

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DE REPRODUCCION Y PRODUCCION
EN UN HATO GUERNSEY EN LA ZONA ALTA DE COSTA RICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

José Cecilio Morales Abanto



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ganadería Tropical
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1972

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DE REPRODUCCION Y PRODUCCION
EN UN HATO GUERNSEY EN LA ZONA ALTA DE COSTA RICA

Tesis

Sometida a la Escuela de Graduados como requisito
parcial para optar al grado de

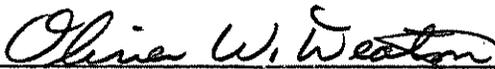
Magister Scientiae

en el

Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

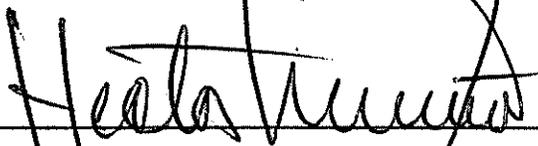
Permiso para su publicación, reproducción total o parcial,
debe ser obtenido en dicho Centro

APROBADA:



Consejero

Oliver W. Deaton, Ph.D.



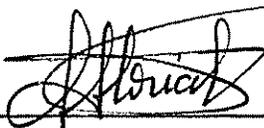
Comité

Héctor Muñoz C., Ph.D.



Comité

Manuel Ruiz P., Ph.D.



Comité

Jorge Soria P., Ph.D.

Junio, 1972

DEDICATORIA:

Con gran amor y cariño:

Nelly

Teddy

María del Rosario

Eduardo

Ma. Abigail

Rosario

Alejandro

Manuel

Con sincero afecto a:

Oliver W. Deaton

Héctor Muñoz C.

AGRADECIMIENTOS

Agrádezco a:

- Sr. Francisco López Calleja, propietario de la finca "Evangelina" por su gentil colaboración al brindarme el material motivo del presente trabajo.
- Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo" - Lambayeque, Perú, que me prestó las facilidades necesarias para seguir mis estudios; y a las autoridades que en todo momento me brindaron su apoyo.
- Zona Andina del IICA de la OEA, por haberme proporcionado la ayuda indispensable para culminar mis estudios de postgrado.

BIOGRAFIA

El autor nació en Cajamarca, Perú.

Estudió en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria "La Molina", Perú, graduándose de Ingeniero Zootecnista en 1964.

En 1965 ingresó como docente contratado a la Universidad Nacional Agraria del Norte. En 1967 por concurso fue nombrado catedrático auxiliar, y en enero de 1972 fue ascendido a la categoría de catedrático asociado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

En setiembre de 1970 ingresó como estudiante regular al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del IICA, siguiendo estudios en el Departamento de Ganadería Tropical, graduándose en junio de 1972.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	viii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1. Eficiencia reproductiva	2
2.1.1. Número de servicios por concepción	2
2.1.2. Intervalo entre el parto y primer servicio	3
2.1.3. Intervalo entre el primer servicio y la concepción	5
2.1.4. Intervalo entre partos	5
2.1.5. Indices de herencia en eficiencia reproduc- tiva	7
2.2. Producción de leche	8
2.2.1. Indices de herencia para producción de leche	9
2.2.2. Indices de constancia para producción de leche	9
2.3. Relación entre eficiencia reproductiva y produc- ción de leche	10
3. MATERIALES Y METODOS	13
3.1. Materiales de estudio	13
3.2. Métodos de análisis estadísticos	14
3.2.1. Medidas de eficiencia reproductiva	14
3.2.2. Producción de leche - Parámetros ambienta- les y genéticos	16
3.2.3. Relación de medidas de eficiencia reproduc- tiva y producción de leche	17
4. RESULTADOS Y DISCUSION	18
4.1. Comportamiento reproductivo	18
4.1.1. Parámetros ambientales	21
4.1.2. Parámetros genéticos - Indices de herencia	21
4.2. Producción de leche - Parámetros ambientales	23
4.2.1. Indices de herencia para producción de leche	26

	<u>Página</u>
4.2.2. Índices de constancia para producción de leche	28
4.3. Relación entre eficiencia reproductiva y produc- ción	28
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	32
5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS	34
6. RECOMENDACIONES	36
7. LITERATURA CITADA	37
APENDICE	41

TEXTO

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº		<u>Página</u>
1	Esquema de análisis de variancia jerárquica para análisis de las variables de reproducción	15
2	Promedios y desviaciones estándares para medidas de eficiencia reproductiva distribuidos por años	19
3	Promedios y desviaciones estándares para medidas de eficiencia reproductiva distribuidos por meses	22
4	Análisis de componentes de variancia para estimar parámetros ambientales en producción de leche observada y ajustada por edad (todas las lactancias)	23
5	Promedios y desviaciones estándares de producción de leche por años, con datos observados y ajustados por edad (todas las lactancias)	24
6	Promedios y desviaciones estándares de producción de leche por meses, con datos observados y ajustados por edad (todas las lactancias)	25
7	Análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia (h^2) de producción de leche en base a todas las lactancias	26
8	Análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia (h^2) de producción de leche en base a primeras lactancias	27
9	Análisis de componentes de variancia para estimar índices de constancia (R) en producción de leche observada y ajustada por edad	28
10	Correlaciones fenotípicas entre medidas de eficiencia reproductiva y producción de leche	29

APENDICE

Cuadro Nº		<u>Página</u>
1	Algunos índices de herencia (h^2) para medidas de fertilidad en vacas lecheras	42
2	Algunos índices de herencia (h^2) para producción de leche	43
3	Algunos índices de constancia para producción de leche	44
4	Análisis de componentes de variancia para estimar parámetros ambientales en medidas de eficiencia reproductiva	45
5	Análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia (h^2) en medidas de eficiencia reproductiva	46

1. INTRODUCCION

Para mejorar el rendimiento productivo del ganado de leche hay que tener presente los múltiples factores que afectan las características de reproducción y producción de leche, factores que pueden ser de naturaleza ambiental y genético.

Desde el punto de vista económico, la apreciación del comportamiento reproductivo del ganado lechero en el trópico es tan importante como la atención que se presta para un incremento de la producción de leche, mas si se tiene en cuenta que el comportamiento reproductivo en ganado lechero es más sensible a los efectos climatológicos.

En las zonas altas del trópico se observan condiciones climáticas aparentemente favorables a la introducción de ganado proveniente de zonas templadas. Sin embargo, su explotación da como resultados rendimientos tanto en producción de leche, como en comportamiento reproductivo, que dista mucho del observado en las zonas de origen. Esto ha motivado el inicio de algunos trabajos para estudiar el comportamiento de las diferentes razas que se encuentran en dichas áreas, a fin de obtener información que nos permita planear un adecuado programa de mejoramiento de ganado.

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Estimar parámetros ambientales y genéticos de producción de leche y de algunas medidas de eficiencia reproductiva.
2. Estimar las interrelaciones entre las medidas de eficiencia reproductiva y producción de leche.
3. Proporcionar criterios o recomendaciones a tener presente en la selección de ganado lechero, a fin de mejorar su productividad.

Para cumplir con los objetivos antedichos se utilizaron los registros de producción y reproducción de un hato de ganado de raza Guernsey, ubicado en la zona alta de Costa Rica.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Eficiencia reproductiva

La evaluación reproductiva de un hato lechero se lleva a cabo mediante la eficiencia reproductiva, la cual se puede determinar tomando en cuenta diferentes medidas; entre estas son consideradas comúnmente: número de servicios por concepción, intervalo entre el parto y primer servicio, intervalo entre el primer servicio y la concepción, y el intervalo entre partos (14).

2.1.1. Número de servicios por concepción

Según de Alba (14) y Salisbury y VanDemark (42), el número de servicios por concepción es una medida muy empleada en la evaluación de la eficiencia reproductiva del ganado lechero y puede dar buena indicación de la fertilidad de la hembra, siempre que se reduzcan al mínimo las fallas del operador en el momento del servicio, se empleen reproductores de alta fertilidad comprobada, no existan enfermedades venereas, y se tengan presentes adecuadas prácticas de manejo.

De Alba (14) considera que 1.5 servicios por concepción indica un excelente comportamiento reproductivo, y 2.0 o más, una reproducción deficiente.

En varios trabajos (5, 8, 11, 17, 26, 32, 33, 37, 39, 40, 49) se informa del comportamiento reproductivo de las razas de ganado lechero de clima templado, así como de ganado Criollo de zonas tropicales, con valores promedios que varían de 1.4 a 4.0 servicios por concepción.

