

PRODUCCION DE LECHE Y REPRODUCCION DE UN HATO
JERSEY EN LA ZONA ALTA DE COSTA RICA

Tesis de grado

de

Magister Scientiae

RAFAEL ANGEL RODRIGUEZ



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ganadería Tropical
Junio, 1976

PRODUCCION DE LECHE Y REPRODUCCION DE UN HATO
JERSEY EN LA ZONA ALTA DE COSTA RICA

Tesis


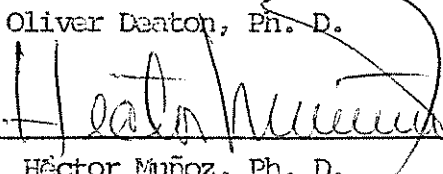
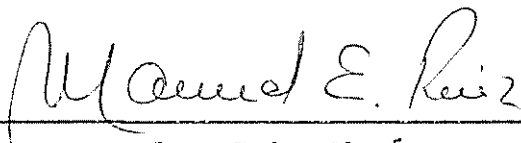
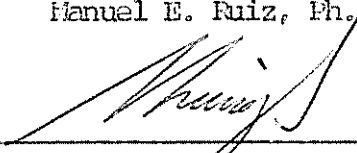
Presentada al consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

	Consejero
Oliver Deaton, Ph. D.	
	Comité
Héctor Muñoz, Ph. D.	
	Comité
Manuel E. Ruiz, Ph. D.	
	Comité
Víctor Quiroga, M.S.	

Junio, 1976

Para
Sarita y Camilo
con cariño

A mis padres y hermanos
A Geovanna y María Felicia
A Marta

A los productores de leche de
Pérez Zeledón (PILPEZSA)

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere dejar constancia de su agradecimiento a su Consejo principal, Dr. Oliver Deaton, por su estímulo constante, orientación y dedicación durante la realización de la presente investigación.

A los otros miembros del Comité, Dr. Héctor Muñoz y Dr. Manuel Ruiz por sus valiosos consejos y sugerencias en la presentación de este trabajo. Al Ing. Víctor Quiroga, M.S., por la orientación en el análisis estadístico.

A todo el personal de la Unidad de Estadística y Computación del IICA, señores Manuel Zamora, Jorge Argüello, Carlos Navarro, José Aguilar, Diego Zamora y la señora Ana Margarita Chaves por su amplia colaboración en la realización de este trabajo.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica cuyo apoyo financiero permitieron al autor culminar sus estudios de Magister Scientiae y terminar exitosamente su tesis de grado.

Al Ing. Mario Saénz, Director del Centro Agrícola Regional del Pacífico Sur, Costa Rica por su estímulo para concluir mis estudios de post-grado.

, En especial, al señor Federico González, Gerente de la Empresa González Lahmann Ltda. quien tan gentilmente facilitó los registros de la finca Coliblanco. Se hace extensivo al señor José Víquez, Administrador, por la ayuda brindada.

BIOGRAFIA

El autor nació el 24 de octubre de 1942 en San Rafael de Poás, Alajuela, Costa Rica. Realizó sus estudios primarios en el mismo lugar, en la Escuela 'Luis Rodríguez Salas', cursó su enseñanza media en el Colegio Don Bosco en San José.

En 1960 inició sus estudios superiores en la Universidad de Costa Rica, donde se graduó de Bachiller en Biología y posteriormente de Ingeniero Agrónomo.

En setiembre de 1970 ingresó al Ministerio de Agricultura y Ganadería y desde junio de 1971 desempeña el cargo de Zootecnista del Centro Agrícola Regional del Pacífico Sur, Costa Rica.

Cumplió con los requisitos para optar el grado de Mgister Scientiae en la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en junio de 1976.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Producción de leche.....	3
2.1.1. Factores genéticos.....	3
2.1.2. Factores no genéticos.....	3
2.2. Eficiencia reproductiva.....	5
2.2.1. Factores genéticos.....	6
2.2.2. Factores no genéticos.....	6
3. MATERIALES Y METODOS.....	9
3.1. Fuente de datos.....	9
3.2. Métodos de análisis estadísticos	10
3.2.1. Estimación de parámetros de eficiencia repro <u>ductiva</u>	11
3.3. Correlación entre las medidas de eficiencia repro <u>ductiva</u>	11
3.3.1. Análisis de correlación simple (total).....	11
3.3.2. Análisis de correlaciones múltiples.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	14
4.1. Producción de leche.....	14
4.2. Comportamiento reproductivo.....	15
4.2.1. Edad al primer parto (EP).....	15
4.2.2. Intervalo al primer servicio (IPS).....	15
4.2.3. Número de servicios por concepción (SC).....	17
4.2.4. Intervalo del primer servicio a la concep <u>ción</u> (ISC).....	18
4.2.5. Período de servicio (PS).....	19
4.2.6. Intervalo entre partos (IEP).....	20
4.3. Correlaciones entre los parámetros de comportamiento reproductivo.....	21
4.3.1. Correlaciones simples (totales).....	21
4.3.2. Análisis de correlaciones múltiples. Método de caminos críticos.....	22
4.3.2.1 Análisis para el período de servicio.....	22
4.3.2.2 Análisis I para el intervalo entre partos...	23
4.3.2.3 Análisis II para el intervalo entre partos..	24

	Página
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	25
5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	27
6. LITERATURA CITADA.....	29
APENDICE.....	35

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Producción de leche por lactancia de varias razas e híbridos en diferentes condiciones tropicales..	4
2	Comportamiento reproductivo de varias razas e híbridos en diferentes condiciones tropicales.....	7
3	Producción de leche según el año de parto.....	14
4	Producción de leche según el número de parto.....	15
5	Edad al primer parto (EP) según el año de parto..	15
6	Intervalo al primer servicio (IPS) según el año de parto.....	16
7	Número de servicios por concepción (SC) según el año de parto.....	17
8	Intervalos entre los servicios de inseminación artificial y/o monta natural.....	18
9	Intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) según el año de parto.....	19
10	Período de servicio (PS) según el año de parto...	19
11	Intervalo entre partos (IEP) según el año de parto.....	20
12	Correlaciones simples (totales) entre las medidas de comportamiento reproductivo.....	22
 Apéndice		
1	Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado de la edad al primer parto (EP).....	36
2	Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del intervalo al primer servicio (IPS).....	37
3	Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del número de servicios por concepción.....	38
4	Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).....	39

