

COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN HATOS HOLSTEIN Y JERSEY DEL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA

Nuria González V.¹
Carlos Boschini F.²

ABSTRACT

Performance of milk production in Holstein and Jersey Herds in the Central Valley of Costa Rica. This cross-sectional study covers the milk production on 14 farms in the provinces of Alajuela and Cartago, between 1988 and 1992, and includes 1 874 lactations: 1 052 Jersey and 882 Holstein, from the first to the sixth lactation. The variables analyzed were: year and month of calving, breed, number of lactation, farm, breed by month of calving and breed by number of lactation. A significant variation ($P<0,01$) was observed in the milk production of different years, varying from a minimum of $5\,050 \pm 1\,228$ kg to a maximum of $5\,654 \pm 1\,787$ kg per lactation. The

effect of the month of calving on the average accumulated production was also important ($P<0,01$). The highest averages were seen when the animals calved in the last quarter of the year: December had the most ($5\,909 \pm 1\,782$ kg) and March the least ($4\,656 \pm 1\,973$ kg). The month of calving did not affect the milk production of one breed in particular ($P>0,05$). The milk production by lactation in Hosteins was 30,1 per cent higher than in Jerseys ($P<0,01$). There were differences among lactations ($P<0,01$): cows calving for the first time produced the most milk ($5\,648 \pm 1\,604$ kg) while those calving for the sixth time produced the least ($4\,843 \pm 1\,264$ kg). The effect of number of lactation was significant in both breeds ($P<0,01$). In Jerseys the highest production was observed in the first calving ($4\,896 \pm 1\,574$ kg) and the lowest in the sixth ($4\,073 \pm 1\,068$ kg). The fourth calving in Holsteins produced the highest average accumulated production ($6\,564 \pm 1\,653$ kg) and the second the lowest ($6\,232 \pm 1\,740$ kg). In both breeds the variation among farms was very wide ($P<0,01$). The Holstein farms had a maximum of $7\,527 \pm 1\,232$ kg per lactation and a minimum of $4\,232 \pm 994$ kg. On the Jersey farms the maximum was $6\,875 \pm 1\,190$ kg and the minimum $3\,271 \pm 786$ kg per lactation.

INTRODUCCIÓN

El nivel de producción de leche acumulada por lactancia, en las diversas razas, se debe tanto a factores genéticos como ambientales (Soto, 1978). El medio tropical afecta en alto grado la manifestación productiva de las vacas lecheras, disminuye su producción y condiciona el manejo del animal, lo cual imposibilita la expresión del alto potencial genético (Marín, 1979). La producción de leche por vaca por año en el trópico es aproximadamente una cuarta parte de la producción obtenida en

¹ Parte de la tesis para optar por el grado académico de Licenciatura en Zootecnia, ante la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

² Estación Experimental "Alfredo Volio Mata." Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Apartado 55-2250.

zonas templadas (Murillo, 1982). Entre los factores ambientales, la disponibilidad de alimentos, el manejo, los trastornos fisiológicos y patológicos, así como el largo del período abierto influyen en gran medida en la producción láctea (Britt, 1974; Martínez, 1982; Rodríguez, 1984).

Las variaciones estacionales, la raza propiamente y el número de lactancia constituyen los factores de variabilidad más concretos para tipificar una cuenca de producción de leche. La variación estacional tiene un efecto sobre la producción mediante dos mecanismos: el primero, en forma permanente sobre la producción total por lactancia, determinado por la estación o mes de parto y el segundo, sobre la producción diaria, por su influencia en el crecimiento y calidad del pasto que sirve de alimentación a los animales en pastoreo (Martínez, 1979; Martínez, 1982, Rodríguez, 1984 y Mc Dowell, 1974).

