresión b=	0,084399
Error coef. b	0,153897
Coefficiente de Heredabilidad	0,168799
Error coef. h^2 =	0,30779
Coefficiente de Correlación r=	0,078258
Error del coef. r=	0,166155
Coefficiente de Heredabilidad	0,156516
Error del coef. h^2 =	0,332311

SEMENTAL ACHILLES

8750
 7310
 8750
 7310
 8410
 6680
 9560
 7960
 5720
 5390
 6580
 6950
 7610
 5950
 6580
 6950
 7610
 5950

Continuación gráfica 3



Gráfica de regresión de hijas a madres Semental Sid

Gráfica 4

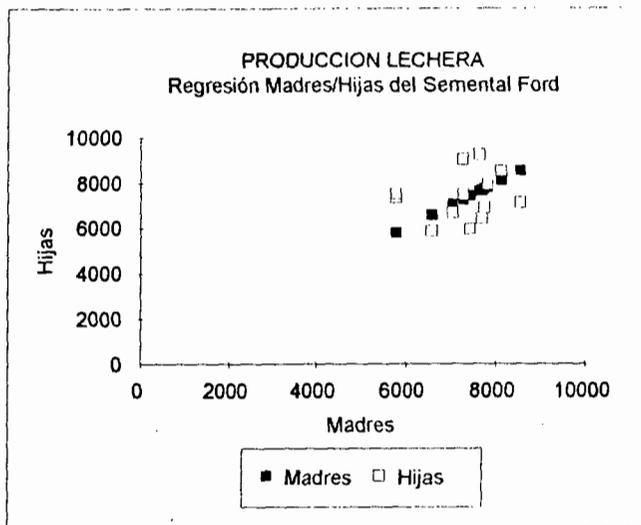
Kg de Leche	
EM	EM
Madres	Hijas
8170	6930
7340	8370
7220	9380
6650	9200
6260	8910
6250	8770
5870	7290
7360	7620
9460	8590
7840	8540
8790	9040
7120	7730
5770	7350
6500	7710
7060	6720
5640	6870
5400	6040
<hr/>	
	8110
	7760
	6790
	7400
	9660
	8230
	8040
	8590
	5070
	7720
	7710
	8100
	7620
	8030
	8750
	8450
	8930
	7690
	5980
	7380
	6710
	7640
	10320
	6580
	6960
	7480
	7070
	9280
	7730

Resultado regresión	
Constante	5391,351
Error de estim. Y	930,3867
Coef. determinac. (r ²)	0,17305
Tamaño de la muestra	17
Grados de libertad	15
Coefficiente de Regresión b=	0,365687
Error coef. b	0,224966
Coefficiente de heredabilidad	0,7313
Error coef. h ²	0,439395
Coefficiente de Correlación r=	0,4159
Error coef. r	0,234798
Coefficiente de Heredabilidad	0,570046
Error coeficiente h ² =	0,46956

Gráfica de regresión de hijas a madres Semental Ford

Gráfica 5

Kg de Leche	
EM	EM
Madres	Hijas
7420	5950
7040	6660
7260	9060
5780	7350
7620	9240
7690	6430
8540	7130
6580	5870
7730	6900
7810	7930
5780	7510
8110	8530
7270	7500
	6700
	7480
	6970
	6590



Resultado Regresión

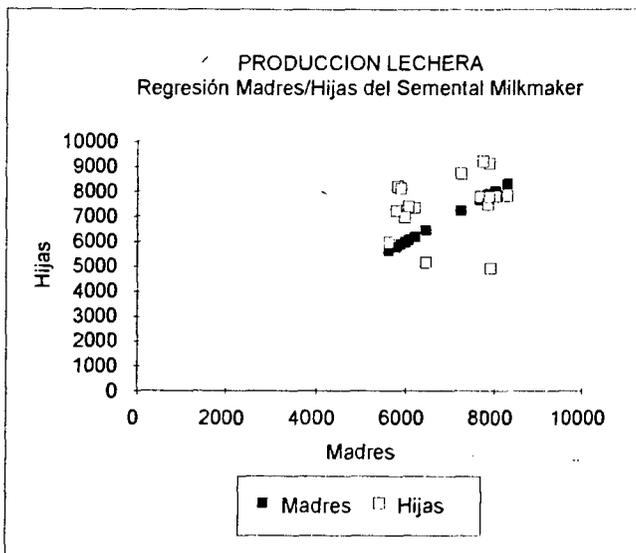
Constante	5771,37
Error de estim. Y	1110,946
Coef. determinac. (r^2)	0,028668
Tamaño de la muestra	13
Grados de libertad	11
Coefficiente de Regresión $b=$	0,222257
Error coef. $b=$	0,222257
Coefficiente de Heredabilidad	0,4451
Error coef. $h^2=$	0,439395
Coefficiente de Correlación r	0,169315
Error coef. $r=$	0,297153
Coefficiente de Heredabilidad	0,338629
Error coef. $h^2=$	0,594316

Gráfica de regresión de hijas a madres Semental Milkmaker

Kg de Leche

Gráfica 6

EM	EM
Madres	Hijas
6200	7360
6450	5160
5810	8190
7240	8740
5890	8130
7920	4910
8280	7820
8020	7820
7890	9130
5620	5950
6060	7400
7660	7790
7840	7470
7730	9200
5980	6960
7870	7790
5780	7240



8350
5780
7080
3660
8400
8440
6930
5180
5150
7900
6850
4260
7690

Resultado Regresión

Constante	5379,943
Error de estim. Y	1207,576
Coef. determinac. (r ²)	0,061019
Tamaño de la muestra	17
Grados de libertad	15
Coefficiente de Regresión b=	0,301091
Error coef. b	0,197049
Coefficiente de Heredabilidad	0,602182
Error coef. h ² =	0,394
Coefficiente de Correlación r	0,247019
Error del coef. r=	0,250197
Coefficiente de Heredabilidad	0,494038
Error del chofe. h ² =	0,500394

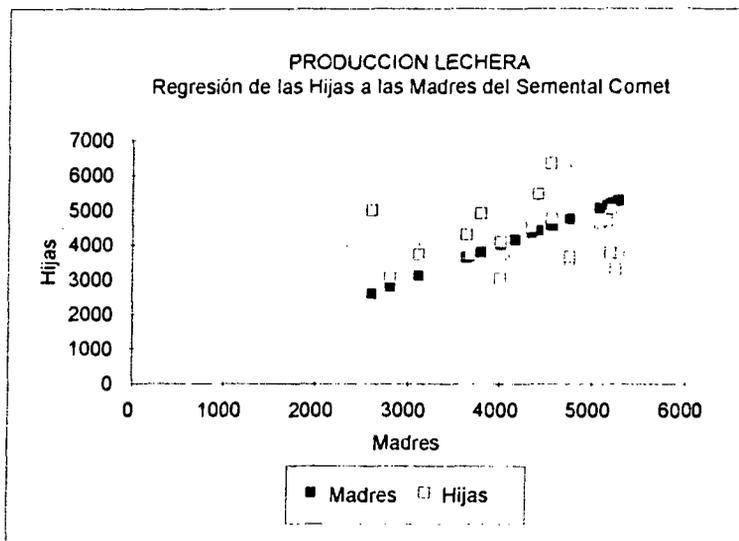
SEMENTAL COMET

Gráfica de regresión de hijas a madres Semental Comet

Kg de Leche

Gráfica 7

Madres EM	Hijas EM
2805	3040
3795	4920
2610	5010
5250	3285
4155	3750
4005	4080
4755	3555
4005	3030
3675	3705
5280	3750
5190	3765
4545	6330
4005	3630
4335	4500
5070	4620
4755	3660
5205	5040
3630	4300
4560	4755
4410	5460
5160	4710
3120	3720