Cuadro No.		Página
5	Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del período de servicio (PS).....	40
6	Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del intervalo entre partos (IEP).....	41
7	Intervalo al primer servicio (IPS) según el número de parto.....	42
8	Número de servicios por concepción (SC) según el número de parto.....	42
9	Intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) según el número de parto.....	43
10	Período de servicio (PS) según el número de parto	43
11	Intervalo entre partos (IEP) según el número de parto.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Caminos críticos para el período de servicio (PS)	23
2	Caminos críticos (I) para el intervalo entre partos (IEP).....	23
3	Caminos críticos (II) al intervalo entre partos (IEP).....	24

INTRODUCCION

La mayor parte de la producción de leche de Costa Rica proviene de hatos de alto encaste de razas europeas. Los ganaderos introducen razas lecheras especializadas, atraídos por las altas producciones que se logran en las zonas templadas y que no se alcanzan en el trópico con los grupos raciales existentes, sin embargo, su comportamiento productivo y la eficiencia reproductiva en las zonas tropicales es baja en comparación con las zonas templadas. Aún en las zonas de altura del trópico que reúnen condiciones ambientales aptas para la producción intensiva de leche, ésta no alcanza los niveles de las zonas templadas.

Los trabajos de investigación que se realizan en los hatos de ganado de leche permiten evaluar la influencia de algunos factores ambientales y genéticos sobre la productividad de las razas lecheras especializadas, tratan de explicar la baja productividad de las zonas tropicales y suministran información para planear programas de mejoramiento genético.

La evaluación del comportamiento de las razas europeas en el trópico permite detectar los factores limitantes de la producción de leche y de la reproducción en las zonas tropicales y dar recomendaciones para incrementar su productividad. Este estudio se realizó en un hato Jersey por ser una de las razas lecheras especializadas que se encuentran más difundidas en Costa Rica.

El objetivo general de esta investigación consiste en evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de un hato Jersey en la zona

alta de Costa Rica.

Los objetivos específicos son:

- 1 - Estimar los factores genéticos y ambientales de la producción de leche y de algunos parámetros de la eficiencia reproductiva.
- 2 - Estimar correlaciones entre los parámetros de la eficiencia reproductiva.
- 3 - Dar recomendaciones para la selección y el manejo del ganado de leche para incrementar su productividad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción de leche

La producción de leche es una característica cuantitativa que presenta una gran variación, debido a la influencia de factores genéticos y no genéticos.

2.1.1 Factores genéticos

Aproximadamente el 30 por ciento de la variación de la producción de leche dentro de hatos de una misma raza se debe a factores genéticos (40, 60). Entre los principales factores genéticos se cuentan la raza, la heterosis y la presión de selección. En el Cuadro 1, se aprecia la producción de diferentes hatos en el trópico. Se observa que los niveles de producción de las razas europeas en las zonas tropicales son inferiores a los de las zonas templadas. Los híbridos Criollo x ganado europeo y Cebú x ganado europeo tienen producciones intermedias entre los grupos raciales progenitores y en algunos casos superan a la raza europea. Lo anterior se debe al efecto de la heterosis (vigor híbrido) que le da rusticidad a los animales para soportar los factores ambientales tropicales.

La presión de selección es uno de los factores genéticos que más contribuyen al mejoramiento del ganado, porque cambia la frecuencia de los genes con la finalidad de incrementar la productividad de los hatos (13, 29).

2.1.2 Factores no genéticos

El ambiente juega un papel determinante en la producción de leche,

Cuadro 1. Producción de leche por lactancia de varias razas e híbridos en diferentes condiciones tropicales

No. de ref.	Raza	Producción kg.	País	Zona ecológica
2	Criollo	1794	Costa Rica	Cal.-húmeda
	Jersey	2283		
	C x J (F)	2557		
	1/2A 1/2 F	2798		
	1/2DR 1/2 F	2112		
11	Criollo	2700	Venezuela	Cal.-húmeda estac. seca prolongada
	Pardo Suizo	2976		
	PS x C	2860		
32	Criollo	1783	Costa Rica	Cal.-húmeda
	Jersey	2263		
33	Holstein	2342	Kenya	Alta-húmeda
	Guernsey	2156		
	Ayrshire	2037		
33	Jersey	1793	Jamaica	Baja-húmeda
	Jamaica Hope	3060		
38	Guernsey	2117	Costa Rica	Alta-húmeda
39	Red Poll	2320	Costa Rica	Cal.-húmeda
	1/2 Red Poll	2239		
	Pardo Suizo	2304		
	Holstein	2668		
	Guernsey	2296		
42	Holstein	5277	Guatemala	Alta-húmeda

PS = Pardo Suizo

A = Ayrshire

C = Criollo

DR = Danés Rojo

J = Jersey

se atribuye más del 70 por ciento de la variación de la producción de leche a efectos ambientales (40, 60). Entre los principales factores ambientales se consideran, el manejo y la alimentación del hato, el año y la estación del parto. El manejo y la alimentación (efecto del hato) que se les suministra a los animales es responsable del 30 por ciento de la variación de la producción de leche (23, 55, 56, 57, 60).

La edad de la vaca causa marcada variación en la producción (5, 22, 23, 36, 44, 52). La mayoría de los autores coinciden en que las vacas producen más a medida que se aproximan a los 5-7 años de edad y luego disminuyen paulatinamente su producción. Sin embargo, otros autores (5, 45) sostienen que la máxima producción se logra en la tercera lactancia, mientras que Janicki (22) indica que es en la sétima lactancia y Phabhakaran (44) en la octava lactancia.

La mayoría de autores (3, 4, 7, 15, 16, 18, 19, 24, 27, 34, 36, 40, 47, 50) han encontrado efecto significativo de la estación del parto sobre la producción. Aparentemente el año del parto tiene efecto significativo sobre la lactancia correspondiente (3, 23, 40, 42), no obstante en otras investigaciones (32, 56, 57) no se ha encontrado efecto significativo. En pastoreo la producción de leche presenta una variación más grande que en estabulación debido a que la influencia del clima es mayor.

2.2 Eficiencia reproductiva

El comportamiento reproductivo de un hato de ganado de leche se puede medir a través de las siguientes características: edad al primer parto, intervalo del parto al primer servicio, intervalos entre servi

cios, intervalo del primer servicio a la concepción, número de servicios por preñez e intervalos entre partos. Estas características están determinadas por la influencia de factores genéticos y no genéticos.