Las diferencias raciales forman un conjunto de variables influyentes sobre la producción, tales como peso corporal, adaptabilidad al medio, concentración calórica del producto y el efecto intrínseco de selección (Lee, 1976, Coffey, 1982, Mc Meeckan, 1974 y Schmidt *et al.*, 1975). A pesar de las variaciones estacionales y las diferencias raciales, tanto los animales Holstein como Jersey, explotados en condiciones tropicales favorables, tienden a mantener comportamientos similares a través de las diferentes lactaciones, cada una en su nivel de productividad como reflejo del mejoramiento genético aplicado a la raza (Bodisco, 1970, Goic y Herrera, 1975 y Rivas, 1983).

Existen varios programas de control de hatos lecheros, con el objetivo general de proveer información específica y periódica acerca del comportamiento de cada animal. Sin embargo, los factores que afectan a la producción de manera general, como año, mes o época de parto, raza, número de lactancia y ubicación geográfica o finca, se analizan en series históricas por períodos largos (Biamonte, 1984).

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar el comportamiento de la producción de leche de las razas Holstein y Jersey, en la zona Central de Costa Rica durante un período de cinco años.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información fue suministrada por el Programa de Hatos Lecheros del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Se emplearon 14 fincas del Valle Central, con información correspondiente al período comprendido entre 1988 y 1992. La identificación y ubicación de las fincas se presenta en el Cuadro 1.

Se analizaron 1 874 lactaciones, 1 052 de la raza Jersey y 822 de la raza Holstein, entre la primera y la sexta lactancias (Cuadro 2). Los registros suministraron la producción diaria por animal, recolectada mensualmente. La producción de leche fue estandarizada al 4 por ciento de grasa, mediante la fórmula de Gaines (Gaines, 1927). Con los valores de cada lactancia, se calculó una función gamma (Wayne *et al.*, 1977), mediante un ajuste por mínimos cuadrados, obteniéndose los coeficientes de B_0 , B_1 y B_2 . Con ellos se calculó la integral de producción acumulada en 305 días.

Los datos de producción de leche por lactancia fueron sometidos a un análisis de varianza, empleando el siguiente modelo:

$$Y_{ijklmn} = U + A_i + M_j + R_k + F_{l(k)} + P_m + MR_{(jk)} + RP_{(km)} + E_{ijklmn}$$

donde:

U = promedio de la población estudiada
 A_i = efecto del i-ésimo año de parto

M_j	=	efecto del j-ésimo mes de parto
R_k	=	efecto de la k-ésima raza
$F_{1(k)}$	=	efecto de la l-ésima finca dentro de la k-ésima raza
P_m	=	efecto del m-ésimo número de parto o lactancia
MR	=	efecto del j-ésimo mes por la k-ésima raza
$RP_{(km)}$	=	efecto de la k-ésima raza por el m-ésimo número de parto o lactancia
E_{ijklmn}	=	error experimental

El análisis de varianza se hizo con el procedimiento GLM (General Linear Model) del paquete estadístico SAS (SAS, 1989).

Cuadro 1. Nombre y ubicación de las fincas estudiadas

Finca	Nombre	Raza	Lact.	Ubicación
1	Las Marías 1	J	71	Vara Blanca, Alajuela
2	Las Marías 2	H	309	Vara Blanca, Alajuela
3	La Aurora	H	100	Poasito, Alajuela
4	El Plantón 1	J	73	Oreamuno, Cartago
5	El Plantón 2	J	80	Oreamuno, Cartago
6	El Plantón 3	J	182	Oreamuno, Cartago
7	La Laguna	J	119	La Pastora, Turrialba
8	Las Delicias	H	182	Cartago
9	Urasca	J	145	Cachí, Cartago
10	Rancho Verde	H	126	Poasito, Alajuela
11	La Granja	J	124	Cipreses, Cartago
12	San Juan	J	117	S.J. Chicué, Cartago
13	La Giralda	J	160	Vara Blanca, Alajuela
14	El Guayabal	H	129	Cartago

Cuadro 2. Distribución de registros por número de lactancia y por raza

Lactancia	Jersey	Holstein	Total
1	215	193	408
2	197	194	391
3	195	158	353
4	169	106	275
5	106	87	193
6	170	84	254
TOTAL	1 052	822	1 874

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del año

Al analizar la producción de leche por el año en que las vacas parieron, se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). En el Cuadro 3 se presenta la producción acumulada promedio por año de parto.