4287,3 ± 165.4
793,4

Madres

4209,8 ± 173.4
831,4

Hijas

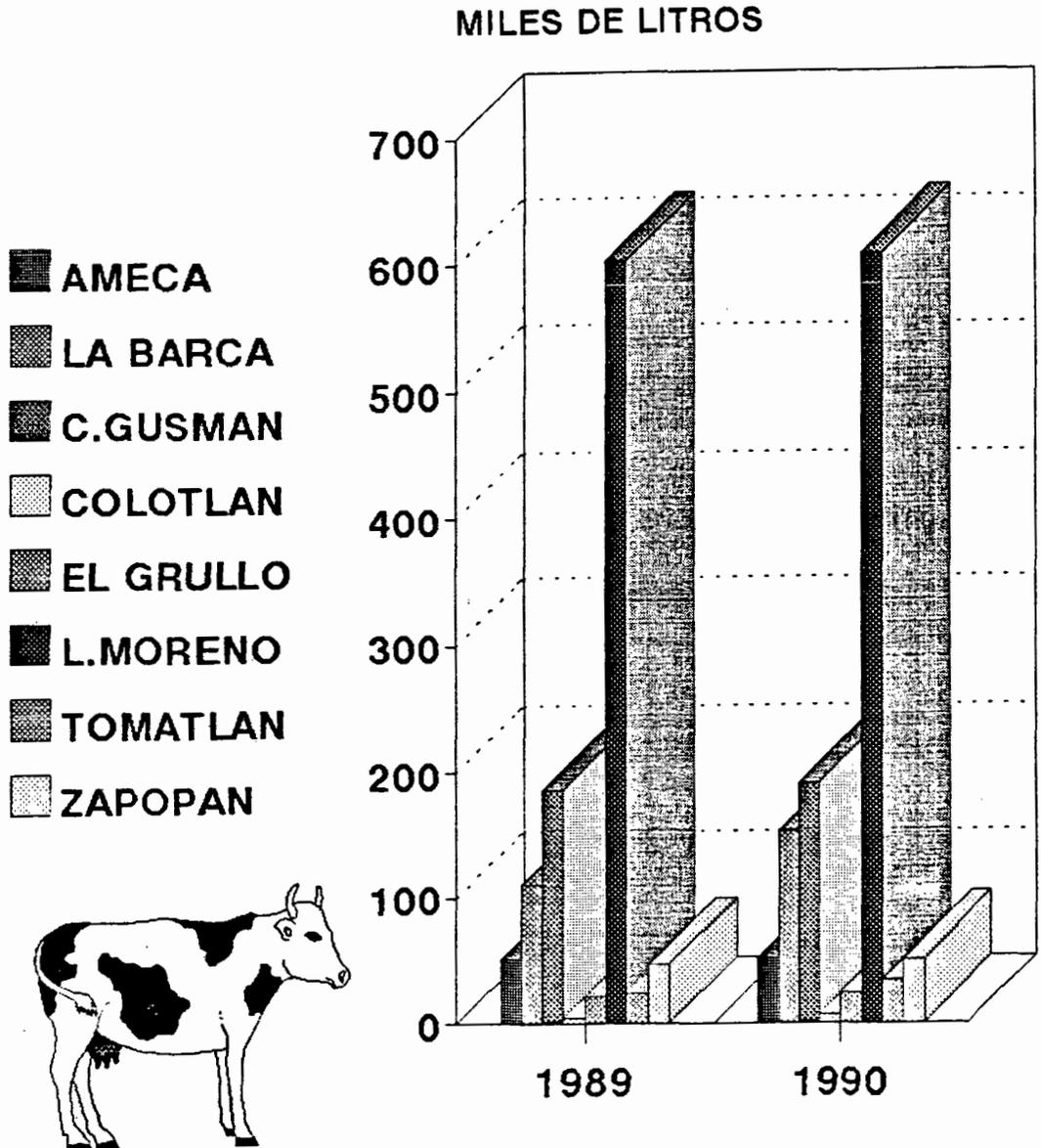
4248,5 ± 118.6
804,1

Total

Resultado regresión

Constante	3714,158
Error de estim. Y	846,7196
Coef. determinac. (r ²)	0,012169
Tamaño de la muestra	22
Grados de libertad	20
Coefficiente de Regresión b	0,115601
Error coeficiente b	0,232892
Coefficiente de Correlación r	0,110313
Coefficiente de Heredabilidad h ²	0,231203
Error coeficiente h ²	0,465784
Coefficiente de Correlación r	0,11
Error coef. r	0,235
Coefficiente de heredabilidad h ²	0.220626
Error coeficiente h ²	0,47

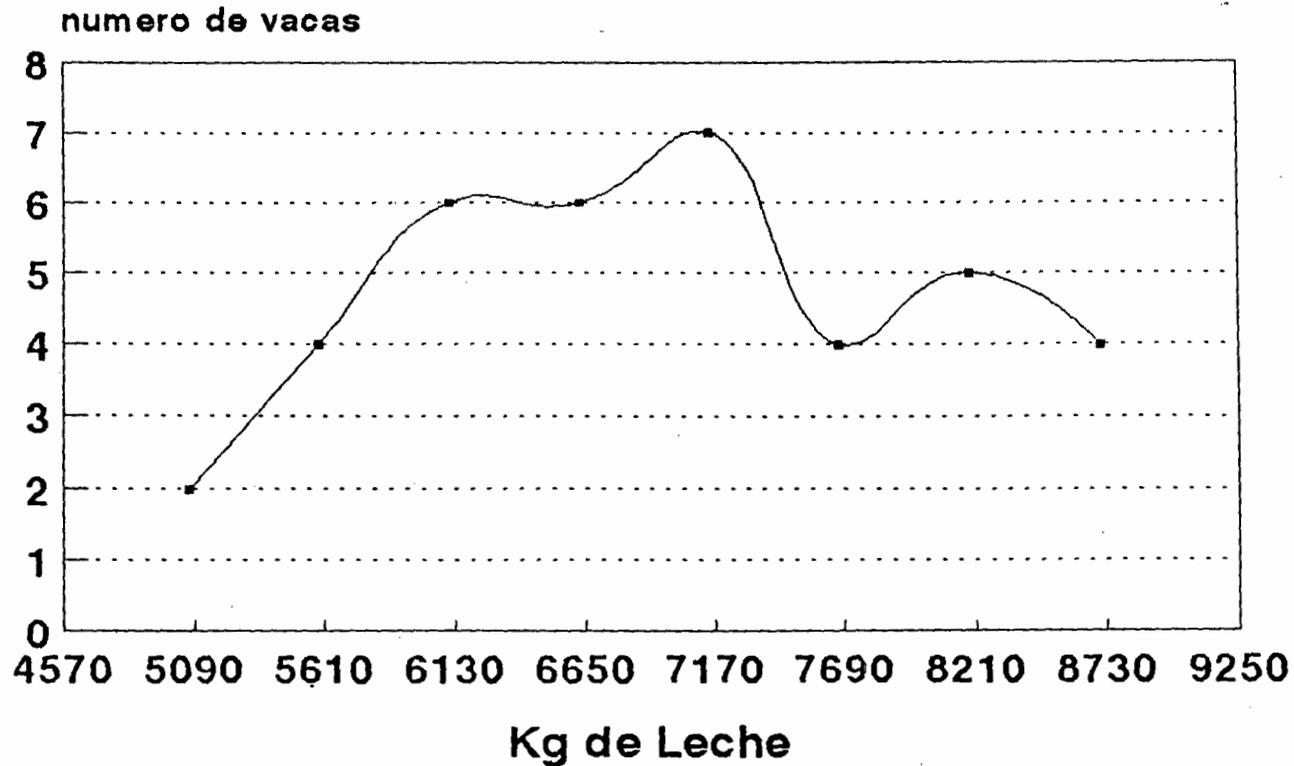
Volumen de la Produccion de Leche Ganado Bovino Segun Distrito Periodo 89-90