2.2.1 Factores genéticos

La influencia de los factores genéticos sobre cada una de las ca racterísticas de la eficiencia reproductiva es mínima comparada con las de los factores no genéticos. En el Cuadro 2, se aprecia el comportamiento reproductivo de diferentes razas e híbridos en el trópico, a diferencia de lo que sucede con la producción de leche, el Criollo lechero tiene un mejor comportamiento reproductivo que las razas eu ropeas, a excepción del Jersey que supera por ligero margen al Criollo lechero. Es notable la reducción a la edad al primer parto de las me tizas Cebú - Jersey en relación al Cebú puro.

2.2.2 Factores no genéticos

El manejo y la alimentación de los animales son los factores que causan mayor variación sobre cada una de las características re produc tivas de los animales. La edad al primer parto depende principalmente del manejo y la alimentación que se les haya dado a las novillas durante el crecimiento.

El intervalo del parto al primer servicio está determinado por criterios de manejo del hato, basado en el tiempo mínimo que requiere el útero para estar en capacidad de iniciar una nueva gestación (8, 35, 46, 59, 62).

El número de servicios por preñez depende de la fertilidad de los toros y/o calidad del semen y de la técnica de la inseminación artifi-

Cuadro 2. Comportamiento reproductivo de varias razas e híbridos en diferentes condiciones tropicales

No. de Refer.	Raza	EP Meses	IPS Días	SC	ISC Días	IEP Días	País	Zona Ecológica
2	Criollo	35				384	Costa Rica	Cal.-húm.
	Jersey	33				387		
	C x J (F)	33				378		
	1/2A 1/2, F1	34				403		
	1/2DR 1/2 E	36				397		
5	Criollo					387	Venezuela	Cal.-húm. seca prol.
	Pardo Suizo					426		
9	Criollo			1,58		390	Costa Rica	Cal.-húm.
	Jersey			1,55		387		
	Pardo Suizo			1,63				
11	Pardo Suizo					450	Venezuela	Caliente- húm.-seca prolong.
	Criollo					457		
	PS x C					457		
38	Guernsey		129	1,60	41	446	Costa Rica	Alta-húm.
39	Red Poll	40	92	1,76	26	439	Costa Rica	Cal.-húm.
	1/2 Red Poll	33	95	1,66	9	417		
	Pardo Suizo	35	104	1,95	28	429		
	1/2 PE	33	99	1,52	14	418		
	Holstein	37	105	1,93	26	468		
	Guernsey	30	84	1,69	17	420		
42	Holstein		106	3,00	93	473	Guatemala	Alta-húm.
52	Red Sindhi	47				555	India	Cal.-húm.
	1/2J 1/2RS	29				427		
58	Criollo		26	1,70		387	Costa Rica	Cal.-húm.
	Jersey		43	2,20		377		
	C x J (F)		23	1,70		373		
	1/2A 1/2 F		18	1,70		346		

EP = edad al primer parto

IPS = intervalo al primer servicio

SC = número de servicios por concepción

ISC = Intervalo del primer servicio a la preñez

IEP = intervalo entre partos

PS = Pardo Suizo

C = Criollo

J = Jersey

DR = Danés Rojo

A = Ayrshire

RS = Red Sindhi

cial (13, 46).

El intervalo del primer servicio a la concepción es afectado en gran parte por el manejo del hato (13, 46). Los factores más importantes en este caso son la identificación de los celos de las vacas y la técnica de la inseminación artificial.

El intervalo entre partos está formado por la gestación y el período de servicio. La gestación se considera que es casi constante dentro de razas con pequeñas variaciones de acuerdo al sexo de la cría (33), las gestaciones que se inician en invierno son más largas que las que se inician en verano, las primerizas tienen la gestación significativamente más corta que las vacas de segundo parto (21). Algunos autores (10, 12, 21, 43) han encontrado diferencias entre los intervalos entre partos de acuerdo a la edad de la vaca, mientras que en otras investigaciones (25, 26, 51, 54) no se encontró tal diferencia. Los intervalos largos entre partos son consecuencia de un intervalo al primer servicio amplio, de varios servicios por preñez y de ordeño con ternero. El ordeño con ternero tiende a alargar el intervalo del primer servicio (13).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Fuente de datos

La información que se emplea en la presente investigación se obtuvo de los registros de producción de leche y de reproducción de la finca Coliblanco, que está ubicada en las proximidades del Volcán Irazú, en el Cantón de Pacayas, Provincia de Cartago de Costa Rica. Se encuentra a 2.900m.s.n.m., con una temperatura media anual de 10,8°C, con muy poca variación a través del año. La precipitación media anual es de 3.304 mm. (promedio de 10 años), distribuida en todo el año. Los meses de enero y mayo tienen menor precipitación y los más lluviosos son setiembre y noviembre. La humedad relativa es de 84 por ciento con poca variación a través del año (61).

Coliblanco es una de las lecherías más antiguas de Costa Rica, su origen se remonta a principios de este siglo. Al principio, cuando no contaba con buenas vías de acceso se dedicaba a la producción e industrialización de la leche (queso, mantequilla y natilla), en la actualidad se dedica únicamente a la producción de leche.

El hato de esta finca ha sido Jersey. A partir de 1972 se introdujo la raza Holstein y se empezó a inseminar las Jersey de baja producción con Holstein. Se emplea la inseminación artificial con semen congelado proveniente de toros de los Estados Unidos de Norte América y monta natural con toros nacidos en la finca. Esta investigación se hizo únicamente con la información de las vacas Jersey puras.

Los potreros están constituidos por mezclas forrajeras de Kikuyo

(Pennisetum clandestinum H.) y trébol blanco (Trifolium repens L.)

Las vacas se mantienen en rotación de potreros. Las vacas en producción reciben una ración suplementaria de 9 kg cada día de residuos de cervecería, que tiene un 22 por ciento de proteína digestible expresado en base seca (14).

Para esta investigación se contó con los datos producidos del 1° de enero de 1970 hasta el 31 de diciembre de 1973, a saber:

250 vacas con 550 lactancias

168 edades al primer parto (EP)

895 concepciones

2079 servicios totales

895 intervalos del parto al primer servicio (IPS)

566 intervalos del primer servicio al segundo servicio

304 intervalos del segundo al tercer servicio

171 intervalos del tercero al cuarto servicio

97 intervalos del cuarto al quinto servicio

35 intervalos del quinto al sexto servicio

895 intervalos del primer servicio a la concepción (servicio efectivo)

895 períodos de servicio (PS)

895 intervalos entre partos (IEP)

3.2 Métodos de análisis estadísticos

La información se codificó en tarjetas IBM. Se calcularon medias y desviaciones estándares para producción de leche, edad al primer parto, número de servicios por concepción, intervalo del parto al primer servicio, intervalos entre servicios (del primero al sexto), intervalo

del primer servicio a la concepción y período de servicio. Estos análisis se hicieron por año de parto y por número de parto. Se hizo una distribución de frecuencias para cada una de las medidas de eficiencia reproductiva.