Se presentan tres grupos de producción diferenciados estadísticamente. En el año 1992 se dio la mayor producción de leche y se comportó completamente diferente a los otros años estudiados. Un segundo grupo corresponde a los años 1988 y 1989. Otro grupo se conforma con los años 1990 y 1991, siendo el año 1990 cuando se observó el menor promedio de producción a 305 días. Estas diferencias muestran una fuente de variabilidad por cambios ambientales que inciden

periódicamente en la producción; en este estudio, la variabilidad debida a años representó el 1,59 por ciento con respecto a la variabilidad total.

Cuadro 3. Producción acumulada promedio para cada año

Año de parto	Prod. acum. (kg)	No. de lactaciones
1988	5 242 ± 1 408 b	102
1989	5 358 ± 1 364 b	412
1990	5 050 ± 1 228 c	378
1991	5 179 ± 1 495 bc	428
1992	5 654 ± 1 787 a	554

a, b, c grupos estadísticamente diferentes (P<0,01)

Efecto de la raza

En el Cuadro 4 se observan los rendimientos de producción de leche acumulada por lactancia de las vacas Holstein y Jersey.

La diferencia entre las dos razas estudiadas fue muy marcada (P<0,01). Los niveles de producción se acercan a los resultados hallados por Miller *et al.*, 1970 y López en 1983, quienes mencionan a la raza como un factor determinante en la variación de la producción. En el presente estudio la varianza debida a raza fue de 31,87 por ciento sobre la variabilidad total.

En términos de producción acumulada, los animales de raza Jersey produjeron un 69,9 por ciento de la producción Holstein. La diferencia fue superior a la obtenida por Rivas, 1983 (77,9 por ciento Jersey/Holstein) en un estudio llevado a cabo en una finca de Santa Rosa de

Oreamuno, Cartago, e inferior a la relación encontrada por Brown y White, 1973 (60 por ciento Jersey/Holstein) en Estados Unidos. Hind, 1978, trabajando en Inglaterra con rebaños de fundación de las dos razas, encontró una relación superior (75 por ciento). Campos *et al.* (1994), encontraron que las vacas Holstein produjeron un 49 por ciento más de leche que las Jersey. Elbehri *et al.*, 1994, encontraron producciones de 4 545 kg para las Jersey y 7 090 kg para las Holstein. La producción de las vacas Jersey coincide con lo obtenido; sin embargo, la producción de las vacas Holstein fue superior, con lo cual se evidencia una mayor diferencia.

Cuadro 4. Producción acumulada promedio según la raza

Raza	Prod. acum. (kg)	No. de lactaciones
Jersey	4 490 ± 876 a	1 052
Holstein	6 419 ± 1 249 b	822

a, b, c grupos estadísticamente diferentes (P<0,01).

La variabilidad de la producción acumulada de leche entre fincas dentro de cada raza (Cuadro 5) fue altamente significativa (P<0,01), debido a que las fincas constituyen un factor de diferenciación muy grande en estilos de manejo, administración, ubicación geográfica, estructura del hato y la calidad de los animales.

Entre las fincas con hatos Holstein, Las Marías 2, ubicada en la zona de Vara Blanca, mostró la mayor producción (7 527 kg). La menor producción (4 232 kg) se dio en la finca El Guayabal, ubicada en la zona de Cartago. Dentro de las fincas con hatos Jersey, Las Marías 1, ubicada en la zona de Vara Blanca, presentó la mayor producción (6 875 kg), mientras que la menor (3 271 kg) se obtuvo en la finca El Plantón 2, de la zona de Cartago.