En estos trabajos se observan diferencias entre razas en una misma zona en unos casos (8, 26, 39, 40), y en otros casos no (5, 49), lo

cuál demuestra que la variación de esta característica depende en gran parte de las condiciones de manejo a que se sometan los animales (32), al número de partos (11, 17), plano nutricional (37) de tal manera que el número de servicios por concepción aumenta, tanto con niveles bajos o en exceso de elementos nutritivos. Asimismo, se ha observado que esta medida es afectada por la presentación del celo después del parto (43), indicando que el número de servicios por concepción es más bajo al reducirse el tiempo de presentación del celo después del parto.

Williams (1960) citado por de Alba (14), manifiesta que el número de servicios se puede elevar con el sólo hecho de cambiar las vacas de ambiente, y que todo hato recién establecido tiene menor fertilidad en el año inmediato que en los siguientes años.

En general, las razas europeas de altas producciones al ser introducidas en climas tropicales, manifiestan deficiencias en sus funciones reproductivas (8, 33). Sin embargo, también se observa que algunas razas especializadas son menos afectadas por el clima, y que bien pueden ser utilizadas para mejorar la producción lechera del trópico. Carmona y Muñoz (8) muestran resultados en servicios por concepción en ganado Criollo y Jersey de 1.58 y 1.55 respectivamente, y pueden ser consideradas igualmente buenas.

2.1.2. Intervalo entre el parto y primer servicio

La medida que considera el tiempo desde el parto al primer servicio no refleja fielmente la fertilidad de la hembra, ya que un mínimo para este período, puede ser fijado a libre criterio del ganadero. Si las vacas no comienzan su ciclo en un tiempo adecuado puede ser debido a problemas de la vaca o problemas nutricionales.

Lo más importante a tener presente en esta medida es el tiempo mínimo requerido para la involución del útero, tiempo durante el cual se supone que el útero estaría en condiciones fisiológicas adecuadas para el inicio de una nueva gestación. Según Salisbury y VanDemark (42) consideran que este período de tiempo estaría alrededor de 60 días.

Esta medida también es afectada por la aparición del celo después del parto, lo cual daría una indicación de la condición del aparato genital y del funcionamiento hormonal. En general, si la longitud del intervalo entre el parto y el primer celo se incrementa, decrece la eficiencia reproductiva del ganado lechero.

Según Hays (21), este intervalo del parto al primer celo es afectado por la raza, estación y edad. En un trabajo que realizó con ganado de razas Holstein, Ayrshire, Guernsey, Jersey y Pardo Suizo, el porcentaje de vacas que mostraron su primer celo después de dos meses post parto fue de 33, 37, 24, 34, y 42 respectivamente.

Buch y colaboradores (7) en un estudio realizado con ganado Holstein obtuvieron un promedio de 47 días para involución del útero, y 33 días para presentación del celo después del parto. Se observó diferencia significativa para involución del útero entre vacas de primer parto (42 días) y vacas de más de un parto (50 días).

En otros trabajos revisados, este intervalo no baja de 100 días (33, 49), observándose que la fertilidad incrementaba ligeramente al aumentar la longitud del intervalo de parto a primer servicio desde 100 a 120 días. Sin embargo, el incremento de la fertilidad en este caso se refiere al porcentaje de concepción en este ciclo; pero si se considera esta fertilidad referida a la vida productiva de la vaca, no sería de utilidad por la pérdida de tiempo que se tendría.

2.1.3. Intervalo entre el primer servicio y la concepción

El número de días desde el primer servicio a la concepción es una medida que refleja la fertilidad de las hembras y algunas fallas que pueden ocurrir en la concepción. Este intervalo ha sido señalado como uno de los componentes del intervalo entre partos que más contribuye a su variación (10), y es altamente correlacionado con servicios por concepción.

Perozo (33) reporta para ganado Holstein en zona de altura de Guatemala un promedio de 93 días como intervalo entre el primer servicio y la concepción, con un rango de 0 a 255 días en novillas y 0 a 210 en vacas adultas.

Al conjunto de intervalo de parto al primer servicio, más el intervalo de primer servicio a la concepción se denomina "período de servicio". Bodisco y Mazzarri (4) realizaron un estudio en Venezuela sobre el comportamiento reproductivo de 269 vacas Criollas y 61 Pardo-Suizas, con un total de 632 y 169 gestaciones respectivamente. Con un descanso obligatorio de 75 días después del parto, se obtuvieron períodos de servicio de 128 días para Criollo y 167 para Pardo Suizo. Se observó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre años solamente en Pardo Suizo. Se llegó a la conclusión de que la fecundidad de la raza importada es seriamente afectada en el medio tropical, así como también de que hay relación de baja fecundidad con la alimentación deficiente durante la época de sequía.

2.1.4. Intervalo entre partos

El intervalo entre partos es el período de tiempo que transcurre entre un parto y el siguiente. Está compuesto por los días desde el

parto a la concepción (período de servicio) y por el período de gestación.

Olds y Cooper (31) consideran que siendo el período de gestación prácticamente una constante dentro de cada raza, el período de tiempo desde el parto a la concepción es la componente que mayormente influye en la variación del intervalo entre partos. Informan un intervalo entre partos de 382 ± 54 días, haciendo notar que el coeficiente de correlación entre el intervalo entre partos y el período de servicio fue de 0.99, estando este último influenciado por el intervalo de parto a primer servicio ($r = 0.59$) y el intervalo de primer servicio a concepción ($r = 0.78$).

El período comprendido entre el parto y el primer celo depende en gran parte del estado fisiológico del animal, lo cual está íntimamente relacionado a los cuidados que se tenga con los animales. Así mismo, el período desde el primer celo hasta el primer servicio está determinado por la decisión del ganadero. Por lo tanto, este período básicamente está influenciado por el manejo.

Poston, Ulberg y Legates (35) encontraron efecto de mes al parto sobre la longitud del subsiguiente intervalo entre partos en ganado Holstein. Rennie (38) informa un intervalo entre partos en ganado Holstein de 413 ± 78 días, haciendo notar la influencia del manejo en esta medida.

El intervalo entre partos es una buena medida de la eficiencia reproductiva, por que nos muestra la periodicidad de las vacas de más de un parto en la producción de crías. Sin embargo, la desventaja de que no mide el comportamiento reproductivo de las novillas es importante tener en consideración. La forma de medir la eficiencia reproducti

va de las novillas es generalmente tomando como criterio la edad al primer parto (14).

Los abortos de cualquier origen, por definición deben ser excluidos en la determinación del intervalo entre partos. Davis y colaboradores (12) trabajaron con ganado Holstein de la Universidad de California y observaron un promedio de 8.6% de abortos. Sin considerar los abortos, el promedio de intervalo entre partos fue de 451 días, mientras que al incluirlos, el promedio fue de 462 días.

Según Carmona y Muñoz (8), el número de partos afecta el intervalo entre partos, encontraron diferencias significativas entre razas. Las razas Criolla y Jersey mostraron intervalos prácticamente iguales (386 y 384 días), no así la Pardo Suizo cuyos intervalos fueron bastante largos (413 días). El intervalo correspondiente al parto 5 tiene un valor significativamente mayor al resto de los partos, mientras los primeros tres partos son casi igualmente menores. Las mismas tendencias fueron notadas en las tres razas estudiadas, pero el número de observaciones fueron muy reducidas, para vacas viejas en todas las razas debido a selección.

2.1.5. Indices de herencia en eficiencia reproductiva

La determinación de índices de herencia para características del ganado lechero son de gran importancia para establecer programas de mejoramiento. Las medidas señaladas anteriormente nos muestran la capacidad reproductiva de las vacas, pero su variación es debida casi completamente a factores ambientales y de manejo, y por tanto, el efecto genético sobre su variación dentro de razas es mínimo. En consecuencia, el mejoramiento de la eficiencia reproductiva por métodos de selección es casi nulo (10, 14, 18, 33).

En el Cuadro 1 del apéndice, tomado de de Alba (14) y ampliado con algunas informaciones, se puede observar que los índices de herencia para varias medidas de eficiencia reproductiva son cero, o presentan valores muy bajos.

2.2. Producción de leche

La producción de leche por lactancia puede variar de un hato a otro, y aún dentro de un mismo hato a través de los años, de acuerdo a las variaciones genéticas, climáticas y de manejo.

La edad de los animales al parto es uno de los factores que más acusa variación dentro de la producción de los hatos. Varias informaciones (9, 14, 22, 28, 30) demuestran el efecto de la edad al parto sobre la producción subsiguiente, con un aumento típico notable hasta los 5 a 7 años, y después una reducción paulatina en vacas viejas. Por eso cuando los registros de producción son usados para comparaciones entre vacas de varias edades es preciso ajustar dichas producciones por edad.