3.2.1 Estimación de parámetros de eficiencia reproductiva

La edad al primer parto (EP) es la diferencia en meses de la fecha del parto y la fecha de nacimiento del ternero. El intervalo entre partos (IEP) es la diferencia en días entre dos partos consecutivos. El número de servicios (SC) se refiere a los servicios que requiere la vaca para quedar preñada. El intervalo del parto al primer servicio es la diferencia en días de la fecha del parto y el primer servicio (IPS) Los intervalos entre servicios es la diferencia en días entre dos servicios consecutivos. El intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) es la diferencia en días entre la fecha concepción (servicio efectivo) y el primer servicio. El período de servicio (PS) es la diferencia en días entre la fecha de concepción y la fecha de la parición anterior, corresponde a la suma de IPS y ISC, es decir, el total de días que la vaca permanece vacía.

3.3 Correlación entre las medidas de eficiencia reproductiva

Se estimó la correlación entre variables por medio de matrices de correlaciones simples (totales) y de correlaciones múltiples empleando el método de caminos críticos.

3.3.1 Análisis de correlación simple (total)

La correlación simple expresa la relación total que existe entre dos variables. Se hizo una matriz de correlación entre las siguientes variables:

X_1 = intervalo al primer servicio (IFS)

X_2 = número de servicios por concepción (SC)

X_3 = intervalo del primer servicio a la concepción (ISC)

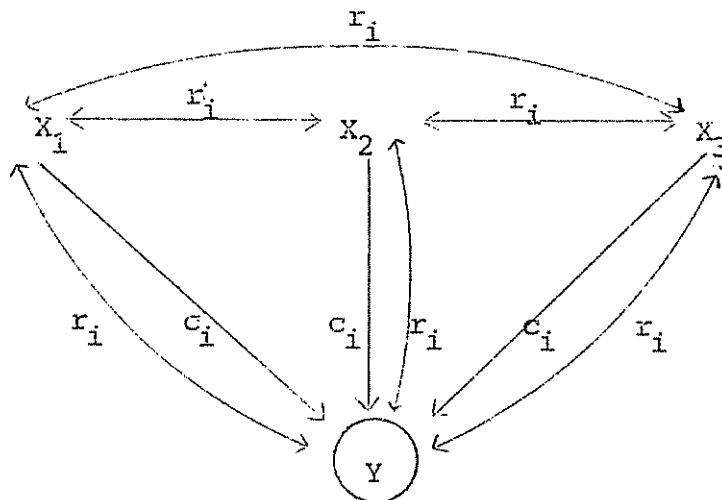
X_4 = período de servicio (PS)

Y = intervalo entre partos (IEP)

3.3.2 Análisis de correlaciones múltiples

Para este análisis se empleó el método de caminos críticos. Este método se emplea para el análisis estadístico de un conjunto de variables correlacionadas por una función de causa y efecto, que representan los caminos (efectos) directos y los caminos indirectos de una variable a través de las otras. El camino directo representa el efecto "por sí misma" de cada variable causal sobre la variable de respuesta. Los caminos indirectos representan los efectos conjuntos de todas las variables causales en una misma ruta.

El modelo que se empleó en esta investigación es similar al empleado por otros autores (1, 31, 39, 41, 53) en base al siguiente esquema



Donde:

X_1, X_2, X_3 = Variables causales " X_i "

r_i = Coeficiente de correlación simple (total) entre dos variables.

C_i = Caminos directos de una variable " X_i " sobre Y , representan los coeficientes de regresión parciales estandarizados (flechas de un sentido con implicaciones de causa a efecto).

Y = Variable de respuesta.

Los coeficientes de regresión parciales se estiman con las siguientes matrices de covariancia y variancia:

$$\begin{bmatrix} V \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y \end{bmatrix}$$

donde:

Y = matriz de covariancia de X_i con Y

V = matrices de variancias y covariancias entre X_i y X_j

b_i = Coeficientes de regresión parciales.

Para cuantificar la variancia relativa se usan los coeficientes de regresión parciales estandarizados b_i' que se estiman con la fórmula:

$$b_i' = b_i \frac{\sigma_{X_i}}{\sigma_Y}$$

donde:

b_i' = coeficiente de regresión parcial estandarizado

b_i = coeficiente de regresión parcial

σ_{X_i} y σ_Y = desviaciones estándares de X_i y de Y respectivamente.

El coeficiente de determinación (R^2) se estima con la fórmula:

$$R^2 = \sum (b_i) (\text{Cov } X_i Y).$$

donde:

b_i = coeficiente de regresión parcial

$\text{Cov } X_i Y$ = covariancia de X_i y Y

En esta investigación se hizo el análisis de caminos críticos para el período de servicio y para el intervalo entre partos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Producción de leche

La producción de leche promedio por lactancia en la finca Coli- blanco es de 2.648 kg. La máxima producción de leche corresponde al a ño 1971 y los años 1972 y 1973 muestran una producción descendente, lo que probablemente se debe a efectos de manejo y de alimentación del h ato.

La producción de leche de este hato es superior a la obtenida en otras investigaciones en hatos Jersey (Cuadro 1). Esta producción se considera buena para un hato Jersey y para las condiciones climáticas de esta finca, con alta precipitación, baja evaporación debida a la temperatura atmosférica y luminosidad reducidas.

Cuadro 3. Producción de leche según el año de parición

Año	Número de observaciones	Promedio (kg)	Desv. estándar
1970	125	2.652	950
1971	141	2.853	983
1972	150	2.563	791
1973	124	2.523	667
Total	550	2.648	865

La tendencia de aumento de la producción de leche, está directamente relacionada con la edad de la vaca. Las producciones más altas corresponden a la cuarta y quinta lactancia, lo que coincide con la m ayoría de las investigaciones (22, 23, 44, 52), en que las vacas alcanzan su máxima producción a medida que se aproximan a los 5 - 7 años de edad. Esta tendencia está confundida con la selección del hato, pues,

las mejores vacas tienen más lactancias que las de baja producción.