Cuadro 5. Producción de leche acumulada en 305 días promedio por finca según la raza

Finca	Raza	Prod. acum. (kg)	No. de lactaciones
Las Marías 2	H	7 527 ± 1 232	295
Las Delicias	H	6 887 ± 1 433	176
Rancho Verde	H	6 287 ± 1 275	124
La Aurora	H	5 268 ± 1 269	100
El Guayabal	H	4 232 ± 994	127
Las Marías 1	J	6 875 ± 1 190	70
La Laguna	J	6 421 ± 1 324	116
La Giralda	J	4 556 ± 920	160
La Granja	J	4 373 ± 926	123
Urasca	J	4 319 ± 584	145
El Plantón 3	J	4 039 ± 847	181
El Plantón 1	J	3 555 ± 642	73
San Juan	J	3 373 ± 759	117
El Plantón 2	J	3 271 ± 786	67

Fue notorio que la finca Las Marías 1, al explotar un hato de ganado Jersey obtuvo mayores producciones acumuladas a 305 días que otras fincas con ganado Holstein; muestra esto la aptitud de la raza Jersey y las excelentes condiciones de la finca.

Las diferencias de producción entre las dos razas, a través del tiempo e independientemente de la zona, se han venido acentuando. Probablemente, las prácticas de mejoramiento son responsables de los niveles de producción actuales y, en especial, el dominio sostenible de los animales Holstein para adaptarse adecuadamente a los ambientes tropicales.

Producción por mes de parto

La producción de leche acumulada, dependiendo del mes en que los animales iniciaron la lactancia (Cuadro 6), mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

Las vacas que inician la lactancia en el último cuatrimestre del año (setiembre-diciembre) obtuvieron las mayores producciones, siendo diciembre el mejor mes de inicio de una lactancia para obtener el mayor rendimiento promedio (5 909 kg). Las vacas que parieron en el primer trimestre del año obtuvieron los menores promedios de producción a 305 días, observándose que la parición en el mes de marzo genera la menor de ellas (4 656 kg). El mes de abril muestra un comportamiento atípico (5 397 kg) ya que la lactancia que se genera en él fue semejante estadísticamente ($P > 0,05$) a las lactancias iniciadas en los meses de octubre y noviembre.

Estos resultados indican que los meses ideales para cargar las vacas, con el propósito de lograr la mayor producción de leche por lactancia (setiembre-diciembre), son diciembre, enero, febrero y marzo. Sin embargo, la afirmación no concuerda plenamente con la evidencia obtenida por Garroni, 1976, y Martínez *et al.*, 1982, quienes encontraron que julio, agosto, setiembre y octubre eran los meses más propicios para iniciar la lactancia porque corresponden al período de más lluvia en la zona. De Lorenzo *et al.*, 1992, reportan que en los Estados Unidos, los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero son los meses ideales para iniciar la lactancia y para obtener mayor producción en vacas primerizas, mientras que los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo fueron los de mayor producción en vacas multíparas. En ambas situaciones, esos períodos corresponden a la mitad del año más frío y de menor disponibilidad de forraje fresco. Djemali y Berger, 1992, en un estudio realizado en Túnez, África, encontraron que las vacas producían la mayor cantidad de leche cuando iniciaron la lactancia en el mes de enero, época seca.

En condiciones tropicales, durante los meses de verano la temperatura ambiental aumenta y produce una disminución en la producción láctea debido al estrés calórico, decrece el consumo de alimento y hay poca disponibilidad de pastos. Esto se refleja en lo reportado por Rodríguez *et al.*, 1984, en Florida, quienes determinaron que la producción de leche disminuye rápidamente cuando la temperatura ambiente superó los 29°C. Un estudio realizado por Sharma *et al.*, 1973, mostró que la temperatura máxima aceptable para obtener altas producciones de leche fue de 19,4°C. Pese a lo anterior, el Valle Central alto, donde se encuentran las fincas estudiadas, no constituye una zona tropical típica. La menor precipitación durante los meses de verano, en esta área, aumenta la disponibilidad de materia seca, la calidad del forraje y las horas de pastoreo de los animales.