Grafica # 8

SEMENTAL ACHILLES

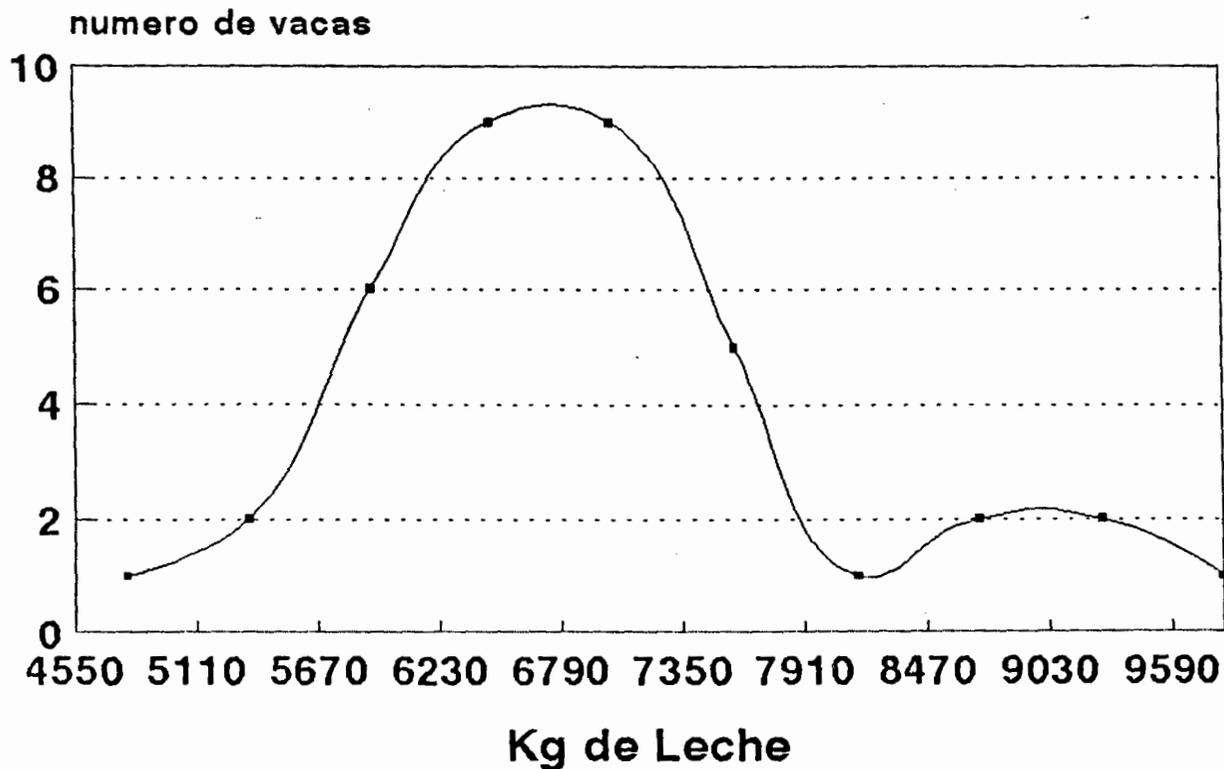
MADRES n=38



Grafica #9

SEMENTAL ACHILLES

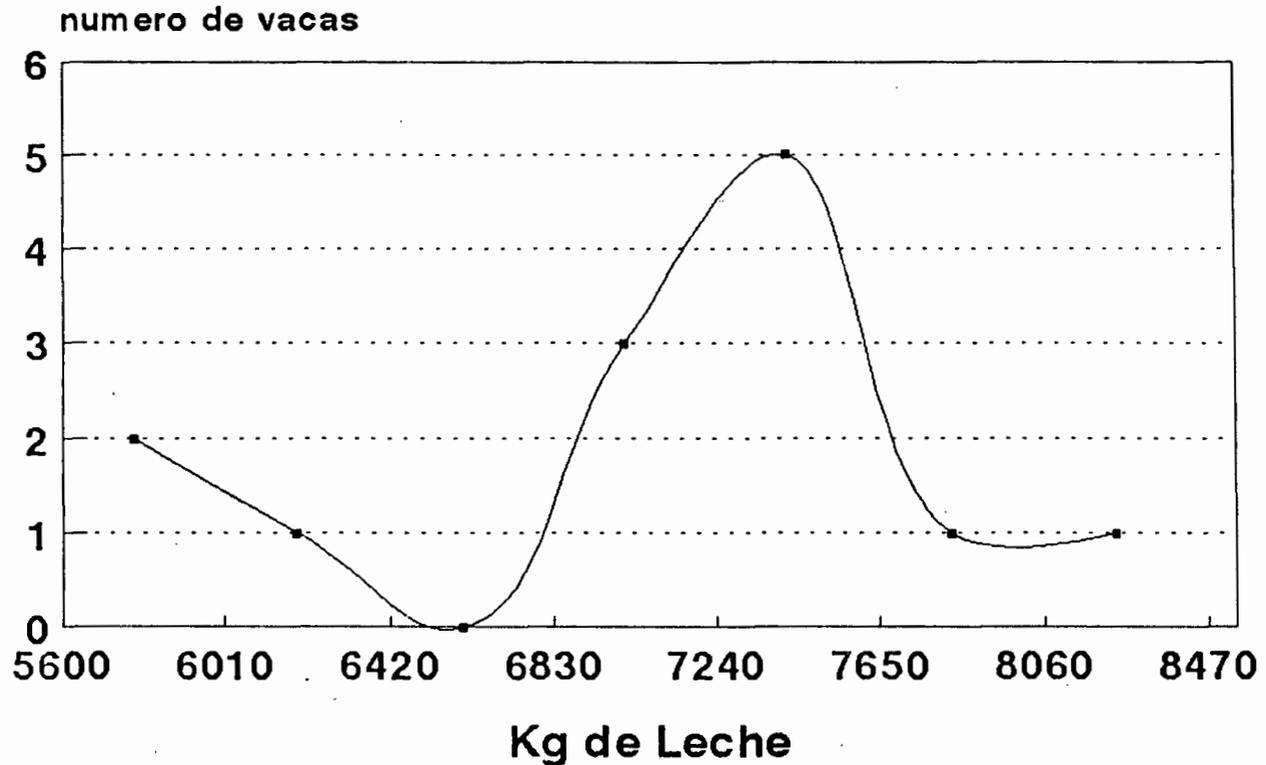
HIJAS n=38



Grafica # 10

SEMENTAL FORD

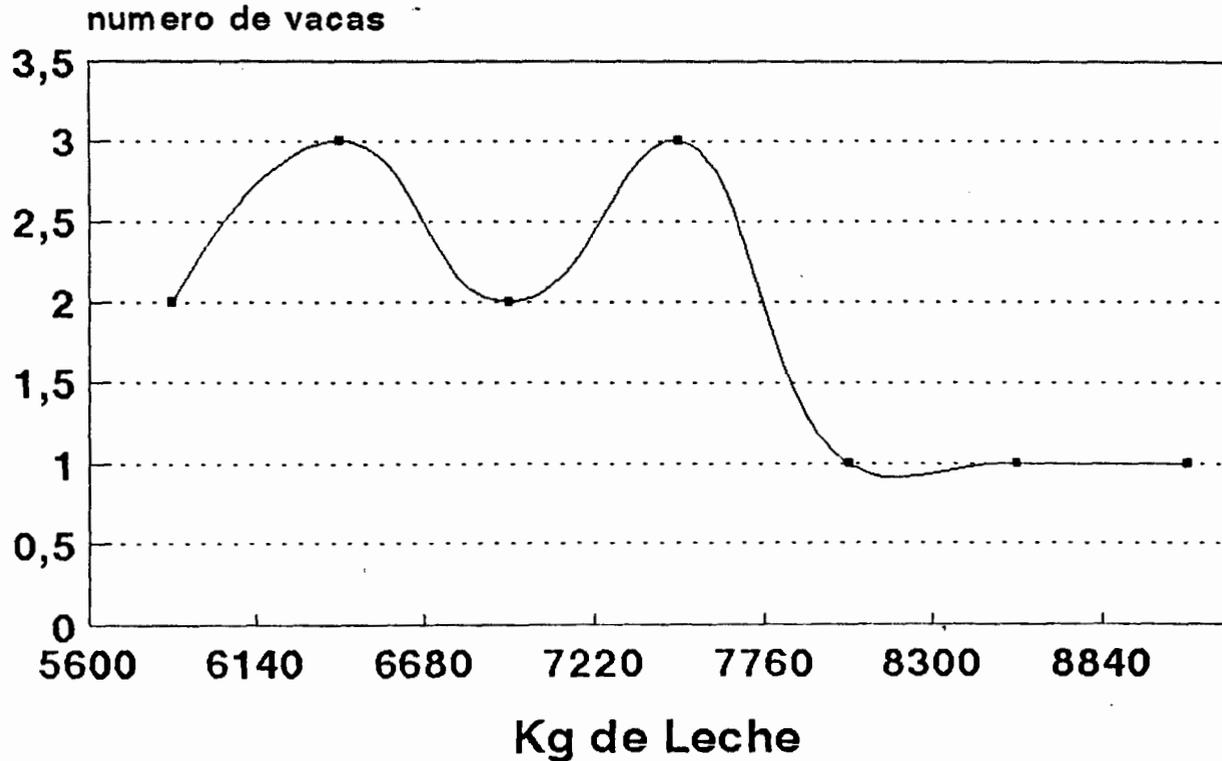
MADRES n=13



Grafica # 11

SEMENTAL FORD

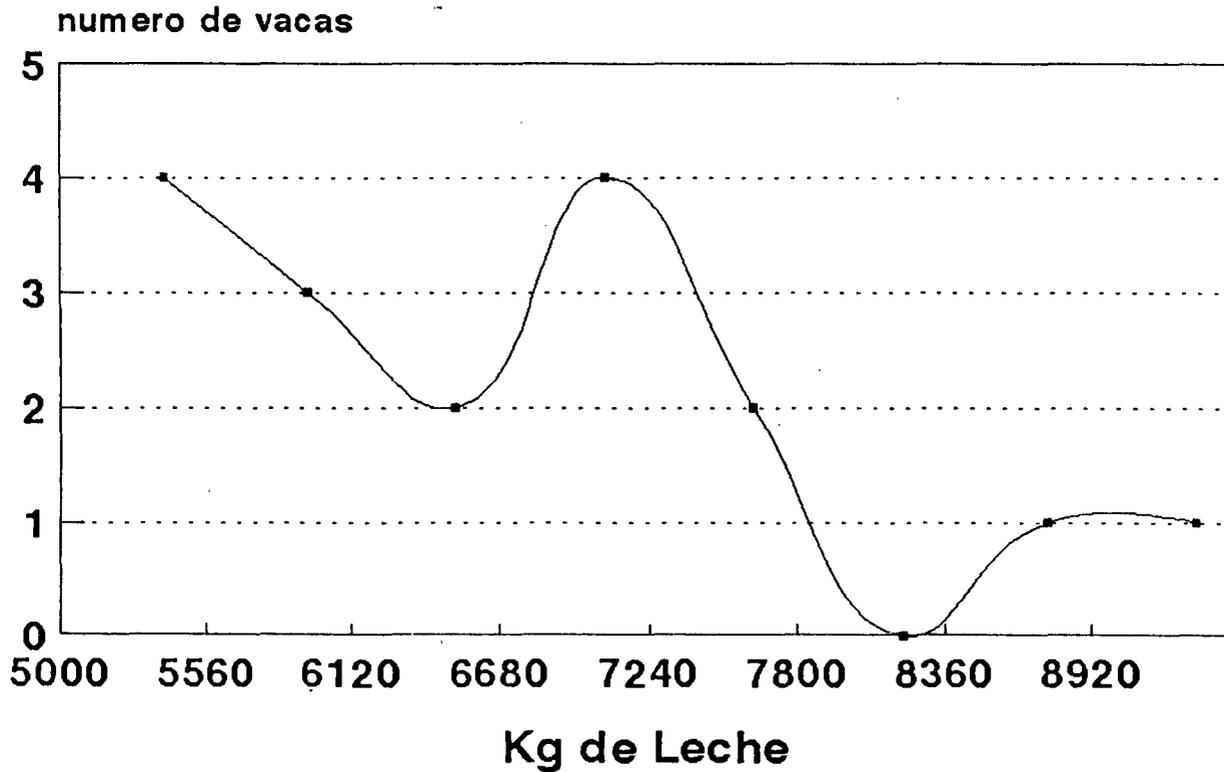
HIJAS $n=13$



Grafica # 12

SEMENTAL SID

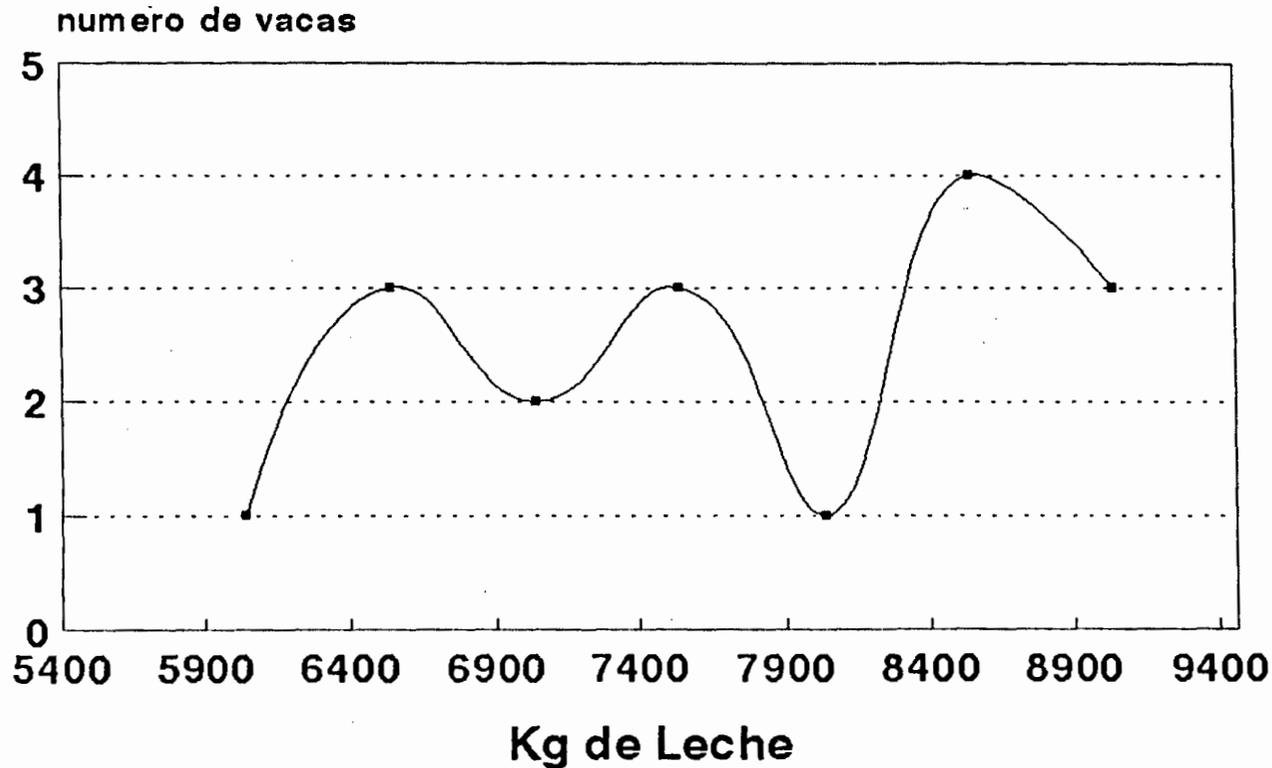
MADRES n=17



Grafica # 13

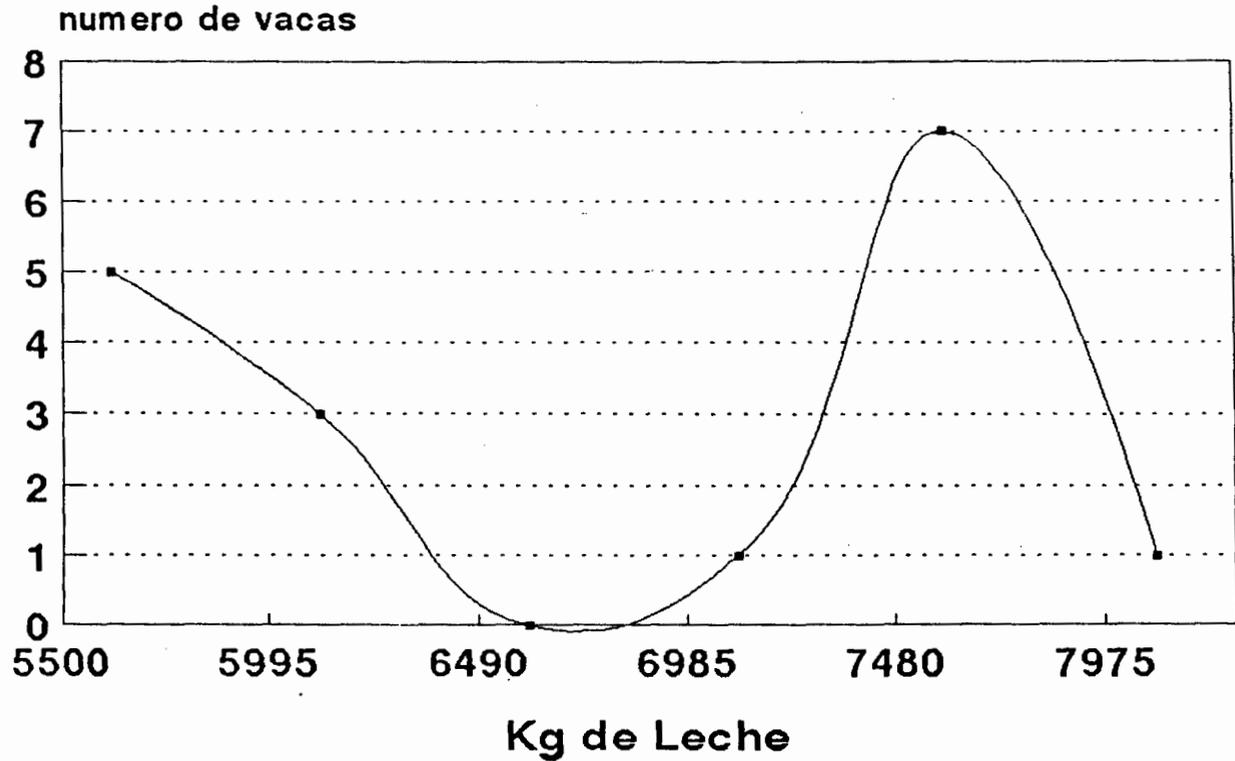
SEMENTAL SID

HIJAS n=17



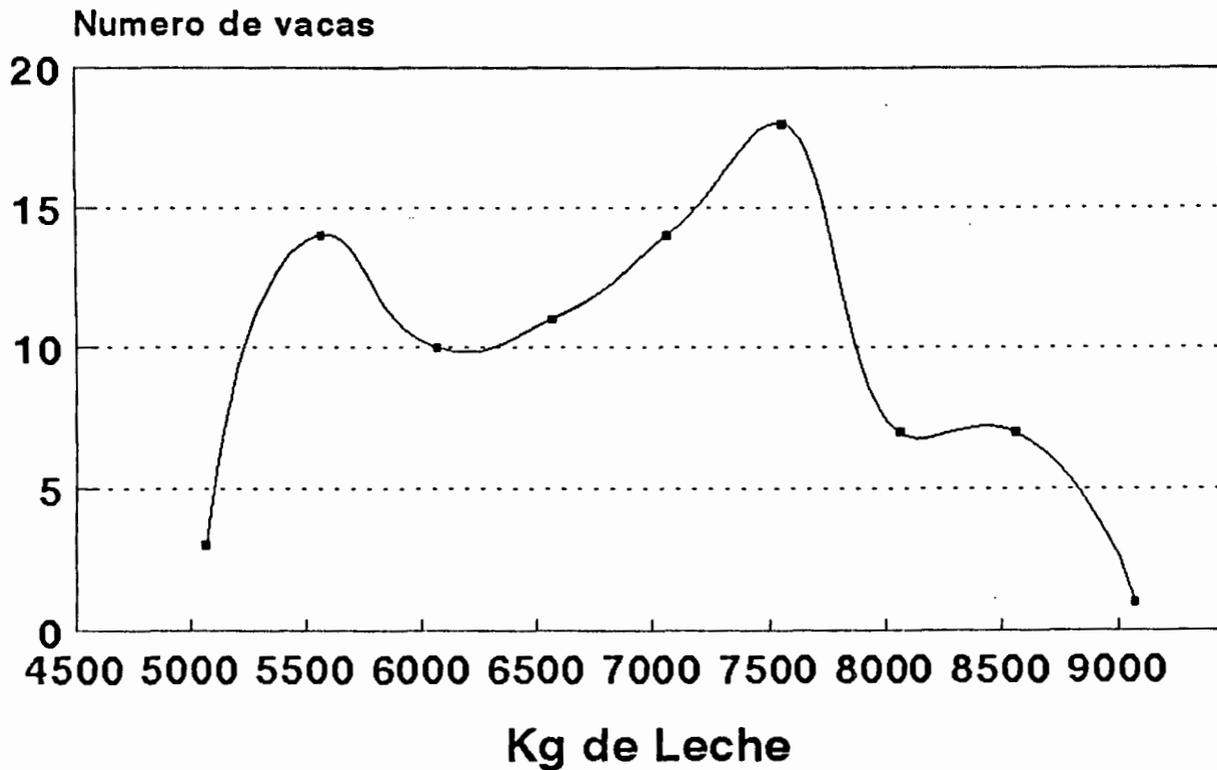