Cuadro 4. Producción de leche según el número de parto

No. de parto	No. de observaciones	Promedio (kg)	Desv. estándar.
1	170	2.332	925
2	160	2.755	823
3	114	2.775	850
4	61	2.867	763
5	27	2.907	687
6 ó más	18	2.751	361
Total	550	2.648	865

4.2 Comportamiento reproductivo

4.2.1. Edad al primer parto

La edad promedio al primer parto es de 33 meses. Este valor es igual al obtenido por Alvarez (2) en un hato Jersey en Turrialba, corresponde a los valores inferiores reportados en otras investigaciones (Cuadro 2). Es factible reducir la edad al primer parto si se mejora el manejo y la alimentación de las terneras y las novillas, se debe in seminar a los 17 meses de edad de la novilla para que el parto ocurra a partir de los 26 meses de edad, pues, Lamb y Kopland (26) estiman que de 26 a 30 meses es la edad óptima para el primer parto para obtener una mayor producción de leche por vida reproductiva de las vacas.

Cuadro 5. Edad al primer parto (EPP) según el año de parición

Año	No. de observaciones	Promedio (meses)	Desv. estándar.
1970	61	32,9	9,5
1971	41	30,3	8,4
1972	35	34,3	4,4
1973	31	36,8	3,9
Total	171	33,0	7,9

El 39 por ciento de las vacas tienen el primer parto antes de los 30 meses y el 75 por ciento tienen el primer parto antes de los 36 meses (Cuadro 1 del Apéndice). Lo que indica que es factible lograr que las novillas tengan el primer parto antes de los 30 meses, con un buen sistema de crianza de terneras y novillas e inseminando a partir de los 17 meses de edad de las novillas.

4.2.2. Intervalo al primer servicio (IPS)

El intervalo al primer servicio (IPS) promedio del hato es de 108 días. Este promedio es superior a casi todos los resultados reportados en la literatura (Cuadro 2). Las principales causas de este IPS tan amplio son un período de "descanso" post-partum muy largo y fallas en la identificación de los celos de las vacas.

Sen'kov et al. (49) indica que el período óptimo para el primer servicio es de 50 a 60 días. Salisbury y Van Demark (46) estiman que 60 días es el tiempo mínimo requerido para que el útero esté en capacidad de iniciar una nueva gestación. Sin embargo Britt (8) en base a una revisión de literatura recomienda que el primer servicio se realice a partir de los 40 días post-partum y Valcani (52) estima que el período óptimo para el primer servicio es de 30-40 días post-partum. Las dos últimas recomendaciones procuran que el intervalo entre partos no sea mayor de 12 meses y permiten incluso que la vaca tenga más de un servicio de inseminación y que el intervalo entre partos sea de 12 meses.

Cuadro 6. Intervalos al primer servicio (IPS) según el año de parición

Año	No. de observaciones	Promedio (días)	Desv. estándar
1970	184	138	74
1971	214	95	50
1972	246	92	53
1973	251	107	58
Total	895	108	61

Se observa que las vaquillas de primer parto tienen un IPS más prolongado que las vacas de más partos (Cuadro 7 del Apéndice). La causa principal de esta diferencia es que las vaquillas están en desarrollo lo que interfiere con la reproducción. Esta tendencia también está confundida con la selección del hato, es decir, se selecciona las vacas que tienen mejor comportamiento reproductivo. El 21 por ciento de las vacas tienen un IPS menor de 60 días, es decir, únicamente la quinta parte de las vacas tienen el IPS dentro del período óptimo. Probablemente las causas principales de este porcentaje tan bajo se deben a una decisión de manejo que permite un período de "descanso" post-partum demasiado amplio y fallas en la identificación del primer celo después del parto.

4.2.3 Número de servicios por concepción (SC)

El número de servicios por concepción (SC) promedio del hato es de 2,30. Este promedio es superior a casi todos los resultados de otras investigaciones (Cuadro 2). Un SC tan elevado ocasiona serios problemas al productor de leche pues, aumenta el costo de servicios de inseminación artificial y alarga los intervalos entre partos. Las causas principales de este SC tan elevado son probablemente inseminadores deficientes, semen de mala calidad, toros de baja fertilidad e infecciones del aparato reproductor (en esta investigación no se realizó diagnóstico de enfermedades infecto-contagiosas).

Cuadro 7. Número de servicios por concepción (SC) según el año de parición

Año	Número de observaciones	Promedio	Desviación estándar
1970	184	2,02	1,25
1971	214	2,45	1,53
1972	246	2,54	1,49
1973	251	2,16	1,33
Total	895	2,30	1,42

Más de la tercera parte de las vacas quedan preñadas en el primer servicio y dos terceras partes después de uno o dos servicios, (Cuadro 3 del Apéndice). Lo anterior indica que es factible bajar el SC promedio del hato mejorando el programa de inseminación artificial y/o con el empleo de toros de alta fertilidad.

Los intervalos promedios entre dos servicios consecutivos son de 64 días, si se considera que la vaca presenta celo cada 18-21 días, los resultados de esta investigación indican que hay fallas en la identificación de los celos de las vacas en este hato. Existe también la posibilidad de que ocurran absorción de embriones debido a infecciones, lo que merece investigarse.

Cuadro 3. Intervalos entre los servicios de inseminación artificial o de monta natural

Interv. entre servicios	No. de observ.	Promedio (días)	Dev. Est.
1 - 2	566	66	54
2 - 3	304	60	48
3 - 4	171	62	57
4 - 5	97	63	47
5 - 6	35	70	48
Total	1173	64	51

4.2.4 Intervalo del primer servicio a la concepción (ISC)

El promedio general del ISC para el hato fue de 86 días y supera a casi todos los resultados de otras investigaciones (Cuadro 2). Este ISC es deficiente. Las causas principales de este ISC tan elevado son el número de servicios por concepción (SC) tan elevado que tiene este hato y principalmente las fallas en la identificación de los celos que aparecen reflejados en los intervalos entre servicios de inseminación y/o monta natural (Cuadro 8).

El 39 por ciento de las vacas quedan preñadas antes de los 10 días después del primer servicio, lo que indica que fueron preñadas en el primer servicio, es decir, el ISC es igual a cero días. La mitad de las vacas se preñan antes de los 50 días después del primer servicio, (Cuadro 4 del Apéndice).