Cuadro 6. Producción acumulada en 305 días (kg), promedio global por mes de parto y por raza

Meses	Jersey	Holstein	Global
Enero	4 409 ± 1 305	6 218 ± 1 605	5 016 ± 1 405
Febrero	3 945 ± 1 078	6 295 ± 1 867	4 936 ± 1 410
Marzo	4 174 ± 822	5 882 ± 1 561	4 656 ± 1 073
Abril	4 426 ± 1 248	6 367 ± 1 755	5 397 ± 1 501
Mayo	4 243 ± 1 073	5 987 ± 1 630	4 750 ± 1 234
Junio	4 241 ± 1 005	6 024 ± 1 667	5 020 ± 1 294
Julio	4 152 ± 1 273	6 482 ± 1 931	5 265 ± 1 587
Agosto	4 164 ± 1 258	6 214 ± 1 746	5 159 ± 1 495

53

Al separar la producción acumulada de leche dependiendo del mes en que los animales iniciaron la lactancia, en cada raza, no se observó una diferencia importante ($P > 0,05$). Cada raza conserva un rendimiento de producción paralelo (Cuadro 6), a través de todos los meses en que iniciaron su producción. Ambas razas presentaron las mayores producciones cuando parieron en los meses de setiembre, noviembre y diciembre, mientras que las menores se dieron cuando el parto se produjo en marzo para las Holstein y febrero para las Jersey. Las vacas Holstein superaron en producción a las Jersey en todos los meses de parto.

La varianza debida a los meses en que se iniciaron las lactancias fue de 5,44 por ciento y el efecto interactuante de razas por mes de parto fue de 0,29 por ciento sobre la variabilidad total.

Número de lactancia

El número de lactancia fue un factor influyente ($P < 0,01$) en la producción total de leche por lactancia (Cuadro 7). La mayor producción se dio en las vacas de primer parto (5 648 kg), las cuales tienen un comportamiento estadísticamente diferente al de vacas multíparas, mientras que la menor producción se obtuvo en animales de sexto parto (4 844 kg). Las vacas de quinto parto tuvieron mayores producciones (5 412 kg) que las de tercero, cuarto y sexto. Con excepción de las vacas de quinto parto, se observa una tendencia a ir mejorando la calidad de los reemplazos conforme pasan los años (número de partos). La incorporación de mejores vacas en las fincas analizadas muestra cómo una vaca de primer parto produce más leche que una multípara. La tendencia normal de la producción láctea es ir aumentando a medida que se incrementa el número de partos. Según la literatura, la mayor producción se alcanza entre la tercera y quinta lactancia (Mc Dowell, 1976; Molina y Boschini, 1979; Murillo, 1982); sin embargo, en esta investigación los resultados

54

obtenidos son diferentes, debido a que el estudio fue realizado transversalmente (años 88-92) con los animales presentes en los hatos durante ese período. La varianza debida al número de parto fue de 19 por ciento respecto de la variabilidad total.

Al analizar la respuesta de producción entre razas, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en la producción acumulada a 305 días, entre los diferentes partos de cada raza (Cuadro 7). La varianza debida al número de parto por raza en estudio fue de 0,32 por ciento respecto de la variabilidad total.

Cuadro 7. Producción de leche acumulada en 305 días promedio global por número de lactancia y por raza

No. de parto	Jersey	Holstein	Global
1	4 896 ± 1 574	6 486 ± 1 754	5 648 ± 1 604
2	4 645 ± 1 482	6 232 ± 1 740	5 432 ± 1 522
3	4 302 ± 1 307	6 428 ± 1 836	5 254 ± 1 655
4	4 418 ± 1 288	6 564 ± 1 653	5 245 ± 1 441
5	4 511 ± 1 365	6 511 ± 1 649	5 412 ± 1 599
6	4 073 ± 1 068	6 403 ± 1 537	4 843 ± 1 264

Los resultados muestran un mejoramiento mayor de los animales de reemplazo en la raza Jersey (4 896 kg en el primer parto sobre 4 073 kg en el sexto) que en Holstein, conservando un nivel de producción diferenciado a favor de la raza grande. Como se puede observar en el Cuadro 7, la producción acumulada de los animales Holstein, durante partos sucesivos, tuvo un comportamiento semejante al reportado en la literatura, donde las mayores producciones se obtienen entre la tercera y quinta lactancias, en este caso se manifestó en vacas de cuarto parto (6 564 kg).