SEMENTAL MILKMAKER

MADRES n=17

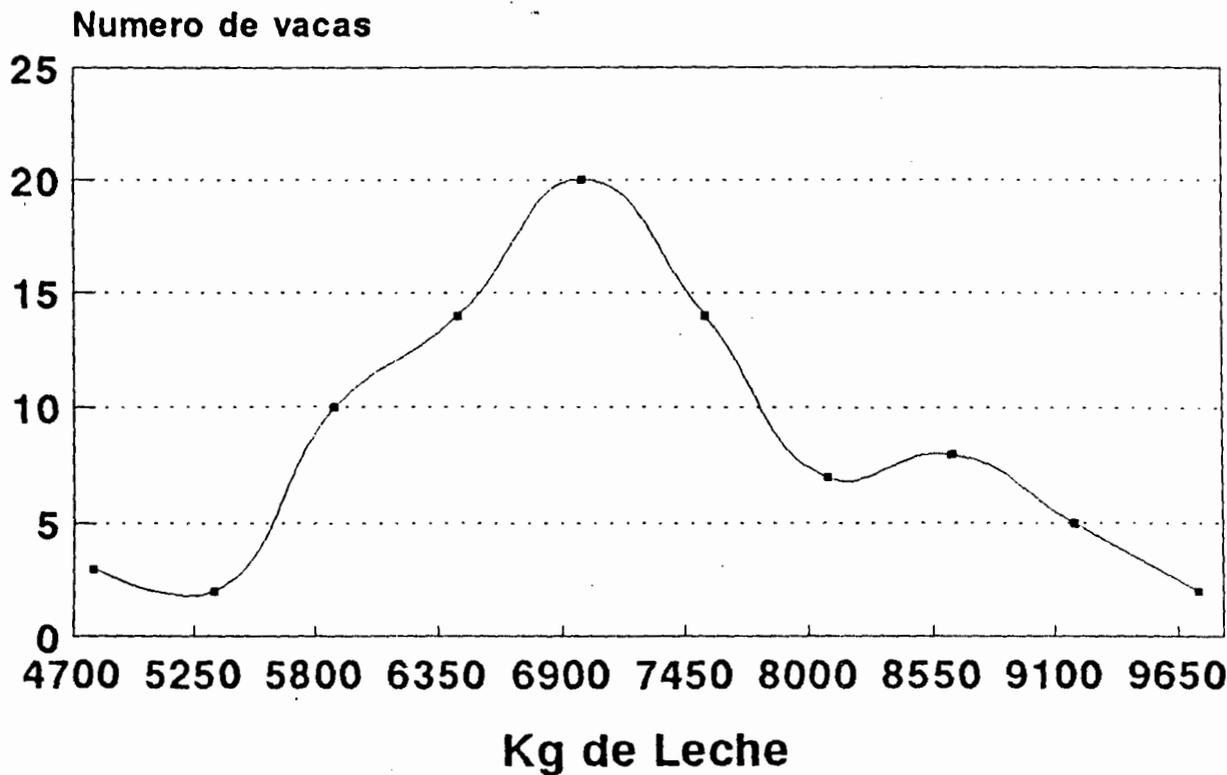


Grafica # 15

POBLACION TOTAL DE LAS MADRES n=85



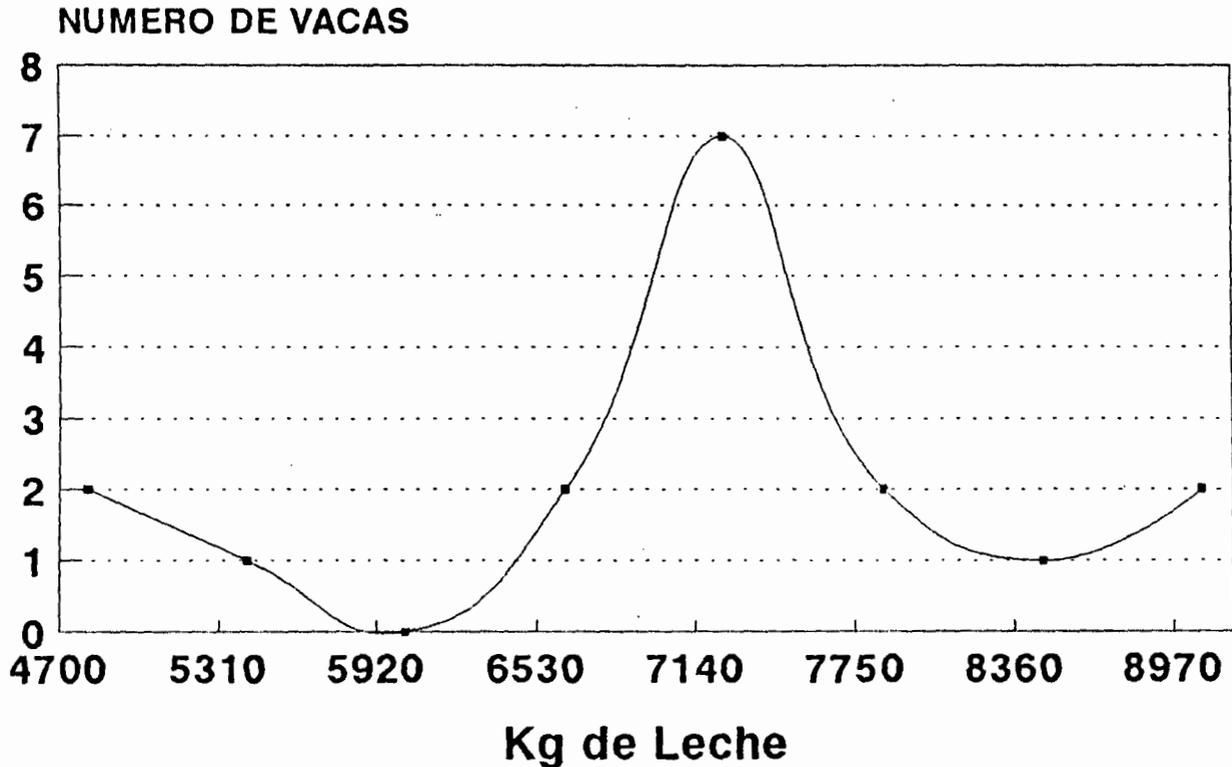
PRODUCCION TOTAL DE LAS HIJAS $n=85$



Grafica # 17

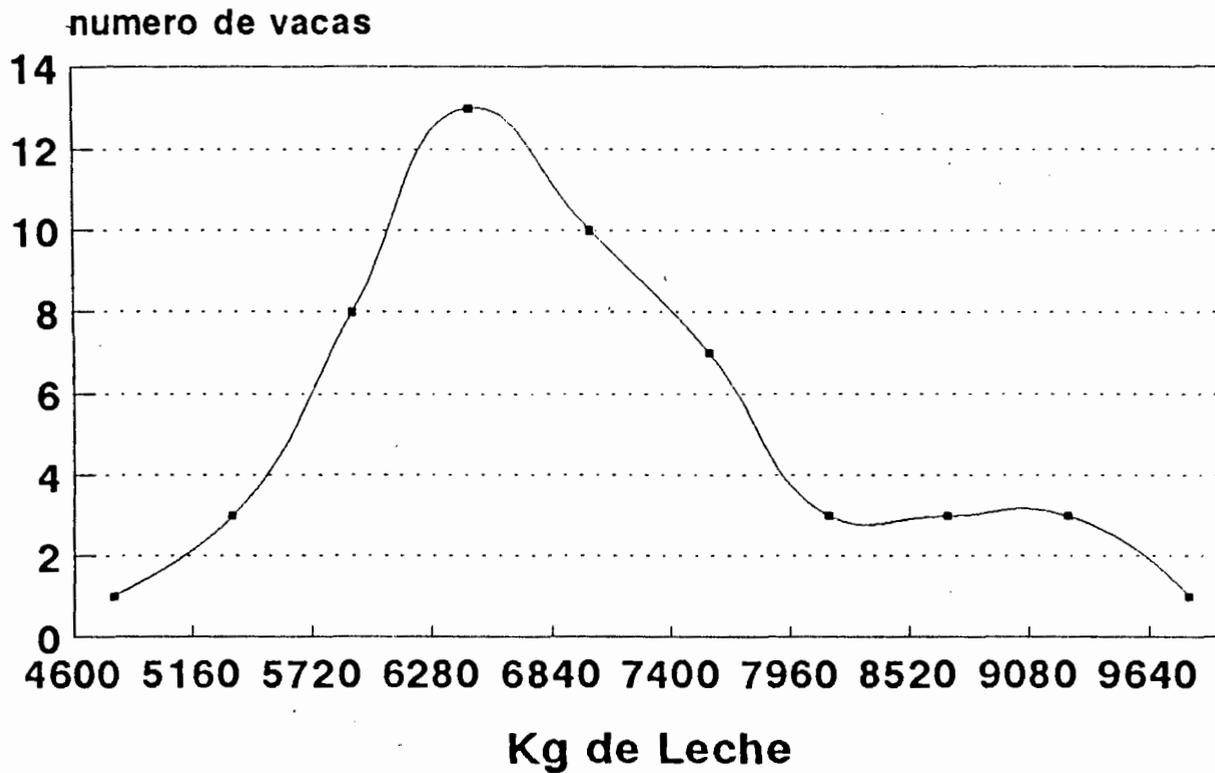
SEMENTAL MILKMAKER

HIJAS $n=17$



SEMENTAL ACHILLES

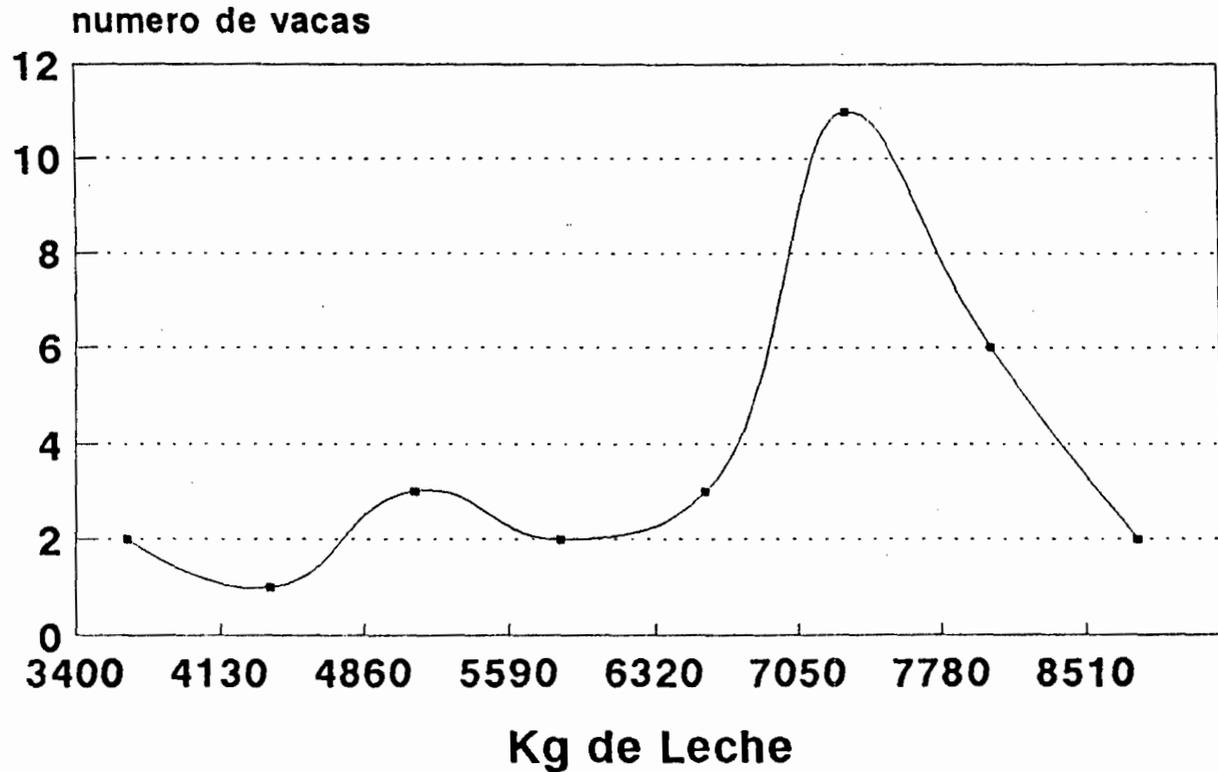
HIJAS n=52



Grafica # 19

SEMENTAL MILKMAKER

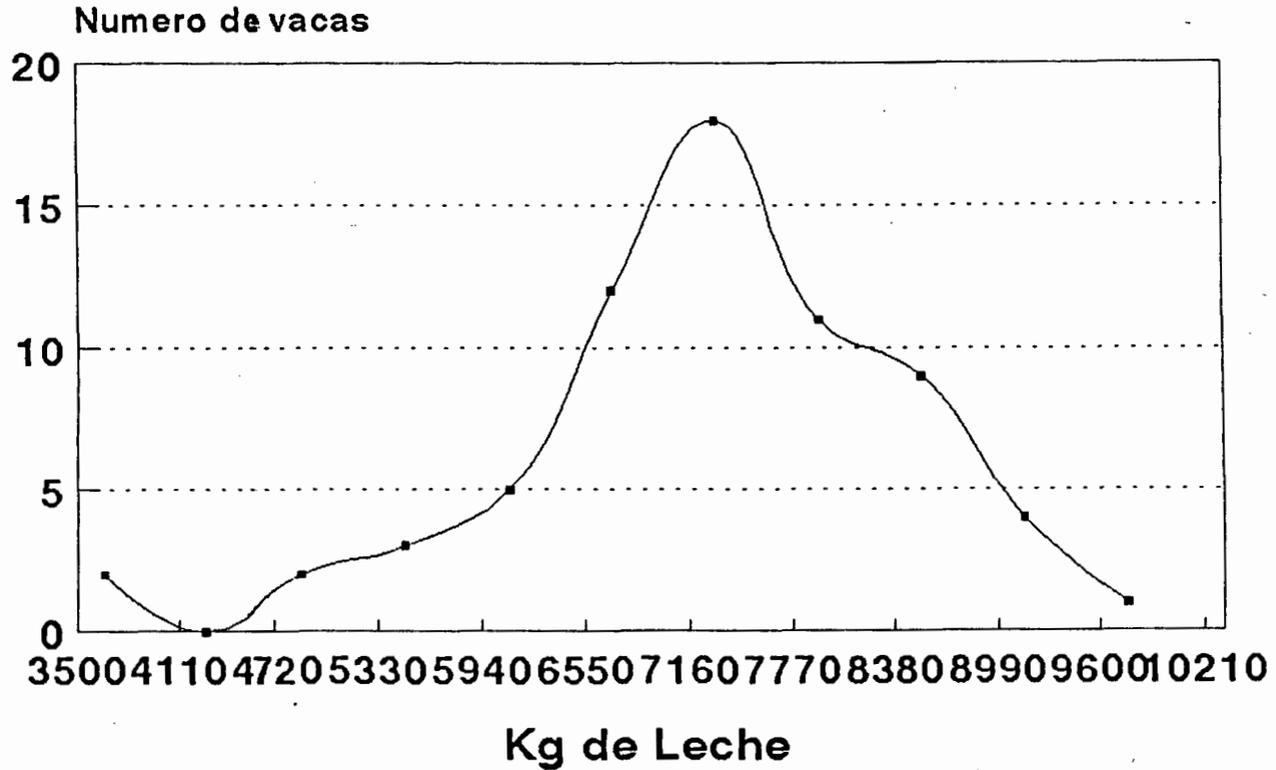
HIJAS n=30



Grafica # 20

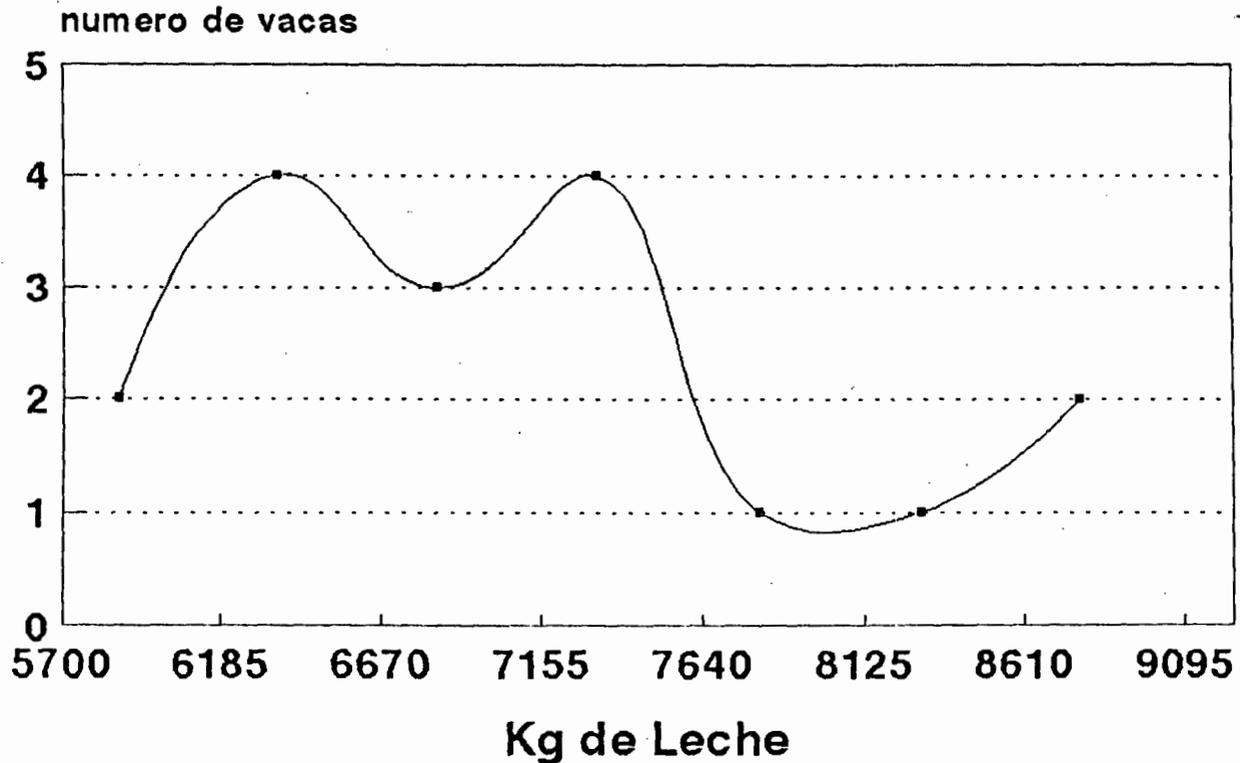
SEMENTAL SID

HIJAS n=67

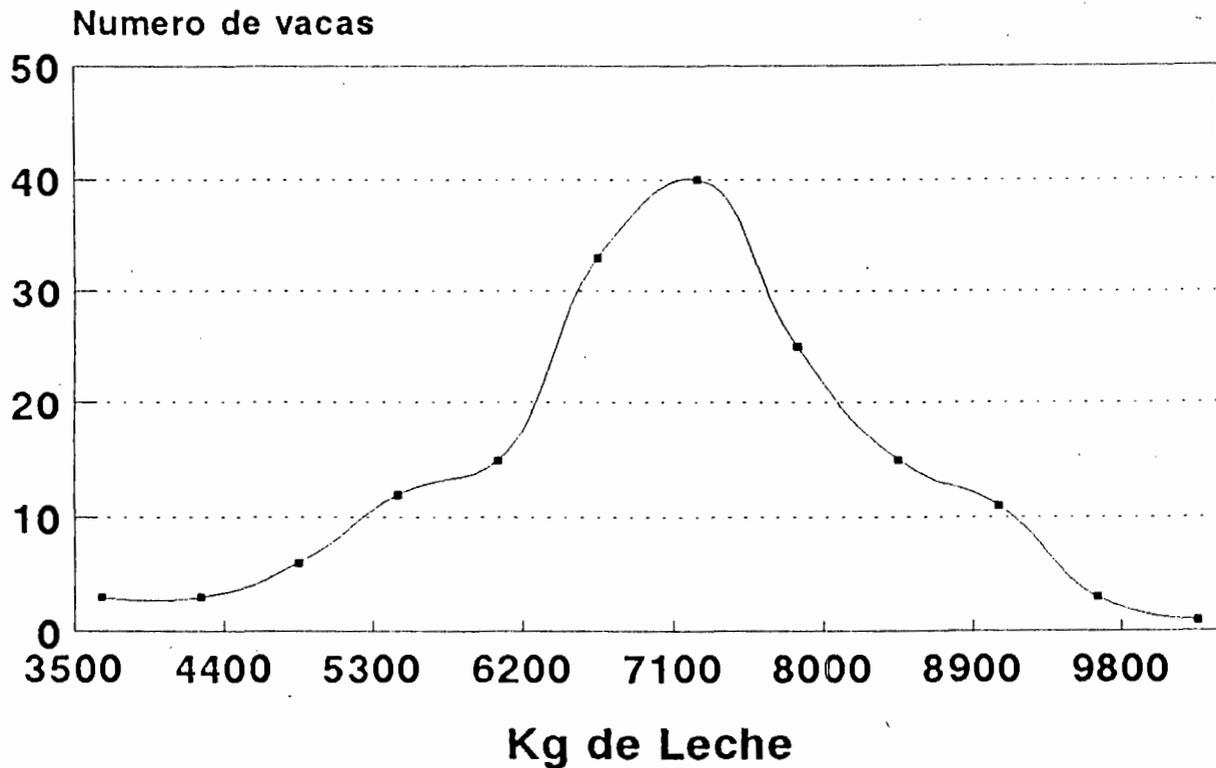