Cuadro 9. Intervalos del primer servicio a la concepción (ISC) según el año de parición

Año	No. de observaciones	Promedio (días)	Desv. estándar
1970	184	68	74
1971	214	89	111
1972	246	95	104
1973	251	89	125
Total	895	86	109

4.2.5 Período de servicio (PS)

El período de servicio (PS) promedio del hato es de 192 días. Este promedio se considera deficiente, De Alba (13) estima que un PS superior a 130 días indica deficiente comportamiento reproductivo. El PS es la suma de IPS y de ISC, consecuentemente los problemas más notables son largo período de "descanso" post-partum, fallas en la identificación de los celos de las vacas, uso de semen de mala calidad y/o toros de baja fertilidad.

Cuadro 10. Período de servicio (PS) según el año de parición.

Año	No. de observaciones	Promedio (días)	Desv. estándar
1970	184	205	109
1971	214	183	116
1972	246	187	111
1973	251	194	129
Total	895	192	117

Únicamente el 6 por ciento de las vacas tienen un PS inferior a 60 días y el 67 por ciento de las vacas tienen PS mayores de 130 días, es decir, dos terceras partes de las vacas tienen deficiente comportamiento reproductivo. (Cuadro 5 del Apéndice). Es factible reducir este PS con un adecuado programa de inseminación y/o monta natural.

4.2.6 Intervalo entre partos (IEP)

El intervalo entre partos promedio (IEP) es de 471 días (15,4 meses) este promedio se considera deficiente. De Alba (13) estima que los intervalos entre partos mayores de 411 días indican deficiente comportamiento reproductivo. Este deficiente comportamiento reproductivo se debe a factores de manejo primordialmente, como se ha discutido en cada uno de los componentes del intervalo entre partos. Los intervalos entre partos largos tienen serias consecuencias económicas para los productores de leche, pues, se van obligados a mantener muchas vacas "secas", más del 20 por ciento que se aconseja como norma de eficiencia en un hato de leche (13). La casi totalidad de IEP de otras investigaciones son inferiores al del presente estudio (Cuadro 2). Para reducir este IEP se debe seguir las recomendaciones que se han dado para reducir el largo de cada uno de sus componentes.

Cuadro 11. Intervalo entre partos (IEP) según el año de parición

Año	No. de observaciones	Promedio (días)	Desv. estándar
1970	184	485	109
1971	214	451	114
1972	246	457	111
1973	251	473	127
Total	895	471	116

El 7 por ciento de las vacas tienen un intervalo entre partos (IEP) menor de 350 días, lo que De Alba considera como de excelente comportamiento reproductivo, un 65 por ciento de las vacas tienen intervalos entre partos mayores de 410 días (Cuadro 6 del Apéndice), lo que da una idea clara del deficiente comportamiento reproductivo de este hato. En base a los componentes del IEP, el más fácil de modificar es el intervalo al primer servicio (IPS), que se basa en gran parte en un criterio de

manejo del ganadero, inseminando a partir de los 30 días post-partum. El intervalo del primer servicio a la concepción (ISC), se reduce ejerciendo un control eficaz de los celos de las vacas, con semen de alta calidad y con buenos inseminadores.

Se justifica desglosar el IEP en cada uno de sus componentes para detectar con mayor precisión las fallas en el comportamiento reproductivo del hato y permite sugerir las recomendaciones para mejorar el comportamiento reproductivo del hato. Para el productor de leche el IEP es uno de los parámetros de comportamiento reproductivo más importante pues, es el intervalo entre el inicio de dos lactancias sucesivas.

4.3 Correlaciones entre las medidas de comportamiento reproductivo

4.3.1 Correlaciones simples (totales)

Todas las correlaciones simples (totales) entre las medidas de comportamiento reproductivo son significativas. El intervalo al primer servicio (IPS) está correlacionado negativamente con el número de servicios por concepción (SC) y con el intervalo del primer servicio a la concepción (ISC). Lo anterior se debe a que un IPS prolongado conduce a una mayor fertilidad por servicio (13) sin embargo, es poca la compensación en fertilidad, no se justifica alargar el IPS, pues, conduce a un intervalo entre partos mayor.

La correlación de 0,81 entre el número de servicios por concepción (SC) y el intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) se debe a que son dos medidas del mismo fenómeno (variable), comprenden del primer servicio a la concepción (servicio efectivo). El PS está correlacionado, 0,99 con el intervalo entre partos, es decir el PS explica casi en 100 por ciento al intervalo entre partos. El IEP está formado por el PS y el largo de la gestación que es casi constante.

Las correlaciones del presente trabajo son superiores a las obtenidas por Negrón (39), lo que matemáticamente se explica porque algunos parámetros reproductivos tienen menor variabilidad que en el trabajo de Negrón, además se trabajó solo con una raza, Jersey. En contraste, Negrón trabaja con muchos grupos raciales y el efecto de la raza disminuye la magnitud de las correlaciones.

Cuadro 12. Correlaciones simples (totales) entre las medidas de comportamiento reproductivo.

	$X_1 = \text{IPS}$	$X_2 = \text{SC}$	$X_3 = \text{ISC}$	$X_4 = \text{PS}$	$Y = \text{IEP}$
X_1	1,00	-0,12*	-0,13*	0,40**	0,40**
X_2		1,00	0,60**	0,67**	0,66**
X_3			1,00	0,85**	0,84**
X_4				1,00	0,99**

* = $P \leq 0,05$

** = $P \leq 0,01$

No. de observaciones = 895

4.3.2 Análisis de correlaciones múltiples. Método de caminos críticos

4.3.2.1 Análisis para el período de servicio (PS) a partir del intervalo al primer servicio (IPS) y del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).

En la Figura 1, se observa que los coeficientes de regresión parciales estandarizados (flechas de un sentido) son superiores a los coeficientes de correlación simples o totales (flechas de doble sentido). Se nota que la contribución del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) es 1,77 veces la contribución del intervalo al primer servicio (IPS). El coeficiente de determinación (R^2) de 0,99 indica que el IPS y del ISC explican casi en un 100 por ciento al PS. En este caso el ISC es más importante que el IPS, pero esto no se puede generalizar

a otros hatos porque dependen del comportamiento reproductivo de cada hato.