En ciertas regiones y bajo determinadas condiciones, el mes o época al parto tienen influencia sobre la producción en la lactancia correspondiente. Este efecto ha sido señalado en varios estudios (22, 23, 24, 29, 34, 44, 46), de manera que al considerar la ubicación de los hatos resulta necesario estimular el efecto de la época al parto sobre la producción lechera.

Perozo (33) trabajando con ganado Holstein en Guatemala detectó efecto de año sobre las producciones de leche y grasa por lactancia. El efecto de época fue significativo ($P \leq 0.05$) solamente sobre las

producciones de leche y grasa ajustadas a edad adulta.

2.2.1. Índices de herencia para producción de leche

Los índices de herencia para producción de leche nos indican que porcentaje de la variación de esta característica es debido a factores genéticos.

Varios trabajos muestran valores de índices de herencia en base a registros de primeras lactancias (3, 20), máximas producciones (36) y en base a varios registros (27, 48). Estas informaciones, si bien son importantes para tomar decisiones de selección, de mayor utilidad podrían ser los índices de herencia obtenidos en base a primeras lactancias, ya que permitirían seleccionar animales jóvenes. Sin embargo, encierra el peligro de eliminar animales que por alguna causa muestren bajo rendimiento en su primera lactancia, y que no tienen otra oportunidad de mostrar su aptitud productora.

En el Cuadro 2 del apéndice, tomado de Magofke (28) con adición de ciertas informaciones, se puede encontrar valores de índices de herencia que varían en un rango de 0.14 a 0.43 obtenidos en base a primeras lactancias; y de 0.10 a 0.31 obtenidos en base a varias lactancias.

2.2.2. Índices de constancia para producción de leche

Los índices de constancia relacionan la característica de producción en etapas diferentes del animal. En general, las características de producción varían en el transcurso de la vida productiva del animal. El índice de constancia mide el grado en que estas características varían, o sea el grado de similitud con que se expresa una medida

fenotípica cuando hay oportunidades de expresiones repetidas (lactancias) durante la vida de un animal (14).

Berousek y colaboradores (3) en un trabajo con ganado Guernsey obtuvieron un índice de constancia de 0.47 para producción ajustada a dos ordeños, 305 días de lactancia y edad adulta.

En el Cuadro 3 del apéndice, tomado de Magofke (28) con adición de algunas informaciones, se muestran valores de índices de constancia que varían en un rango de 0.43 a 0.64.

2.3. Relación entre eficiencia reproductiva y producción de leche

Si los mecanismos fisiológicos que intervienen en la reproducción y la producción de leche están íntimamente asociados, es de esperar que se produzcan ciertas interrelaciones mutuas, especialmente si se considera que la reproducción es el estímulo primario de la lactación (42).

Existe evidencia que en el intervalo entre partos, la gestación afecta la producción de leche en la lactancia correspondiente (10, 22), pudiendo deprimir la producción por lactancia en un 9%, cuando el intervalo entre partos es menor de 320 días (22).

Lamb y Kopland (25) informan que cuando los intervalos entre partos son de 12 a 13 meses, resultan en una mayor producción por día de vida productiva de las vacas.

Tyler y Hyatt (47) informan en un estudio del efecto del intervalo entre partos sobre la producción de leche y grasa en ganado Ayrshire. Encontraron que las producciones de vacas con intervalo entre partos de 10 a 11 meses, fue más baja que las producciones de vacas con 12 a 13 meses. El estudio de segundas y terceras lactancias indicaron que

las vacas con intervalos cortos presentan bajas producciones en forma repetida, lo cual indica que la influencia desfavorable de estos intervalos pueden persistir en sucesivas lactaciones. Esto posiblemente como resultado del gasto de reservas, pero en cuanto a resultados económicos a largo plazo, podrían resultar favorables.

Touchberry y colaboradores (45) estudiaron la asociación entre período de servicio, intervalo entre el primer servicio y la concepción, número de servicios por concepción, y niveles de producción de grasa. Informan que en general, el número de servicios por concepción decrece en forma lineal como el período de servicio incrementa. La regresión parcial del número de servicios por concepción sobre el período de servicio para una constante producción de grasa fue de -0.003 ± 0.002 . Las regresiones parciales del número de servicios por concepción y el intervalo entre el primer servicio a la concepción sobre la producción de grasa para un constante período de servicio fueron 0.003 ± 0.001 y 0.091 ± 0.046 respectivamente (significativos a nivel de 5%).

La regresión parcial del número de servicios por concepción sobre la producción de grasa para un constante período de servicio y un constante intervalo del primer servicio a la concepción fue de cero.

Everett y colaboradores (19) trabajaron con datos de ganado Holstein y Guernsey de California. Observaron que las relaciones entre producción de leche y grasa a 120 días con eficiencia reproductiva fue esencialmente cero. Regresiones de eficiencia reproductiva sobre producción, indicaron que la eficiencia reproductiva incrementó ligeramente a medida que la producción incrementaba. Las regresiones de eficiencia reproductiva sobre edad indicaron que la eficiencia

reproductiva incrementaba ligeramente a medida que las vacas eran más viejas. Las correlaciones genéticas entre producción a 120 días, con eficiencia reproductiva fue significativa y relativamente grande (aproximadamente 0.50). Sin embargo, desde que los índices de herencia para eficiencia reproductiva fueron cercanos a cero, la selección por producción a 120 días puede producir un incremento, baja, o no tener ningún efecto en el comportamiento reproductivo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales de estudio

El material motivo de estudio fue obtenido de los registros de reproducción y producción de la finca "Evangelina", ubicada a 16 kilómetros Nor-Oeste de la ciudad de Turrialba, a una altura de 1440 m s.n.m., con una precipitación promedio anual de 2600 mm, con gran uniformidad de lluvias durante todos los meses del año; sin embargo, se presenta en algunos años uno o dos meses de poca precipitación, pero estos meses son variables a través de los años, de tal manera que es imposible determinar con precisión a qué meses del año correspondería una época de escasa precipitación.

En dicha finca se cría ganado lechero de la raza Guernsey, y generalmente se usa inseminación artificial con semen congelado importado de los Estados Unidos de América del Norte. La alimentación del ganado se lleva a cabo mediante pastoreo en potreros de pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) en casi toda la finca, existiendo también pequeñas áreas de pasto alemán (Echinochloa polistachya) y de pasto elefante (Pennisetum purpureum), los cuales tienden a desaparecer. Las vacas en producción reciben raciones de alimento suplementario.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería por intermedio del servicio de Sanidad Animal, lleva a cabo en forma periódica pruebas serológicas de diagnóstico de brucelosis, no habiendo sido detectada la presencia de esta enfermedad. Se observa con regular frecuencia piroplasmosis y anaplasmosis.

De los registros de reproducción se recolectaron datos de los años de 1963 a 1971 de un total de 321 vacas hijas de 35 toros de raza

Guernsey, con 640 intervalos entre partos y de intervalos entre parto y primer servicio. Para la determinación de estos intervalos se descartaron los abortos, llegando a perder algunas observaciones debido a la presencia de un aborto entre dos partos. Se obtuvieron 1054 intervalos de primer servicio a concepción y de servicios por concepción.

De los registros de producción de leche se recolectaron 1044 lactancias cuyas producciones son controladas en la finca en libras, pero para fines del presente trabajo fueron convertidas a kilogramos. Estas lactancias provinieron de 232 vacas hijas de 31 toros de raza Guernsey, en un período de 12 años (1959 - 1970), las lactancias correspondieron a los 305 primeros días de producción.

3.2. Métodos de análisis estadísticos

3.2.1. Medidas de eficiencia reproductiva

Los datos obtenidos fueron codificados en tarjetas IBM para su análisis estadístico. Se calcularon medias y desviaciones estándares para servicios por concepción, intervalo entre partos, intervalo entre parto y primer servicio, e intervalo entre primer servicio y concepción.

Para detectar efecto de años y meses sobre cada una de las medidas de eficiencia reproductiva se empleó el siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + M_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación k, del mes j en el año i.

μ = Media general a todas las observaciones.

- A_i = Efecto del año i .
 M_{ij} = Efecto del mes j dentro del año i .
 E_{ijk} = Error, o sea la desviación individual de la observación k por los efectos de μ , A y M .

El cálculo de los componentes de variancia se llevó a cabo de acuerdo al esquema descrito en (1, 2, 15), y que se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Esquema de análisis de variancia jerárquico para análisis de las variables de reproducción.

Fuentes de Variación	G. L.	C.M.	Esperanza de los Cuadrados Medios
Años	(A - 1)	CM_A	$\sigma_E^2 + K_1 \sigma_M^2 + K_2 \sigma_A^2$
Meses/Años	(M - A)	CM_M	$\sigma_E^2 + K_3 \sigma_M^2$
Error	(N - M)	CM_E	σ_E^2

Los coeficientes k_1 , k_2 y k_3 son determinados por el número de observaciones de cada grupo (1).