SEMENTAL FORD

HIJAS n=17



PRODUCCION TOTAL DE LAS HIJAS n=166



GRAFICA # 24

G0

G1

REGRESIONES

MADRES	HIJAS
8,370	7,120
9,040	6,750
8,660	6,040
8,590	9,800
8,230	9,850
8,770	7,340
9,050	6,160
8,490	8,060
8,170	6,930
9,460	8,590
8,790	9,040
8,540	7,130
8,110	8,530
MEDIA	MEDIA
8,636.154	7,795.385

nt= 70

18.6% seleccion

Go n=13

h^2 lograda= Respuesta a la seleccion \div Diferencial de seleccion

μ	R.S:	h^2
7,378.993	416.3918	0.331216
	D.S:	
	1257.161	

TABLA # 1

ESTRUCTURA DE UN HATO EN LAGOS DE MORENO JALISCO.

HATO	NUMERO DE CABEZAS
VIENTRES	44,870
VAQUILLAS	8,867
BECERRAS DE 0 a 1 AÑO	18,168
SEMENTALES	890
TORETES	157
BECERROS DE 0 a 1 AÑO	0
TOTAL	72,952

TABLA # 2

BOBINOS PRODUCTORES DE LECHE MUNICIPIO DE LAGOS DE MORENO JAL.

TIPO DE EXPLOTACION	VIENTRES	PRODUCCION DE LECHE (MILES DE LITROS)
TECNIFICADO	16,083	63,769
MEDIO TECNIFICADO	21,600	72,576
BOBINOS PRODUCTORES DE CARNE QUE ORDENAN	4,247	2,548.2
TOTAL	41,930	138,893.2

FUENTE: Gomez Mena J.deJ.: Diagnostico socioeconomico agricola y pecuario del municipio de Lagos de Moreno Jalisco. Tesis de licenciatura U de G 1994.