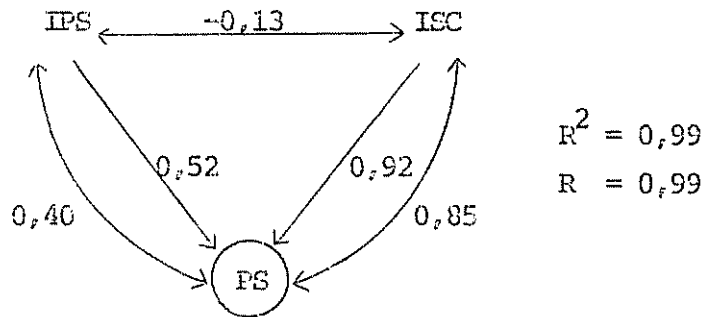


Figura 1. Caminos críticos para el período de servicio (PS)

4.3.2.2 Análisis para el intervalo entre partos (IEP) a partir del intervalo al primer servicio (IPS) y del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).

En la Figura 2, se aprecia que la contribución del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) es 1,75 veces más importante que la del intervalo al primer servicio (IPS). Esta figura es casi idéntica a la Figura 1, porque el PS explica casi en un 100 por ciento el IEP. Se nota que los caminos directos al PS y al IEP son casi de igual magnitud.

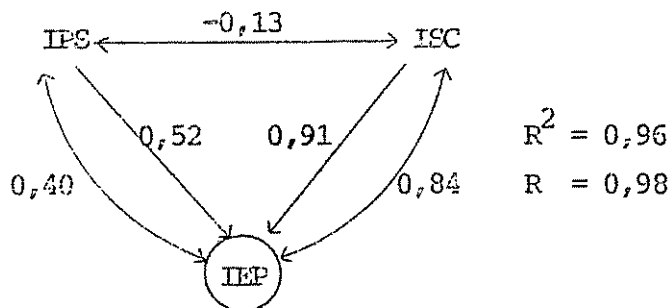


Figura 2. Caminos críticos para el intervalo entre partos (IEP)

4.3.2.3 Análisis para el intervalo entre partos (IEP) a partir del intervalo al primer servicio (IPS) y del número de servicios por concepción (SC).

En la Figura 3, se aprecia que la contribución del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) es 1,75 veces la del intervalo al primer servicio (IPS). La contribución del número de servicios por concepción (SC) es insignificante. El hecho que SC tiene un valor bajo no quiere decir que no sea importante, sino, que ISC y SC son medidas del mismo fenómeno y ISC está expresado cuantitativamente más precisos que el SC. Aunque el efecto del SC "por sí mismo" (camino directo) es muy bajo, no se debe olvidar su efecto a través del ISC (camino indirecto).

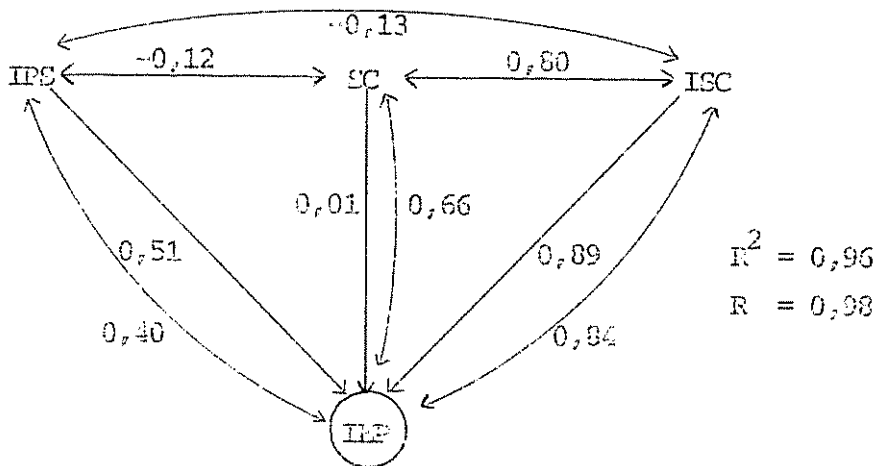


Figura 3. Caminos críticos al intervalo entre partos (IEP)

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se evaluaron la producción de leche y la reproducción de un hato Jersey en la zona alta del trópico, utilizando los registros de la finca Coliblanco, ubicada en las proximidades del Volcán Irazú, Cartago, Costa Rica. Se recopiló la información del 1° de enero de 1970 al 31 de diciembre de 1973, a saber, 550 lactancias completas, 171 edades al primer parto, 895 intervalos al primer servicio, 895 intervalos del primer servicio a la concepción, 2079 servicios totales, 895 períodos de servicios y 895 intervalos entre partos de 250 vacas.

La producción de leche promedio por vaca y por lactancia fue de 2648 kg. La edad promedio al primer parto, 33 meses. El intervalo promedio al primer servicio, 108 días, el número de servicios por concepción, 2,30, el intervalo promedio entre servicios, 64 días, el intervalo promedio del primer servicio a la concepción, 86 días. El período de servicio promedio fue de 192 días y el intervalo promedio entre partos 471 días. El 75 por ciento de las vacas tienen el primer parto antes de los 36 meses, el 21 por ciento de las vacas tienen el primer servicio post-partum antes de los 61 días, el 38 por ciento de las vacas quedan preñadas en el primer servicio y el 66 por ciento en el segundo servicio. El 50 por ciento de las vacas quedaron preñadas a los 50 días después del primer servicio, sin embargo el 50 por ciento de las vacas permanecen "vacías" después de los 160 días post-partum. El 65 por ciento de las vacas tuvieron intervalos entre partos mayores de 410 días. Estas cifras indican un deficiente comportamiento reproductivo del hato.

Las correlaciones simples (totales) entre las medidas de comportamiento reproductivo son significativas. En el análisis por el método de caminos críticos se encontró que el intervalo del primer servicio a la

concepción tiene una contribución del período de servicio de 1,77 veces mayor que la del intervalo al primer servicio y casi de igual magnitud referida al intervalo entre partos. La contribución del número de servicios por concepción al intervalo entre partos es insignificante, su mayor participación es a través del intervalo del primer servicio a la concepción.

La finca Coliblanco se puede considerar como típica de la zona alta de Costa Rica, en consecuencia, los problemas y posibles soluciones de esta investigación pueden proyectarse para otras explotaciones lecheras ubicadas en condiciones similares.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. Con hatos Jersey es factible obtener buenas producciones de leche en las zonas altas del trópico.
2. El deficiente comportamiento reproductivo del hato está íntimamente relacionado con los criterios de manejo seguidos por el ganadero.
3. Todos los parámetros de comportamiento reproductivo están correlacionados significativamente entre sí.
4. Los intervalos amplios del primer servicio a la concepción son los factores más relacionados con los largos períodos de servicio y de intervalos entre partos.