Por último, los componentes de variancia fueron cuantificados por ecuaciones simultáneas, a fin de expresar la cantidad de variación que corresponde a cada fuente en relación a los componentes de variación totales.

La determinación de los índices de herencia para cada una de las medidas de eficiencia reproductiva se llevaron a cabo mediante el método de correlación intraclase, siguiendo el modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación K del padre j en el año i.

μ = Media común a todas las observaciones.

A_i = Efecto de año i.

P_{ij} = Efecto de padre j en el año i.

E_{ijk} = Error, o sea la desviación individual de la observación k por los efectos de μ , A y P.

Se llevó a cabo análisis de componentes de variancia en forma similar al presentado en el esquema del Cuadro 1, con la diferencia que en las fuentes de variación en vez de meses dentro de años, es padres dentro de años. El índice de herencia se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de herencia } (h^2) = \frac{4 \sigma_P^2}{\sigma_P^2 + \sigma_A^2 + \sigma_E^2}$$

3.2.2. Producción de leche - Parámetros ambientales y genéticos

Las 1044 lactancias observadas fueron corregidas por edad mediante análisis de regresión, ajustando a función cuadrática.

Se llevó a cabo análisis de variancia jerárquico para determinar efectos de año sobre la producción, con datos observados y ajustados por edad. Se siguió el modelo matemático, así como el esquema de análisis de componentes de variancia igual al considerado para las medidas de eficiencia reproductiva.

Se determinó índices de herencia para producción de leche en base a todas las lactancias con datos observados y ajustados por edad así como para producciones en primeras lactancias con datos observados y

ajustados por edad.

Las fórmulas usadas para estimar los índices de herencia fueron las mismas que para el caso de medidas de eficiencia reproductiva.

Para estimar índice de constancia para producción en todas las lactancias con datos observados y ajustados por edad, se llevó a cabo análisis de variancia jerárquico y se empleó la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de constancia (R)} = \frac{\sigma_E^2}{\sigma_E^2 + \sigma_D^2}$$

σ_E^2 = Variancia entre vacas

σ_D^2 = Variancia dentro de vacas

3.2.3. Relación de medidas de eficiencia reproductiva y producción de leche

Se estudió las interrelaciones de eficiencia reproductiva y producción de leche, para lo cual se efectuó análisis de correlación de cada medida de eficiencia reproductiva con producción de leche. Se obtuvieron 657 observaciones pareadas de las variables servicios por concepción, intervalo de primer servicio a concepción y edad al parto, con producción observada y ajustada por edad. Para las variables intervalos entre partos, e intervalos de parto a primer servicio con producción tanto observada como ajustada por edad, se dispuso de 418 observaciones.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Comportamiento reproductivo

En el Cuadro 2 se presentan los promedios y desviaciones estándares de servicios por concepción, días de intervalo de parto a primer servicio, días de intervalo de primer servicio a concepción, y días de intervalo entre partos, distribuidos por años.

Se puede observar que el número de servicios por concepción varía en un rango de 1.43 (1966) y 1.73 (1971), con un promedio general de 1.60. Este promedio que indica buena fertilidad del hato, se explicaría por el descanso que tienen las vacas de 90 días después del parto, aparentemente no hay problemas de calidad de semen, y no habría fallas del operador al servicio.

Según la guía de calificación de la eficiencia reproductiva de hatos lecheros mostrada por de Alba (14), los valores obtenidos indican una condición de excelente eficiencia reproductiva. VanDemark y Salisbury (49) obtuvieron resultados similares cuando el período de descanso después del parto estuvo alrededor de 100 días. Esto indica que la fertilidad aumentaría a medida que el período de parto a primer servicio se incrementa, hasta cierto límite, a partir del cual nuevamente desciende. Valores similares son mencionados en varios trabajos (5, 8, 32, 37, 39, 40), más bajos que los obtenidos por (11, 17, 26, 33, 49) con ganado de clima templado.

El promedio general de intervalo entre parto y primer servicio fue de 129 ± 52 días. Este resultado nos muestra decisiones netamente de manejo, debido a que el ganadero limita un tiempo mínimo después del parto en que se lleva a cabo el primer servicio. Este criterio se basa

en el tiempo requerido por el animal para estar en condiciones fisiológicas de llevar a cabo una nueva gestación, lo cual estaría determinado por el tiempo necesario para la involución del útero.

Cuadro 2. Promedios y desviaciones estándares para medidas de eficiencia reproductiva distribuidos por años.

Año	Nº de observaciones	Servicios por concepción	Intervalo de primer servicio a concep. (días)	Nº de observaciones	Intervalo entre partos (días)	Intervalo de parto a primer servicio (días)
1964	44	1.50 \pm 0.73	18.2 \pm 35.9	28	397 \pm 49	93 \pm 24
1965	79	1.72 \pm 0.99	74.8 \pm 144.0	59	445 \pm 96	132 \pm 57
1966	128	1.43 \pm 0.69	49.4 \pm 125.4	93	434 \pm 63	125 \pm 41
1967	152	1.53 \pm 1.03	31.0 \pm 74.2	111	451 \pm 108	120 \pm 49
1968	163	1.69 \pm 1.03	48.0 \pm 103.8	117	456 \pm 76	143 \pm 43
1969	182	1.50 \pm 1.00	35.0 \pm 89.6	116	447 \pm 99	130 \pm 62
1970	163	1.66 \pm 1.16	34.9 \pm 80.7	116	454 \pm 91	130 \pm 58
1971	143	1.73 \pm 1.14	41.4 \pm 83.7			
Total	1054	1.60 \pm 1.02	41.4 \pm 97.0	640	446 \pm 89	129 \pm 52

De acuerdo con Buch y colaboradores (7), no habría necesidad de dejar descansar por más tiempo que 47 días de la involución del útero en ganado Holstein, como regla general.

Los valores obtenidos en otros trabajos (33, 49), difieren de los del presente estudio, debido precisamente a las condiciones de manejo propias de cada hato.

El intervalo entre el primer servicio y la concepción fue de 41 ± 97 días como promedio general. Este resultado se debe al promedio de servicios por concepción, ya que estas medidas son altamente correlacionadas, consideradas por algunos investigadores (14, 19), como dos medidas de una misma variable. Sin embargo, debido a la gran variabilidad observada en los valores de esta medida en el presente trabajo (mayor desviación estandar que el promedio), se debe considerar con cierta cautela.

Los resultados obtenidos, no concuerdan con la propuesta de de Alba (14), quien indica que a valores de 1.5 a 2.0 servicios por concepción, correspondería de 30 a 40 días de intervalo de primer servicio a concepción. Posiblemente la diferencia se deba a que se presentan celos silenciosos, o no se sirven algunos celos por falta de control. VanDemark y Salisbury (49) informan resultados similares a los obtenidos en el presente estudio.

El promedio por año de intervalo entre partos más corto fue de 397 ± 49 días, con un promedio general de 447 ± 90 días. Esto muestra que si se considera esta medida como criterio de evaluación de la eficiencia reproductiva, esta resulta ser deficiente. Estos resultados pueden deberse en gran parte a factores de manejo, en especial al descanso de 90 días después del parto y que no siempre el primer servicio resulta efectivo para una preñez, deficiencia en control de celos, pérdidas embrionarias y abortos no reportados.

De Alba (14) considera que el intervalo entre partos óptimo sería de 365 días. Ríos y Bodisco (39) estima que en explotaciones comerciales, el intervalo entre partos debe encontrarse entre los límites de 365 y 425 días.

4.1.1. Parámetros ambientales

Se llevó a cabo análisis de componentes de variancia para determinar efectos de año y mes sobre la variación de la eficiencia reproductiva. Los resultados (Cuadro 4 del apéndice) muestran que el efecto debido a meses dentro de años es prácticamente cero en todos los casos. Esto puede ser debido a que la variación de condiciones climáticas de mes a mes es muy baja, y por tanto la disponibilidad de pastos es bastante uniforme. En el Cuadro 3 se puede observar los promedios y desviaciones estándares para las cuatro medidas de eficiencia reproductiva por meses, notándose especialmente en dicho cuadro, la gran variabilidad dentro de meses.

Se encontró efecto de año en todas las variables estudiadas. Esto se explicaría por el efecto climático de año en sí, y otros factores que puede variar de año a año, como son: calidad de semen utilizado, variación de manejo por cambio de personal, enfermedades, alimentación, eliminación de vacas con problemas de reproducción, etc. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros trabajos (32, 33, 35, 42).