Tabla # 3

ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)
DE LAS MADRES SELECCIONADAS N=85

FUENTES	SC	GL	CM
Entre	1'579,687	3	526,562.33
Dentro	85'281,090	81	1'052,853.963
n_o	19.74117647		
σ^2_T	-26,659.53861		

Tabla # 4

ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)
DE LAS MEDIAS HERMANAS N=85

FUENTES	SC	GL	CM
Entre	5'590,440	3	1'863.480
Dentro	104'614,357	81	1'291,535.272
n_o	19.74117647		
σ^2_T	28,972.17037		

Tabla # 5

ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)
DE LAS MEDIAS HERMANAS N=166

FUENTES	SC	GL	CM
Entre	5'250,988	3	1'750,329.333
Dentro	244'086,528	81	1'506,706.963
n_o	38.50200803		
σ^2_T	6,327.523744		

Tabla # 6

RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION
INTRACLASE Y DE HEREDABILIDAD

	MADRES n=85	HIJAS n=85	HIJAS n=166
r^t	-0.0259790581	0.02194017954	0.00418820089
σ_r^t		± 0.0581336744	± 0.0246550772
$h^2_r^t$	-0.1039162325	0.08776071816	0.01672803574
$\sigma_{h^2_r^t}$		± 0.2325346978	± 0.0986203089

TABLA # 7

ESTIMADOS MATEMATICO-ESTADISTICO DE LA VARIANZA ADITIVA

	Achilles $n_1=38$	Sid $n_2=17$	Ford $n_3=13$
Σxy	1,998'607,900	950'466,800	701'045,700
Covxy	90,312.37838	464,388.2375	150,232.6917
σ^2_A	180,624.7568	928,776.475	300,465.3834

CONTINUACION DE LA TABLA # 7

	Milkmaker $n_A=17$	Rebaño $n=85$
Σxy	888'460,600	4,538'581,000
Covxy	295,058.0875	179,950.7262
σ^2_A	590,116.1750	359,901.4524

TABLA # 8

COEFICIENTES DE REGRESION Y DE HEREDABILIDAD

	Achilles $n_1=38$	Sid $n_2=17$	Ford $n_3=13$
b_{yx}	0.08439943864	0.3656869166	0.2222570996
σ_b	± 0.1538966843	± 0.2249662634	± 0.2196976593
h^2_b	0.1687988773	0.73137338332	0.445141992
σ_{h^2b}	± 0.3077933686	± 0.4393953186	± 0.4393953186

CONTINUACION DE LA TABLA # 8

	Milkmaker $n_4=17$	Rebaño $n=85$
b_{yx}	0.3010907514	0.1772475152
σ_b	± 0.197049078	± 0.09717566992
h^2_b	0.6021815028	0.3544950304
σ_{h^2b}	± 0.394098156	± 0.1943513398

TABLA # 9

COEFICIENTES DE CORRELACION Y DE HEREDABILIDAD

	Achilles $n_1=38$	Sid $n_2=17$	Ford $n_3=13$
r_{y1y2}	0.0782576275	0.4159927798	0.1693149704
σ_r	± 0.1661555282	± 0.2347977864	± 0.2971581215
h^2_r	0.156515255	0.8319855596	0.3386299408
σ_{h^2r}	± 0.3323110564	± 0.4695595573	± 0.594316243

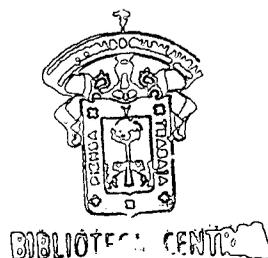
CONTINUACION DE LA TABLA # 9

	Milkmaker $n_4=17$	Rebaño $n=85$
r_{y1y2}	0.2470193611	0.1600334909
σ_r	± 0.2501974467	± 0.1083495727
h^2_r	0.4940387222	0.3200666982
σ_{h^2r}	± 0.5003948934	± 0.2166991454

TABLA # 10

RESUMEN DE LOS ESTIMADOS MATEMATICO-ESTADISTICO
DE LOS 4 SEMENTALES Y LA POBLACION TOTAL N=85

	Achilles $n_1=38$	Sid $n_2=17$	Ford $n_3=13$
Σx	274,850	118,700	94,630
Σx^2	2,027'553,300	849'123,800	696,944,900
$\Sigma x/n$	7,232.894737	6,982.352941	7,229.230769
$\sigma_{\Sigma x/n}$	± 167.8077661	± 273.3137196	± 228.0251378
x_{an-1}	1,034.436543	1,126.901335	822.1563264
σ^2_x	1'070,058.973	1'269,906.619	675,941.025
Σy	275,860	135,060	96,060
Σy^2	2,048'649,000	1,088'713,400	723'786,400
$\Sigma y/n$	7,259.473684	7,944.705882	7,389.230769
$\sigma_{\Sigma y/n}$	± 180.9776466	± 240.2619858	± 299.3250152
y_{an-1}	1,115.621139	990.6255451	1,079.231683
σ^2_y	1'244,610.514	981,339.00	1'164,741.025



CONTINUACION DE LA TABLA # 10

	Milkmaker $n_4=17$	Rebaño $n=85$
Σx	118,240	606,420
Σx^2	838'073,400	4,411'695,400
$\Sigma x/n$	6,955.294118	7,134.352941
$\sigma_{xy/n}$	± 240.0936056	± 109.2892043
x_{gn-1}	989.9312959	1,007.596678
σ^2_x	979,963.9688	1'015,251.060
Σy	127,060	634,040
Σy^2	972'956,400	4,834'105,200
$\Sigma y/n$	7,474.117647	7,459.294118
$\sigma_{xy/n}$	± 292.6489803	± 121.0449124
y_{gn-1}	1,206.622657	1,115.978951
σ^2_y	1'455,938.238	1'245,409.024

Tabla # 11

RESUMEN ESTADISTICO DE LAS MEDIAS HERMANAS CON
85 Y 166 REPETICIONES

	N=85	N=166
Σy	634,040	1'220,990
Σy^2	4,834'105,200	9,224'909,300
$\Sigma y/n$	7,459.294118	7,355.36
$\sigma_{xy/n}$	± 121.0449124	± 94
y_{gn-1}	1,115.978951	1,216.27

DISCUSIONES

La heredabilidad estimada en este trabajo no es la que enuncio Lush en 1949, hoy la conocemos como coeficiente de determinación o heredabilidad en su sentido amplio la cual posibilita en mejoramiento genético de los rasgos cuantitativos, aunque la selección depende casi exclusivamente de la varianza genética aditiva.

Así la heredabilidad considera en su sentido estrecho expresada como una proporción entre la $h^2 = \sigma^2_A \div \sigma^2_P$ es la que ha sido reportada en este estudio. Resulta obvio que al ser una proporción, el valor puede cambiar entre el numerador o el denominador. Incrementando la variación ambiental, así como decrementando la variación genética, como por ejemplo la debida a la consanguinidad causa un decremento en el valor de la h^2 . Obviamente, el valor numérico del estimador de la heredabilidad no depende únicamente de las variaciones en la alimentación y en el manejo del hato, pero también sobre los errores en las medida del carácter. Por estas razones Fisher en 1951²⁶, critico el uso del coeficiente de heredabilidad, del cual observa "como uno de esos infortunados atajos, los cuales tienden a emerger en la Biometría para perdida de muchos minuciosos análisis de los datos", el señala que "El mismo hato, medido en el mismo carácter, pudiera dar diferentes estimados de la heredabilidad de acuerdo a la precisión práctica obtenida por el cuidadoso y hábil experimentador".

Esta critica pierde importancia para el trabajo de la cría animal práctica, pues necesitamos estimar la heredabilidad, la cual es válida sólo bajo las condiciones donde será aplicada. En otras condiciones ambientales con mediciones precisas del carácter, un valor diferente de la h^2 puede ser obtenido para la misma muestra

de la población, como antes se señaló no solo puede variar el denominador que es la varianza fenotípica total, la cual esta influenciada por las variaciones en el ambiente y por los errores de medida, también el numerador que estima la varianza genética. El numerador puede ser un "simple promedio" como puntualiza Fisher, pues esta sujeto a una considerable variación cada y cuando, y esto esta determinado como "apropiado" en lo posible a partir de los datos disponibles.

Para una correcta interpretación del valor obtenido de la h^2 , no obstante es necesario tener un detallado conocimiento de la población muestreada sobre la cual, este valor se basa, y las condiciones ambientales a las cuales se refiere. Estas precauciones no son siempre tomadas en consideración.

En este trabajo demuestra la exactitud de las observaciones de Lush en 1949, ya que para estimar la heredabilidad de rasgos productivos en el ganado lechero las correlaciones madre-hija usualmente calculadas "entre sementales", donde cada semental ha sido usado en solamente un hato, es un efectivo camino para eliminar mucho de las correlaciones ambientales entre madres e hijas, ya que solo los toros genotípicamente con mejor promedio han sido apareados con un grupo selecto de vacas en varios hatos podrá eliminar las diferencias. Será conveniente calcular la correlación madre-hijas sobre las desviaciones de las madres e hijas respectivamente a partir del promedio del hato contemporáneo.

En muchos casos las madres e hijas son seleccionadas sobre la base de sus rendimientos y muestran, sin embargo una pequeña varianza con respecto de sus hijas como en el presente trabajo. Esta tendencia a decrecer la correlación madres-hijas, en cambio en la regresión de las hijas sobre las madres es prácticamente inafectada.

A pesar de esto ha sido recomendado este método por Lush desde 1949, a la cual también nos adherimos, que la estimación de la heredabilidad sea basada sobre la regresión en lugar del coeficiente de correlación. Sin embargo los registros deben de ser comparables, ya que el coeficiente de regresión puede ser influenciado por otros factores en la selección fenotípica de las madres. Las hijas son supuestas como inseleccionadas. Pero esto no puede ser así siempre, por que algunas de ellas son seleccionadas antes que el registro de rendimiento sea completado.

Este fenómeno principalmente se observa en la producción de las madres, y puede ocurrir debido a que las vacas de reemplazo, han sido seleccionadas, creando una homogeneidad inusitadamente estrecha, por lo que si se estima la correlación intraclase (\underline{r}) a partir de un análisis de varianza donde la media cuadrática entre clases sea $<$ que la media cuadrática dentro de clases puede resultar un valor negativo.