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de la producción de leche, en vacas de 14 fincas ubicadas en las provincias de Alajuela y Cartago. Fueron analizadas 1 874 lactaciones, 1 052 en animales de la raza Jersey y 822 en Holstein, entre la primera y sexta lactancia, dentro de los años 1988 y 1992 en corte transversal. Las variables estudiadas fueron: año y mes de parto, raza, número de lactancia, finca, raza por mes de parto y raza por número de lactancia.

Los resultados muestran una variación importante ($P < 0,01$) de la producción de leche en los diferentes años, un mínimo de $5\,050 \pm 1\,228$ kg y un máximo de $5\,654 \pm 1\,787$ kg por lactancia. El efecto del mes de parto sobre la producción acumulada promedio fue marcada ($P < 0,01$). Los mayores promedios de producción se presentaron cuando los animales parieron en el último cuatrimestre del año; diciembre fue el mes de parto con mayor producción ($5\,909 \pm 1\,782$ kg) y marzo el mes de parto con la menor ($4\,656 \pm 1\,073$ kg). El mes de parto no favoreció la producción de leche de una raza en particular ($P > 0,05$).

La producción de leche por lactancia en animales Holstein fue 30,1 por ciento mayor que en Jersey ($P < 0,01$). Entre lactaciones se registraron diferencias ($P < 0,01$), las vacas de primer parto mostraron el mayor rendimiento ($5\,648 \pm 1\,604$ kg), mientras que en vacas de sexto parto fue el menor ($4\,843 \pm 1\,264$ kg). El efecto del número de parto en cada raza fue significativo ($P < 0,01$). En Jersey, la mayor producción se presentó las fincas con animales Holstein $6\,564$ kg

por lactancia y un mínimo de $4\,232 \pm 994$ kg. En fincas con animales Jersey, el máximo fue de $6\,875 \pm 1\,190$ kg y el mínimo de $3\,271 \pm 786$ kg por lactancia.