4.1.2. Parámetros genéticos - Índice de herencia

En el Cuadro 5 del apéndice se muestra el análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia en las medidas de eficiencia reproductiva. Los valores fueron: cero para las medidas de intervalo de parto a primer servicio, primer servicio a concepción, y número de servicios por concepción; y 0.01 para intervalo entre partos. Los resultados muestran que la variación del comportamiento reproductivo es casi totalmente debido a factores ambientales, ya que en todas las medidas estudiadas los valores son prácticamente cero. Esto nos

Cuadro 3. Promedios y desviaciones estándares para medidas de eficiencia reproductiva distribuidos por meses.

Mes	Nº de obser- vacio- nes	Servicios por concepción	Intervalo de primer servi- cio a concep- ción	Nº de obser- vacio- nes	Intervalo en- tre partos (días)	Intervalo de par- to a primer servicio (días)
Enero	65	1.69 ± 1.07	57.4 ± 108.7	39	484 ± 125	131 ± 39
Febrero	81	1.60 ± 1.03	48.8 ± 108.7	40	435 ± 73	131 ± 53
Marzo	95	1.51 ± 0.71	24.6 ± 58.3	50	431 ± 55	122 ± 45
Abril	104	1.36 ± 0.81	27.8 ± 86.5	61	434 ± 87	129 ± 57
Mayo	110	1.55 ± 1.16	35.6 ± 86.3	74	440 ± 94	127 ± 57
Junio	76	1.44 ± 0.90	28.2 ± 74.5	40	444 ± 54	142 ± 45
Julio	81	1.69 ± 0.90	55.6 ± 120.2	60	447 ± 91	127 ± 52
Agosto	87	1.82 ± 1.32	61.2 ± 133.6	51	450 ± 72	125 ± 28
Setiembre	78	1.81 ± 1.16	45.0 ± 83.6	53	468 ± 91	131 ± 52
Octubre	75	1.50 ± 0.93	33.3 ± 89.1	44	456 ± 111	131 ± 73
Noviembre	93	1.67 ± 1.07	48.6 ± 106.8	59	434 ± 71	125 ± 54
Diciembre	109	1.59 ± 0.98	37.0 ± 88.8	69	451 ± 106	132 ± 58
Total	1054	1.60 ± 1.02	41.4 ± 97.0	640	446 ± 89	129 ± 52

indica que la eficiencia reproductiva no se puede mejorar por métodos de selección, por el hecho de que su variación debida a efectos genéticos es casi nulo, pudiendo ser mejorada solamente mediante adecuada alimentación y buen manejo. Los valores obtenidos para la raza Guernsey en esta zona están de acuerdo con los obtenidos por otros investigadores (16, Cuadro 1 del Apéndice) con varias razas en zonas distintas.

4.2. Producción de leche - Parámetros ambientales

En el análisis de componentes de variancia para determinar efecto de año y mes sobre la producción de leche, se encontró que para producción observada, el efecto de año expresado en porcentaje fue de 53.4, mientras que el efecto de mes dentro de años fue de 0.3% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de componentes de variancia para estimar parámetros ambientales en producción de leche observada y ajustada por edad (todas las lactancias).

Fuentes de variación	G.L.	Producción observada			Producción ajustada por edad		
		C.M.	Co.Va.	%	C.M.	Co.Va.	%
Años	11	3360282	339086	53.4	205401	18771	34.3
Meses/Años	131	474810	2105	0.3	45038	108	0.2
Error	901	293767	293767	46.2	35700	35700	65.4

Co.Va. = Componentes de variancia

% = Porcentaje del total de las componentes de variancia

Los análisis para producción con datos ajustados por edad mostraron un efecto de año de 34.3%, más bajo que el obtenido para producción observada, debido a que se elimina el efecto de edad que está involucrado en dicho análisis. Los resultados que muestran el efecto de año para producción observada y ajustada por edad se presenta en el Cuadro 5, en el que se nota una tendencia a mayores producciones durante los años de 1959 a 1964 y ligeras disminuciones de 1965 a 1970. Las diferencias entre años se presentan comúnmente debido a las variaciones que existen en las condiciones climáticas y a las decisiones de manejo de año a año.

Cuadro 5. Promedios y desviaciones estándares de producción de leche por años, con datos observados y ajustados por edad (todas las lactancias).

Año	Número de observaciones	Producción observada kgs	Producción ajustada por edad (a) kgs
1959	38	2387 ± 703	2207 ± 132
1960	44	2317 ± 754	2223 ± 140
1961	44	2437 ± 802	2216 ± 167
1962	59	2406 ± 663	2174 ± 163
1963	59	2018 ± 568	2155 ± 185
1964	88	2394 ± 522	2102 ± 190
1965	113	2238 ± 369	2057 ± 219
1966	125	2104 ± 543	2078 ± 210
1967	137	1959 ± 540	2087 ± 203
1968	118	1954 ± 511	2122 ± 175
1969	122	1955 ± 564	2122 ± 198
1970	97	1905 ± 529	2134 ± 204
Total	1044	2117 ± 590	2120 ± 196

(a) = Ajustada a edad media, y no es equivalente a edad adulta.

El resultado del efecto de mes dentro de años sobre la variación de la producción ajustada por edad fue de 0.2%. En el Cuadro 6 se presentan los promedios y desviaciones estándares para producción de leche por meses, observándose bastante uniformidad de las producciones.

Cuadro 6. Promedios y desviaciones estándares de producción de leche por meses, con datos observados y ajustados por edad (todas las lactancias).

Mes	Número de obser <u>va</u> ciones	Producción obser <u>va</u> da (kgs)	Producción ajustada por edad (a) kgs
Enero	82	2773 ± 663	2151 ± 197
Febrero	101	2076 ± 552	2073 ± 214
Marzo	103	2096 ± 583	2073 ± 217
Abril	107	2060 ± 589	2112 ± 194
Mayo	101	2071 ± 579	2109 ± 200
Junio	75	2155 ± 534	2083 ± 191
Julio	73	2121 ± 489	2206 ± 150
Agosto	83	2160 ± 571	2147 ± 205
Setiembre	63	1985 ± 601	2118 ± 203
Octubre	78	2161 ± 638	2157 ± 187
Noviembre	80	2206 ± 676	2132 ± 180
Diciembre	98	2070 ± 575	2124 ± 177
Total	1044	2117 ± 590	2120 ± 196

(a) = Ajustada a edad media, y no es equivalente a edad adulta.

Los resultados obtenidos por efecto de año son más altos que los obtenidos por Thompson et al. (44). Perozo (33) reporta efecto de año para producción de leche ajustada a edad adulta. Johnson y Touchberry (23) encontraron una variación por efecto de mes de 1%, aunque este valor es mayor al encontrado en el presente trabajo, se pueden considerar similares por el nivel que representan de la variación total, y por que estos resultados dependen mucho de las condiciones climáticas donde se lleva a cabo el estudio, según los resultados obtenidos en varios trabajos (22, 24, 29, 34, 46). Vale la pena mencionar que en zonas de cuatro estaciones es práctica común proveer instalaciones y alimentos suplementacionales para balancear efectos extremos del clima.

4.2.1. Índice de herencia para producción de leche

Se llevó a cabo análisis de componentes de variancia para producción de leche observada y ajustada por edad en base a todas las lactancias. El índice de herencia para el primer caso fue de 0.02 y para producción ajustada por edad, 0.23 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia (h^2) de producción de leche en base a todas las lactancias.

Fuentes de variación	G.L.	Producción observada			Producción ajustada por edad		
		C.M.	Co.Va.	%	C.M.	Co.Va.	%
Años	11	3369246	235547	44.43	206014	13727	44.94
Toros/Años	147	466558	2098	0.39	169077	1791	5.86
Progenie (Error)	876	292454	292454	55.16	15029	15029	49.19
		$h^2 = \frac{4 \times 2098}{530099} = 0.02$			$h^2 = \frac{4 \times 1791}{30547} = 0.23$		

Co.Va. = Componentes de variancia.

% = Porcentaje del total de las componentes de variancia.

En el Cuadro 8 se muestran los resultados del análisis de componentes de variancia para estimar índice de herencia para primeras lactancias con datos observados y ajustados por edad. Los valores de los índices de herencia fueron de 0.19 y 0.48 respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que los índices de herencia en base a varios registros son generalmente más bajos que los obtenidos en base a primeras lactancias. Esto sería una ventaja, ya que permitiría al ganadero seleccionar sus animales a temprana edad y obtener un progreso genético en su hato ahorrando tiempo. Los índices de herencia obtenidos en el presente trabajo, concuerdan en general con los encontrados en la revisión de literatura (36, 48, Cuadro 2 del apéndice).