El estudio realizado por Adame en 1966, tiene las mismas tendencias con una muestra ($n=22$) casi idéntica a la de algunas de nuestras subpoblaciones, refiriendo una similar a la heredabilidad, a pesar de que este presenta errores en algunas de sus cifras, pero tiene el acierto de proporcionar los datos originales a partir de los cuales realizó sus estimaciones, que nosotros encontramos ya corregidas que el coeficiente de regresión fue de $b = 0.12$ con un error típico de $\sigma_b = \pm 0.23$; mientras que el coeficiente de correlación simple fue de $r = 0.11$ y el coeficiente de heredabilidad fue de $h^2_b = 0.23$ con un error típico de $\sigma_{h^2_b} = \pm 0.47$, por lo que presenta resultados muy similares a los presentados en este trabajo. (ver gráfica # 7)

CONCLUSIONES

1. La aplicación de los modelos estadísticos utilizados en este estudio estableció que la estimación de los coeficientes de regresión, el de correlación muestral biseral y el de correlación intraclase fueron para la muestra de 85 pares de vacas madres-hijas fueron de $b_{ni} = 0.18 \pm 0.10$ para el rebaño y de $b_1 = 0.084 \pm 0.15$; $b_2 = 0.37 \pm 0.22$; $b_3 = 0.22 \pm 0.219$; $b_4 = 0.30 \pm 0.20$ por cada semental. A partir de este mismo rebaño se estimo la correlación muestral siendo de $r_{ni} = 0.16 \pm 0.11$ para el rebaño y de $r_1 = 0.078 \pm 0.17$; $r_2 = 0.42 \pm 0.23$; $r_3 = 0.17 \pm 0.297$; $r_4 = 0.247 \pm 0.25$ por cada uno de los cuatro sementales.

Cuando se estimo la heredabilidad lograda en el rebaño parcial se obtuvo una h^2 lograda = 0.33, siendo este método el más fácil de calcular, pero el más difícil de obtener por los años que deben pasar en el intervalo generacional y productivo de los animales.

El estimado de la correlación intraclase en el hato de 85 medias hermanas fue de $r^2 = 0.022 \pm 0.058$, mientras que para el hato de medias hermanas con 166 vacas fue de $r^2 = 0.004 \pm 0.025$.

2. Se demostró que la estimación de la heredabilidad puede sufrir altibajos en su magnitud en el mismo rebaño, según sea el tamaño de la muestra y el método de calculo, además del propio rendimiento lechero de los animales.

Siendo estos valores en la muestra de 85 vacas por regresión de las hijas a las madres para cada uno de los cuatro sementales fue de $h^2_b = 0.17 \pm 0.30$; $h^2_b = 0.73 \pm 0.44$; $h^2_b = 0.44 \pm 0.44$; $h^2_b = 0.60 \pm 0.39$, y para todo el hato fue de $h^2_b = 0.35 \pm 0.19$ y en ese mismo rebaño por utilizando el método de correlación simple

(muestral) los valores de la heredabilidad fueron de $h^2_r = 0.15 \pm 0.33$; $h^2_r = 0.83 \pm 0.47$; $h^2_r = 0.33 \pm 0.59$; $h^2_r = 0.49 \pm 0.50$, y para el total del hato fue de $h^2_r = 0.32 \pm 0.22$.

Cuando se efectuó el análisis de varianza de una muestra de 166 vacas medias hermanas por correlación intraclase, se obtuvo una heredabilidad total para el hato de $h^2_r = 0.017 \pm 0.099$, siguiendo ese mismo método y aplicándolo a un hato de medias hermanas compuesto por 85 vacas se obtuvo un valor de la heredabilidad de $h^2_r = 0.088 \pm 0.23$

Se recomienda utilizar el método de regresión para al cálculo de la heredabilidad en contraposición con el método de correlación muestral y el de correlación intraclase, pues como quedó demostrado, a pesar del tamaño de la población utilizado es el mejor para estimar su valor.

Aunque queda claro que requerirá de mejores registros de producción de los establos lecheros y de un incremento en los tamaños de población y una diversificación de registros de diferentes establos de distintas regiones.

Para mejorar el estimado del error a un valor estadístico significativamente menor es necesario contar con un mínimo de 1,600 pares de observaciones madres-hijas, no obstante para igualar esta precisión por el método de correlación intraclase en el análisis de varianza será necesario contar con un mínimo de 16 repeticiones por familia de 200 sementales a la vez, es decir algo así como 3,200 observaciones de medias hermanas.

3. Para este trabajo no fue posible estimar el equivalente de madurez (EM) de la producción bruta, y de este modo, poder

recomprobar el que ya había sido reportado en los registros de producción lechera de la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Holstein-Friesian bajo los lineamentos y requerimientos del Programa de Mejoramiento Lechero del Hato en los Estados Unidos (DHIA).

Debido en parte a que no se contó con la suficiente información para tratar de esclarecer este punto. Así sólo se utilizaron aquellos controles del rendimiento con ajuste a equivalente de madurez ya integrado al registro.

Ocasionando con esto, directamente una drástica reducción del tamaño de muestra útil de los datos disponibles, consecuentemente se eliminó los datos ya recuperados con producción bruta ajustada a 305 días de lactancia, y los de una producción bruta sin ajuste menores a 160 días de lactancia.

Sumado a lo anterior por consiguiente, se evitó aplicar a las variables observables modelos lineales complejos, para el ajuste de un mayor número de elementos medio ambientales temporales y permanentes como: El año de producción, la estación productiva, la región geográfica, el grado técnico utilizado en la explotación, y con ello para disponer de datos experimentales más homogéneos y comparables a los utilizados aquí. Esta omisión es debida a la relativa dificultad algebraica que acompaña a este tipo de modelos y a la necesidad de contar con un gran número de registros de diferentes establos lecheros.

Con fundamento en lo anterior se sugiere llevar a cabo un próximo estudio que permita clarificar la metodología matemático-estadística que está detrás de este problema.

4. Aunque para abordar cabalmente esta tarea, es primeramente necesario impulsar el establecimiento de un "centro automatizado" de acopio de información de los registros de rendimiento productivo en la región de los Altos de Jalisco, y ulteriormente de otras regiones productivas del estado y aun del País, para obtener una base de datos suficientemente amplia y representativa, así estandarizar los ajustes antes mencionados con respecto a los modelos lineales. Se considera que estos trabajos serán de suma utilidad para los muchos estudios que quedan por hacer siendo necesario desarrollarlos juntos, tanto los productores como los centros de enseñanza e investigación regionales.

Centros que con el debido apoyo económico de particulares y del gobierno, es posible derivarlos posteriormente en una estación de pruebas y de evaluación del comportamiento productivo y reproductivo en la región, con la cuidadosa vinculación con los Centros Universitarios en formación en nuestro Estado de Jalisco.

De este modo de vincular la investigación pecuaria de la Universidad de Guadalajara con las Asociaciones de Criadores y Productores, y sirvan de posible sustento a los de Centros de Evaluación y de Estaciones de Pruebas para el Mejoramiento Genético con la participación de los Gobiernos Federal y Estatal.

BIBLIOGRAFIA

1. Bath D. L.; Dickinson H. A.; Tucner R.D. and Aplpleman R.D.: Ganado lechero, principios prácticos, problemas y beneficios. Editorial Interamericana 1986.
2. Ensminger J. L.: Producción bovina para leche. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires 1983.
3. Willian A. N.; Etgeb P. and Reades M.: Ganado lechero, alimentación y administración. Editorial Limusa 1979.
4. Censos Económicos y Agropecuarios. Instituto Nacional de Estudios en Geografía y Estadística (INEGI) 1990.
5. Gómez Mena J. J.: Diagnóstico Socioeconómico, Agrícola y Pecuario del Municipio de Lagos de Moreno, Jalisco. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Guadalajara 1994.
6. Lush J.L.: Bases para la Selección Animal. Editorial Agropecuarias Peri. Argentina 1965.
7. Johansson I. y Rendel J.: Genética y Mejora Animal. Editorial Acribia-Zaragoza. España 1972.
8. Van Vleck I.D.; Pollak e. j. and Poltenacu E.A.: Genetics for the Animal Science. W. H. Freeman Co., New York 1987.
9. Falconer P. S.: Introduction to Quantitative Genetics 3rd ed. Logman Scientific and Henchical. New York 1989.
10. Luden A. and Strand B.E.: Breeding for livetime performance in dairy cattle. Sverige Lantbruksuniversitet. Uppsala 1991.
11. Nicholas J. W.: Veterinary Genetics. Oxford Science Publications. New York 1987.
12. Adame Sánchez L.: Evaluación matemática de la hereditabilidad de un semental lechero. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México 1966.
13. Ruíz F.A. y Apodaca S.: Parámetros genéticos de producción de leche por lactancia, intervalo entre partos y producción de leche por día de intervalo entre partos. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México. Resumen 80 México 1988.
14. Villareal M.: Analysis of variance-covariance matrix of first, second and third lactations in mexican Holstein. Ph. D. Thesis. Michigan State University 1985.

15. Castillo Juárez H. y Madrid Ríos R.: Heredabilidad de un indicador de la eficiencia productiva en vacas Holstein-Friesian de primer parto. Memorias del XVII Congreso Nacional de Buiatria 1991.
16. Van Vleck L.D. and Hart C.L.: Linearity of heritability of Holstein firts-lactation milk production. Journal of Dairy Science 48(12):1376-1377 (1965).
17. Van Vleck L.D.: Change in variance components associated with milk records with time and increase in mean production. Journal of Dairy Science 49(1):36-40 (1966).
18. Butcher K. R., Sargent F.D. and Legates J. E.: Estimates of genetic parameters for milk constituents and yields. Journal of Dairy Sciene 50(2):185-193 (1967).
19. Farthing B.R. and Steele J. R.: Biased estimates of heritability resulting from incorrect methods of estimating components of variance. Journal of Dairy Science 50(1):105-107 (1967)
20. Quartermain A. R. and Freeman A.E.: Estimation of maximal heritability parameters in dairy cattle breeding. Journal Dairy Science 50 (12):1959-1965 (1967).
21. Butcher D.F. and Freeman A.E.: Heritabilities and repeatabilities of milk and milk fat production by lactation. Journal of Dairy Science 51(9):1387-1391 (1968).
22. Becker, W.A.: Manual of Quantitative Genetics, 5ed., Academic Interprices.1992.(Pullman,USA).
23. Gill J.L.: Design and Analysis of Experiments in Animal and Medical Sciences.The Iowa University Press. 1978. (Ames,Iowa,USA).
24. Snedecor G.W. y Cochran W.G.: Metodos Estadisticos.CECSA. 1984. (México).
25. Miller I.Freund J.E. : Probabilidad y Estadísticas para Ingenieros. Reverte México 1973
26. Fisher, R.A.: Limits to intensive production in animals. British Agr. Bull., 4:217-218. 1951.