BIBLIOGRAFÍA

- BIAMONTE, P. 1984. Determinación de pérdidas económicas en la producción de leche y su repercusión en la producción nacional. Proyecto final de graduación. National University. San José, Costa Rica. 50 p.
- BODISCO, V. y A. CARNELI. 1970. "Estimación de rendimientos de vacas lecheras con base en controles periódicos de producción." Agronomía Tropical. 20(6):463-478.
- BRITT, J.H. 1974. "Early post partum breeding in dairy cows." Journal of Dairy Science. 58(2):266-271.
- BROWN, C.A. and J.M. WHITE. 1973. "Management factors associated with herd average milk yield and income over feed cost in Guernsey, Holstein and Jersey herds." Journal of Dairy Science. 56(6):780-789.
- CAMPOS, M.S.; C.J. WILCOX, C.M. BECERRIL and A. RUIZ. 1994. "Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida." Journal of Dairy Science. 77(3):867-873.
- COFFEY, E.M.; R.E. PEARSON; L.W. DOUGLAS y R.H. MILLER. 1982. "Methods of estimating energy intake by production train and body weight." Journal of Animal Science. 65(11):2102-2110.
- De LORENZO, M.A.; T.H. SPREEN; G.R. BRYAN and D.K. BEEDE. 1992. "Optimizing model: Insemination, Replacement, Seasonal Production, and Cash Flow." Journal of Dairy Science. 75:885-896.
- DJEMALI, M. y P. BERGER. 1992. "Yield and reproduction characteristics of Friesian cattle under North African conditions." Journal of Dairy Science. 75:3568-3575.
- ELBEHRI, A.; R.D. YON KERS; S.A. FORD and S.L. GRIPP. 1994. "The relative profitability of Jersey versus Holstein farms under alternative milk pricing systems." Journal of Dairy Science. 77(5):1296-1305.
- GAINES, W.L. 1927. "Measures of persistency of lactation." Journal of Agricultural Research. 34(4):373-383.
- GARRONI, J. y O. VAERDE. 1976. Producciones parciales y totales en ganado Holstein puro. A.L.P.A. México. 11:171-179.
- GOIC, L. y E.O. HERRERA. 1975. "Prospección de la capacidad lechera de vacas de la zona de Osorno." Agricultura Técnica. 35(1):40-43.
- HIND, E. 1978. "Efficiency of milk production by British Friesian and Jersey cattle." Animal Production. 26(3):383-385.
- LEE, A.J. 1976. "Relationship between milk yield and age at calving in first lactation." Journal of Dairy Science. 59(10):1794-1811.
- LÓPEZ, A.L. 1983. Evaluación biológica de la producción de leche en las razas Holstein Jersey y Guernsey. Tesis. Fac. Agr. U.C.R. San José, Costa Rica. 70p.
- MARTÍNEZ, N.; S. GALINDO de R. y J. COMBELLAS. 1982. "Comportamiento productivo y reproductivo de un rebaño Holstein, en Maracay, Venezuela." Producción Animal Tropical. 7(1):33-41.
- MARTÍNEZ, Z.A. 1979. Análisis productivo y económico de un hato lechero en el Departamento de San Miguel, El Salvador. Tesis M.Sc. CATIE-UCR. Turrialba. 80p.
- Mc DOWELL, R.E. 1974. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Traducido por Ducar, Pedro Zaragoza, España. Acribia. 692 p.
- Mc MEECKAN, C.P. 1974. De pasto a leche. Montevideo, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. 278p.
- MILLER, P.W.; W.E. LENTS y C.R. HENDERSON. 1970. "Joint influence of month and age of calving on milk yield of Holstein cows in the Northeastern United States." Journal of Dairy Science. 53(3):351-357.

- MOLINA, J.R.; BOSCHINI, C. 1979. "Ajuste de la curva de lactancia de ganado Holstein con un modelo lineal modal." Agronomía Costarricense. 3(2):167-174.
- MURILLO, O. 1982. Producción, reproducción y mortalidad de las razas Holstein y Pardo Suizo en Camayagua, Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68p.
- RIVAS, T.J. 1983. Evaluación de producción de leche y parámetros reproductivos de dos razas lecheras en el mismo ambiente. Tesis. Fac. Agr. U.C.R. San José, Costa Rica. 67p.
- RODRÍGUEZ, C.J. 1984. Comparación de aspectos reproductivos entre vacas importadas y nacidas en el país de un hato Jersey puro. U.C.R. San José, Costa Rica. 81p.
- SAS. 1989. SAS User's Guide: Statistics (Version 5 ed.) SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SCHMIDT, G.H.; L.D. VLECK, VAN. 1975. Bases científicas de la producción lechera. Traducida al español por Ducar, P. Zaragoza, España. Acribia. 583p.
- SHARMA, R.C. y D.S. BHATNAGAR. 1973. "Persistency of milk production in the first lactation in dairy cattle, its heredability estimate and its relationship with production tracts." The Indian Veterinary Journal. 50(6):525-529.
- SOTO, V.M. 1982. Control reproductivo de dos fincas del cantón de Coronado. Tesis. Fac. Agr. U.C.R. San José, Costa Rica. 68p.
- WAYNE, K.; N. SCOTT and A.J. ORTEGA. 1977. "Estimating lactation curves with a gamma curve." Journal of Dairy Science. 60(8):1308-1315.