Cuadro 8. Análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia (h^2) de producción de leche en base a primeras lactancias.

Fuentes de variación	G.L.	Producción observada			Producción ajustada por edad		
		C. M.	Co.Va.	%	C.M.	Co.Va.	%
Años	11	2203126	83766	22.9	539419	22181	46.2
Toros/Años	101	391692	18286	4.9	24081	5822	12.1
Progenie	172	263691	263691	72.1	20005	20005	41.6
		$h^2 = \frac{4 \times 18286}{365743} = 0.19$			$h^2 = \frac{4 \times 5822}{48008} = 0.48$		

Co.Va. = Componentes de variancia.

% = Porcentaje del total de las componentes de variancia.

4.2.2. Índice de constancia para producción de leche

Los valores de índice de constancia para producción de leche observada y ajustada por edad fueron de 0.29 ± 0.006 y 0.24 ± 0.001 respectivamente (Cuadro 9). Estos resultados bajos en comparación a lo reportado en la literatura (3, Cuadro 3 del apéndice) posiblemente se debe en gran parte al efecto de las variaciones del medio ambiente, alimentación y prácticas de manejo, que producen gran variabilidad en los registros individuales de las vacas.

Cuadro 9. Análisis de componentes de variancia para estimar índices de constancia (R) en producción de leche observada y ajustada por edad.

Fuentes de variación	G.L.	Producción observada			Producción ajustada por edad		
		G.M.	Co.Va.	R	G.M.	Co.Va.	R
Entre vacas	230	656020	97555		62792	8349	
Dentro vacas	759	236534	236534		26890	26890	
				0.29 ± 0.006	0.24 ± 0.001		

Co.Va. Componentes de variancia.

4.3. Relación entre eficiencia reproductiva y producción

En el Cuadro 10 se presentan los coeficientes de correlación con límites de confianza a nivel de 5% de probabilidad, para cada medida de eficiencia reproductiva, con producción de leche observada y ajustada por edad. Los valores encontrados para intervalo de parto a primer servicio con producción tanto observada como ajustada por edad, son

esencialmente cero. Esto es debido probablemente a que el intervalo de parto a primer servicio es determinado en gran parte por el manejo. En otras palabras, la variación de esta característica no es una indicación de la fisiología o del genotipo de la vaca.

Cuadro 10. Correlaciones fenotípicas entre medidas de eficiencia reproductiva y producción de leche.

Medidas de eficiencia reproductiva	Producción observada	Producción ajustada por edad
Intervalo de parto a primer servicio	- 0.10 ± 0.09	- 0.08 ± 0.10
Intervalo de primer servicio a concepción	0.09 ± 0.05	0.16 ± 0.06
Servicios por concepción	0.12 ± 0.06	0.16 ± 0.06
Intervalo entre partos	0.05 ± 0.10	- 0.01 ± 0.10
Edad al parto	0.57 ± 0.04	0.15 ± 0.07

La correlación de servicios por concepción, e intervalo de primer servicio a concepción, con producción de leche tanto observada como ajustada por edad son prácticamente iguales. Esto se explica debido a que ambas medidas de eficiencia reproductiva son altamente correlacionadas y generalmente son consideradas por algunos investigadores (14, 19) como dos medidas de la misma variable.

Según Boyd et al. (5) no hay correlación entre servicios por concepción y producción de leche. Similares resultados fueron encontrados por Carman (1955) en Estados Unidos y Curie (1956) en Nueva Zelandia, reportados por de Alba (14). Sin embargo, Branton et al. (6) informan

que dentro de hatos parece indicar mayor número de servicios por concepción, a medida que incrementa la producción de la vaca individualmente, no así cuando se estudian varios hatos en conjunto. Touchberry (45) informa regresiones parciales, significativas a nivel de 5% de probabilidad, de servicios por concepción e intervalo entre primer servicio y concepción, sobre producción de grasa.

Los resultados contradictorios en varios trabajos indican claramente las influencias de manejo de cada ganadero. Es lógico pensar que generalmente permiten más oportunidades (servicios) a sus vacas mejores productoras a fin de que queden preñadas. Lo que no es claro, es si hay razones hormonales que causen más problemas para concebir a vacas más altas productoras.

Las correlaciones de edad al parto con producción de leche observada y ajustada por edad fueron 0.57 ± 0.04 y 0.15 ± 0.07 respectivamente. Esta diferencia es debida a la influencia de la edad sobre la producción, según las informaciones de varios trabajos (9, 14, 22, 28, 30) en que se hace notar que la producción alcanza su mayor nivel de los 5 a los 7 años de edad. Sin embargo, al ajustar por edad no se elimina totalmente el efecto de edad, ya que la selección hecha en base a promedios permite mayor influencia de las vacas de más registros.

Teniendo en cuenta los índices de herencia en base a datos observados y ajustados por edad (0.02 y 0.23 respectivamente), la selección sería más efectiva y se obtendría mayor ganancia genética si se lleva a cabo en base a producciones ajustadas por edad.

En general, no se observa correlación entre comportamiento reproductivo y producción de leche. Considerando que estas características son fenotípicamente independientes y que las medidas de reproducción son no-heredables se puede seleccionar vacas en base de producción sin afectar el comportamiento reproductivo.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el estudio de las características de reproducción y producción de leche, y las interrelaciones entre estas características con datos provenientes de un período de 12 años (1959 - 1970) del hato de ganado Guernsey de la finca "Evangelina", ubicada a 16 kilómetros Nor-Oeste de la ciudad de Turrialba, Costa Rica, a una altura de 1440 m s.n.m., y con una precipitación promedio anual de 2600 mm.

De las características de reproducción se estudiaron parámetros ambientales y genéticos de servicios por concepción, días de intervalo entre parto y primer servicio, días de intervalo entre primer servicio y concepción, y días de intervalo entre partos. Para estas medidas se obtuvieron los siguientes promedios y desviaciones estándares: 1.6 ± 1.0 , 129 ± 52 , 41 ± 97 y 447 ± 90 días respectivamente. La variación por efecto de años de cada una de las medidas mencionadas anteriormente fue de 8.2, 26.9, 2.0 y 11.3 por ciento respectivamente. El efecto de meses fue prácticamente cero para todas las medidas.

Los índices de herencia obtenidos para estas medidas de reproducción fueron cerca de cero.

Los promedios por lactancia para producción de leche fueron: 2117 ± 590 kilogramos para producción observada y 2120 ± 196 kilogramos para producción ajustada por edad. Se estudió efecto de años y meses sobre la producción de leche mediante análisis de componentes de variancia. El efecto de años fue de 53 y 34 por ciento para producción de leche observada y ajustada por edad respectivamente. El efecto de meses fue prácticamente cero para ambos casos.

El índice de herencia para producción de leche observada en base a todas las lactancias fue de 0.02, y el índice de constancia de 0.29.

Para producción de leche ajustada por edad se obtuvo un índice de herencia de 0.23 y un índice de constancia de 0.24. En base a primeras lactancias, los índices de herencia fueron de 0.19 y 0.48 para producción observada, y producción ajustada por edad respectivamente.

Las correlaciones entre medidas de eficiencia reproductiva (intervalo entre parto y primer servicio, intervalo entre primer servicio y concepción, número de servicios por concepción, intervalo entre partos, y edad al parto) y producción de leche observada fueron: -0.10 ± 0.09 , 0.09 ± 0.05 , 0.12 ± 0.06 , 0.05 ± 0.10 , y 0.57 ± 0.04 respectivamente. Las correlaciones de las mismas medidas en el orden mencionado, con producción de leche ajustada por edad fueron: -0.08 ± 0.10 , 0.16 ± 0.06 , 0.16 ± 0.06 , -0.01 ± 0.10 , y 0.15 ± 0.07 .

En base a los resultados obtenidos se puede dar las siguientes conclusiones:

1. La variación debido a efecto de años es muy alta, en contraste a la variación por efecto de meses que es muy baja, tanto para las características de reproducción y producción de leche.

En el caso de reproducción, las variaciones son totalmente ambientales o no genéticas.

En caso de producción de leche, los factores genéticos causan variaciones de una magnitud de baja a mediana, según la información usada para su determinación. Los datos no ajustados por edad muestran muy poca variabilidad genética en contraste a los ajustados por edad. En forma similar, todas las lactancias muestran mucha variación ambiental, mientras las primeras lactancias indican mayor variación debido a efectos genéticos.

2. Las correlaciones obtenidas para las medidas de eficiencia reproductiva y producción de leche son cerca de cero.

5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS

This study was made of the characteristics of reproduction and production of milk, and their interrelations, in a herd of Guernsey cattle. Data from twelve years (1959-1970) were analyzed originating from the farm "Evangelina" located 16 kilometers north west of the city of Turrialba, Costa Rica. The farm is situated 1440 meters above sea level where the average annual rainfall is 2600 mm.

Genetic and environmental parameters were studied for the following measures of reproductive efficiency: services per conception, days interval from calving to first service, days interval from first service to conception, and interval between calvings. The means and standard deviations in the order mentioned were 1.6 ± 1.0 , 129 ± 52 , 41 ± 97 , and 447 ± 90 , respectively. The variation due to effects of years on these characteristics represented 3.2, 26.9, 2.0 and 11.3 percent, respectively, of the total variation. Monthly variation was practically non existent for all these measures of reproductive efficiency and the estimations of heritabilities were all essentially zero.

The overall average of milk production per lactation was 2117 ± 590 kgs unadjusted, and the corresponding average of 2120 ± 196 kgs was obtained when the data were adjusted for age.

From variance component analysis it was found that years accounted for 53 and 34 percent of the total variation, respectively, for production observed or age adjusted. Monthly variation was practically zero in both cases.

Heritability of milk production using all lactations without

adjusting for age was 0.02 and repeatability was 0.29. With age adjusted data these estimations were 0.23 for heritability and 0.24 for repeatability. Considering only first lactation records the heritabilities were 0.19 and 0.48 for production without and with adjustment for age, respectively.

The correlations of reproductive efficiency measures (interval from calving to first service, interval from first service to conception, number of services per conception, interval between calvings, and age at calving) with unadjusted milk production were: -0.10 ± 0.09 , 0.09 ± 0.05 , 0.12 ± 0.06 , 0.05 ± 0.10 , and 0.57 ± 0.04 respectively. The correlations of these same measures of reproduction with age adjusted milk production were respectively: -0.08 ± 0.10 , 0.16 ± 0.06 , 0.16 ± 0.06 , -0.01 ± 0.10 , and 0.15 ± 0.07 .

Based on the results of this study the following conclusions were drawn:

1. Variations due to yearly effects were very large and the variation due to effects of months was very small for all the characteristics of reproduction and milk production.

In the case of reproduction, the variations were exclusively of a non genetic origin.

In respect to milk production, genetic factors varied from low to medium depending on the nature of the data utilized. Data not adjusted for age demonstrated little genetic variation in contrast to age-adjusted data. In like manner utilizing all lactations indicated principally environmental sources of variation while first lactations resulted in considerably greater genetic variation.

2. Correlations of measures of reproductive efficiency with milk production were essentially zero.

6. RECOMENDACIONES

Para hacer más eficiente un programa de selección y mejoramiento a nivel de fincas, se recomienda tener presente los siguientes criterios:

1. Lleva registros individuales de producción y reproducción en forma más detallada, anotando especialmente: fecha de nacimiento, número de parto, fecha de inicio de la producción, pero de la producción de leche por lo menos dos veces al mes, análisis del contenido de grasa de la leche, días de duración de la lactancia, y número de ordeños a que es sometido cada animal.
2. Debido a la variabilidad que existe entre años, sería conveniente hacer las comparaciones de las vacas dentro de años.
3. Al efectuar comparaciones de producción, se recomienda hacer ajustes por edad.
4. Emplear una presión de selección en las hembras en forma similar a la efectuada con los reproductores machos, tomando como criterio el promedio de producción en primeras lactancias en vez del promedio de varias lactancias; con lo que se puede obtener mayor progreso genético sin temor a producir alteración en el comportamiento reproductivo.
5. Reducir el intervalo de descanso después del parto en animales que no presentan problemas.
6. Investigar otros factores que podrían ser causa de la baja producción de leche y el deficiente comportamiento reproductivo, tales como: alimentación, enfermedades venereas, otras enfermedades y mano de obra.

7. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, R. L. y BANCROFT, T. A. Statistical theory in research. 1ª ed. New York, McGraw-Hill. 1952. 399 p.
2. BECKER, W. A. Manual of procedures in quantitative genetics. 2ª ed. Pullman, Washington State University. 1967. 150 p.
3. BEROUSEK, E. R. et al. Heritability and repeatability estimates of production and type of Guernsey cattle. Journal of Dairy Science 42(5):925. 1959.
4. BODISCO, V. y MAZZARRI, G. B. Eficiencia reproductiva de las vacas Criollas y Pardo Suizas en el centro de investigaciones agronómicas. Venezuela. Centro de Investigaciones Agronómicas. Boletín Técnico nº 14. 1962. 24 p.
5. BOYD, L. J., SEATH, D. M. y OLDS, D. Relationship between level of milk production and breeding efficiency in dairy cattle. Journal of Animal Science 13(1):89-93. 1954.
6. BRANTON, C. et al. The influence heredity and environment on the fertility of dairy cattle. Journal of Dairy Science 39(7): 933. 1956.
7. BUCH, N. C., TYLER, W. J. y CASIDA, L. E. Variation in some factors affecting the length of calving intervals. Journal of Dairy Science 42(2):298-304. 1959.
8. CARMONA, S. y MUÑOZ, H. Intervalo entre partos y número de servicios por preñez en vacas Criollas, Jersey y encastadas de Suizo en clima tropical húmedo. ALPA, Memoria:7-19. 1966.
9. CLAWSON, C. D., KING, W. A. y BIRD, W. P. Effect of length of previous dry period, month of freshening, age, body weight and length of gestation on milk and fat yields of dairy cattle. Journal of Dairy Science 48(6):837. 1965.
10. COOPER, T. Analysis of sources of variation in calving intervals of dairy cattle. Thesis Ph.D. Lexington, Kentucky, University of Kentucky, 1966. 73 p. (mimeografiado).
11. DAVIS, H. P. Reproductive efficiency in a Holstein herd 1897-1950. Journal of Dairy Science 34(6):495. 1951.
12. DAVIS, H. P. y BROST, B.. Calving age and intervals between calvings first through. Journal of Dairy Science 37(6):672-673. 1954.
13. DE ALBA, J. El ordeño con ternero y la eficiencia reproductiva en el bovino. Turrialba 10(2):64-67. 1960.

14. DE ALBA, J. Reproducción y genética animal. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1964. 446 p.
15. DEATON, O. W. Comunicación personal. 1971.
16. DUNBAR, R. S., Jr. y HENDERSON, C. R. Heritability of fertility in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 36(10):1063-1070. 1953.
17. EHLERS, M. H., MORRISON, R. A. y ERB, E. E. Breeding efficiency as related to number of gestation of cows. *Journal of Dairy Science* 37(6):673. 1954.
18. EVANS, D. L., BRANTON, C. y FARTHING, B. R. Heritability estimates and interrelationships among production per day of productive life, longevity, breeding efficiency and type in a of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 47(6):699. 1964.
19. EVERETT, R. W., ARMSTRONG, D. V. y BOYD, L. J. Genetic relationship between production and breeding efficiency. *Journal of Dairy Science* 49(7):879-886. 1966.
20. FREEMAN, A. E. Genetic relationships among the first three lactations of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 43(6): 876-877. 1960.
21. HAYS, R. L. Effect of breed, season, and age on the interval of calving to first heat. *Journal of Dairy Science* 40(6):630. 1957.
22. JOHANSSON, I. Genetic aspect of dairy cattle breeding. Urbana, Illinois, University of Illinois Press. 1961. 259 p.
23. JOHNSON, R. V. y TOUCHBERRY, R. W. Influence of month of calving on lactation milk yield. *Journal of Dairy Science* 45(5): 678. 1962.
24. JOHNSTON, J. E. et al. The influence of season of freshening on production records of Jersey and Holstein cows in Louisiana. *Journal of Dairy Science* 39(7):933. 1956.
25. LAMB, R. C. y KOPLAND, D. V. Influence of age at first calving and calving intervals on production per day of life and total life-time production. *Journal of Dairy Science* 46(6): 628. 1963.
26. LEGATES, J. E. Genetic variation in services per conception and calving interval in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 13(1):81-88. 1954.

27. LEGATES, J. E. Heritability of fat yields in herds with different production levels. *Journal of Dairy Science* 40(6):631. 1957.
28. MAGOFKE, J. C. S. Estimación del mejoramiento genético en producción de leche, grasa y largo de lactancia en el ganado Criollo lechero de Turrialba. Tesis de Magister Scientiae. Turrialba, IICA. 1964. 110 p.
29. MILLER, R. H., McDANIEL, B. T. y CORLEY, E. L. Variation in ratio factors for age-adjusting part-lactation records. *Journal of Dairy Science* 50(11):1819-1823. 1967.
30. McDANIEL, B. T., MILLER, R. H. y CORLEY, E. L. Sources of variation in ratios of total to part yields. *Journal of Dairy Science* 50(12):1917-1924. 1967.
31. OLDS, D. y COOPER, T. Factors affecting calving intervals in Kentucky dairy herd improvement association herds. *Journal of Dairy Science* 53(5):670. 1970.
32. _____ y SEATH, D. M. Predicting the breeding efficiency of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 33(9):377. 1950.
33. PEROZO, T. Características de reproducción y producción de un hato Holstein en zona de altura del trópico. Tesis de Magister Scientiae. Turrialba, IICA. 1971. 39 p.
34. PLUM, M. Effects of season of calving on first lactation milk and milk fat record of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 46(6):621. 1963.
35. POSTON, H. A., ULBERG, L. C. y LEGATES, J. E. Analysis of seasonal fluctuations of reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 45(11):1376-1382. 1962.
36. RAKES, J. M. et al. Relationship between certain factors and maximum daily milk production. *Journal of Dairy Science* 42(2):923. 1959.
37. REID, J. T. et al. Progress report on study of the effect of plane of early nutrition upon reproductive and productive performance of Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 40(6):610-611. 1957.
38. RENNIE, J. C. Causes of variation in calving interval of Holstein Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 39(7):932. 1956.
39. RIOS, C. E. y BODISCO, V. Estado actual de los estudios de ganado lechero en el centro de investigaciones agronómicas. Venezuela, Centro de Investigaciones Agronómicas. Boletín Técnico nº 11. 1962. 13 p.

40. RIOS, C. E., BODISCO, V. y MORILLO, F. J. Selección del ganado Criollo lechero en Venezuela. Maracay. Ministerio de Agricultura y Cría. 1959. 32 p.
41. SALAZAR, C. J. et al. Reproductive performance of three colombian Holstein herds. Journal of Dairy Science 53(5):670. 1970.
42. SALISBURY, G. W. y VANDEMARK, N. L. Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos. Traducción de José Ma. Santiago Luque. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 1964. 707 p.
43. THATCHER, W. W., TERRELL, K. y WILCOX, C. J. Incidence of postpartum estrus as an indicator of reproductive status in the dairy cow. Journal of Dairy Science 53(3):382. 1970.
44. THOMPSON, N. R., BALDWIN, V. L. y GRAF, G. C. State, herd, and yearly effects on milk and fat yields of dairy cows. Journal of Dairy Science 45(5):678. 1962.
45. TOUCHBERRY, R. W., ROTTENSTEN, K. y ANDERSEN, H. Associations between service interval, interval from first service to conception, number of services per conception, and level of butterfat production. Journal of Dairy Science 42(7):1157-1170. 1959.
46. TUCKER, W. L. y LEGATES, J. E. Seasonal division of herdmates in sire evaluation. Journal of Dairy Science 48(2):234-242. 1965.
47. TYLER, W. J. y HYATT, G., Jr. Some of the effects of calving interval on milk and butterfat production of Ayrshire cattle. Journal of Dairy Science 33(6):375. 1950.
48. _____. The heritability of milk and butterfat production and percentage of butterfat in Ayrshire cattle. Journal of Animal Science 6(4):479-480. 1947.
49. VANDEMARK, N. L. y SALISBURY, G. W. The relation of the post partum breeding interval to reproductive efficiency in the dairy cow. Journal of Animal Science 9(3):307-313. 1950.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Algunos índices de herencia (h^2) para medidas de fertilidad en vacas lecheras.

Medida	h^2	Nº de obser- vaciones	Autor
Número de servicios	0.07	834	Pou, <u>et al.</u> 1953
Intervalo entre primer servicio y concepción	0.07	834	Pou, <u>et al.</u> 1953
Intervalo entre partos	0.00	2443	Legates, 1954
Servicios por concepción	0.02	2419	Legates, 1954
Intervalo entre partos	0.00	1036	Dunbar y Henderson, 1953
Intervalo entre parto y primer servicio	0.31	472	Olds y Seath, 1953
Intervalo entre parto y primer celo	0.10	1390	Salazar, <u>et al.</u> , 1970
Intervalo entre partos	0.10	1390	Salazar, <u>et al.</u> , 1970
Servicios por concepción	0.09		Branton, <u>et al.</u> , 1956

Cuadro 2. Algunos índices de herencia (h^2) para producción de leche.

Raza	h^2	Nº de observaciones	Carácter	Autor y País
Kenana	0.24	84	Leche (1 ^{as} Lact.)	Alim, 1960, Sudán
Butana	0.28	195	Leche (1 registro)	Alim, 1962, Sudán
Varias razas	0.30	351	Leche (2 registro)	Alim, 1962, Sudán
Cruzas	0.18	201	Leche	Mahadevan, 1957, Ceylán
Red Sindhi	0.19	1102	Leche	Mahadevan, 1954, Ceylán
Red Sindhi	0.14	91	Leche (1 ^{as} Lact.)	Mahadevan, 1955, Ceylán
Red Sindhi	0.25	95	Grasa	Stonaker, 1953, India
Guernsey	0.21	1825	Grasa	Legates, 1962, EE. UU.
Holstein	0.22	5458	Grasa	Legates, 1962, EE. UU.
Jersey	0.24	3465	Grasa	Legates, 1962, EE. UU.
Holstein	0.27	20024	Leche	Tabler y Touchberry, 1959, EE. UU.
Pardo Suizo	0.42	1764	Leche (1 ^a Lact.)	Johnson y Corley, 1961, EE.UU.
Ayrshire	0.51	6888	Leche	Tyler y Hyatt, 1947, EE. UU.
Varias razas europeas	0.43	1295	Leche (1 ^a Lact.)	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña
Holstein	0.12	233	Leche (1 Registro)	Wilcox, <u>et al.</u> , 1960, EE. UU.
Friesian	0.34	2430	Leche (1 ^a Lact.)	Barker y Robertson, Inglaterra
Norwegian Red	0.10	32000	Leche	Syrstad, 1966, Noruega.

Cuadro 3. Algunos índices de constancia para producción de leche.

Raza	Índice de constancia	Nº de observaciones	Carácter	Autor y País
Kenana	0.43	390	Leche	Alim, 1960, Sudán
Butana	0.43	393	Leche	Alim, 1962, Sudán
Red Sindhi	0.46	300	Leche	Mahadevan, 1955 Ceylán
Varias razas europeas	0.51	1566	Leche	Mahadevan, 1957 Ceylán
Shorthorn	0.64	100	Leche	Marples, 1964 Uganda
Ayrshire	0.57	407	Leche	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña
Friesian	0.48	375	Leche	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña
Guernsey	0.52	157	Leche	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña
Jersey	0.46	46	Leche	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña
Red Poll	0.54	95	Leche	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña
Shorthorn	0.60	220	Leche	Rendel, <u>et al.</u> , 1957, Gran Bretaña

Cuadro 4. Análisis de componentes de variancia para estimar parámetros ambientales en medidas de eficiencia reproductiva.

Fuentes de variación	Intervalo entre partos (días)		Intervalo de parto a primer servicio (días)		G.L.	Servicios por concepción		Intervalo de primer servicio a concepción (días)						
	C. M.	Co.Va.	C. M.	Co.Va.		C.M.	Co.Va.	C. M.	Co.Va.					
Años	6	16952	1004	11.3	11969	1028	26.9	7	1.69	0.09	8.2	22510	188	2.0
Meses/Años	78	8863	11	0.1	1810	-11	0.0	91	0.99	-0.00	0.0	11788	21	0.2
Error	555	7840	7840	88.5	2792	2792	73.0	955	1.04	1.04	91.7	9089	9089	97.7

Co.Va. = Componentes de variancia

% = Porcentaje del total de las componentes de variancia.

Cuadro 5. Análisis de componentes de variancia para estimar índices de herencia (h^2) en medidas de eficiencia reproductiva.

Fuentes de variación	G.L.	Intervalo entre partos (días)		Intervalo de parto a primer servicio (días)		G.L.	Servicios por concepción		Intervalo de primer servicio a concepción (días)					
		C. M.	Co.Va.	%	C. M.		Co.Va.	%	C. M.	Co.Va.	%			
Años	6	16952	706	8.4	11969	715	21.1	7	1.68	0.04	5.8	22510	815	7.9
Toros/Años	98	9586	21	0.2	2660	-0.1	0.0	139	1.39	0.00	0.0	9170	- 2	0.0
Progenie (Error)	535	7669	7669	91.3	2673	2673	78.8	897	0.99	0.99	96.1	9477	9477	92.0

Co.Va. = Componentes de variancia.

% = Porcentaje del total de las componentes de variancia.