Para mejorar el comportamiento reproductivo del hato se deben seguir las siguientes recomendaciones:

1. Inseminar a partir de los 30 días post-partum, controlar los celos de las vacas, abortos y desórdenes del ciclo estrual.
2. Suministrar adecuada alimentación y manejo a las terneras y novillas e inseminar a partir de los 17 meses de edad.
3. Eliminar las vacas que presenten intervalos entre partos mayores de 17 meses y gradualmente bajar este límite hacia 13 meses.

5a SUMMARY AND CONCLUSIONS

Milk production and reproduction of a Jersey herd and tropical highlands was evaluated using the records of the farm "Coliblanco", located near the Volcán Irazú in Cartago, Costa Rica. The information representative records during the period 1 January, 1970 to 31 December, 1973 and included 550 complete lactations, 171 ages of first calving, 895 intervals to first service (X_1), 895 intervals from first service to conception (X_3), 2079 total services, 895 service periods (X_2), and 895 calving intervals (Y) of 250 cows.

Average milk production per cow per lactation was 2648 kg. Average age first calving was 33 months, whereas average intervals to first service was 108 days, numbers of services per conception (X_2), average 2.30, interval between services average 54 days, and the average interval from first service to conception average 86 days. Other average were 192 and 471 days respectively for service and calving interval.

Seventy five per cent of the cows calved for the first time before 37 months, 21 per cent of the cows were bred following calving before 60 days, 38 per cent resuted pregnant with the first service, and 66 per cent after two services. In time, 50 per cent of the cows resulted pregnant within 50 days following their first service, although 50 per cent remained open 160 days following calving. Some 65 per cent of the intervals between calving exceeding 410 days.

The simple (total) correlations between different measures of reproductive performance were statisticly significant. Using the method critical paths it was found that the interval from first service to conception (X_3) was the principal contributing factor to service period (X_4), this factor was 1.77 times more important than interval to first

service (X_1).

The two factors (X_1 and X_3) were nearly equally important in determining calving interval (Y). The contribution of number of services (X_2) to calving interval (Y), independent of interval first service to conception (X_3) is insignificant.

The farm "Coliblanco" can be considered as typical of the highlands of Costa Rica and therefore the problems and possible solutions of this study can be projected toward other dairy herds of similar conditions.

According to the results of this study the following conclusions were reached:

1. Acceptable milk production levels can be obtained with Jersey cattle in the tropical highlands.
2. The deficient reproductive performance in this herd was closely related to the management criteria of dairyman.
3. All the parameters of reproductive performance were significantly correlated.
4. The long interval from first service to conception is the factor most related to long service periods and long calving intervals.

To improve the reproductive performance of this herd the following recommendations are indicated:

1. Inseminate cows as early as 30 days following calving using strict control of heat periods and reproductive disorders.
2. Provide adequate feeding and management to cows and heifers so as to inseminate as young as 17 months of age.
3. Eliminate cows with calving intervals exceeding 17 months and gradually reduce this limit to 13 months.

6. LITERATURA CITADA

1. ALCARAZ, R. Relación de algunos factores climáticos con la producción de cacao en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1973. 112 p.
2. ALVAREZ, J. R. Evaluación de 25 años de selección en un hato lechero del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE - UCR, 1973. 58 p.
3. ANDERSEN, H. y PETERSEN, P. H. Effect of age and season, heritability of production and reproduction, and the relationship between these characteristics in three Danish dairy breeds. Dairy Science Abstracts 35(2):23. 1973.
4. BODISCO, V., CEVALLOS, E. y CARNEVALLI, A. Influencia de la estación climática sobre la producción de vacas Criollas lecheras. ALPA. Memoria 1:145-154. 1966.
5. _____, CARNEVALLI, A., CEVALLOS, E. y GÓMEZ, J. R. Cuatro lactancias consecutivas de vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. ALPA. Memoria 3:61-76. 1968.
6. _____, VERDE, O. y WILCOX, C. Producción y reproducción de un lote de ganado Pardo Suizo. ALPA. Memoria 6:81-95. 1971.
7. BRANTON, C., RIOS, G., EVANS, D. L., FARTHING, B. R. y KCONCE, K.L.
Genotypic - climatic and other interaction effects for productive responses in Holstein. Dairy Science Abstracts 36 (12):621. 1974.
8. BRITT, S. H. Early post-partum breeding in dairy cows. A review, Journal of Dairy Science 58(2):266-271. 1975. (Simposio).
9. CARMONA, S. y MUÑOZ, H. Intervalo entre partos y número de servicios por preñez en vacas Criollas, Jersey y encastadas de Suizo en el clima tropical húmedo. ALPA. Memoria 1:7-19. 1966.
10. CARNEIRO, G. C. y LUSH, J. L. Reproductive rates and growth of purebred Brown Swiss cattle in Brazil. Journal of Dairy Science 37(10):1145-1157. 1954.
11. CEVALLOS, C., HERRERA, M. H., RIERA, R., RIOS, C. E. y BODISCO, V. Comportamiento productivo del ganado de la región de Carora (Venezuela) de 1961 a 1965. ALPA. Memoria 3:194. 1968. (Compendio).

12. DAVIS, H. P. Reproductive efficiency in a Holstein herd 1897 - 1950. *Journal of Dairy Science* 34(6):495. 1950. (Compendio).
13. DE ALBA, J. Reproducción y genética animal. Editorial SIC, México. 1970. 446 p.
14. _____ . Alimentación del ganado en América Latina. Editorial Médica Mexicana, México. 1971. 475 p.
15. DEB, R. N. The effects of genetic and environmental influences on Jersey dairy cattle in Pennsylvania. *Dairy Science Abstracts* 36(12):550. 1974.
16. DESHMURH, S. N., SALGAONKAR, P. B. y GORE, A. K. Effect of month of calving and lactation number on the milk yield of Sahiwal cattle. *Dairy Science Abstracts* 36(7):338. 1974.
17. 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.
18. GOIC, M. L. Lactation curve in relation to season of calving in the Osorno district. *Dairy Science Abstracts* 37(1):3. 1975.
19. GORBACHEVCO, M. G., KOZYUK, T. Y. Effect of calving season on milk and fat production. *Dairy Science Abstracts* 36(12):621. 1974.
20. HADI, M. A. Environmental factors causing variations in gestation period of Deoni cattle in Maharashtra state. *The Indian Veterinary Journal* 43(3):232-236. 1966.
21. JAFAR, S. M., CHAPMAN, A. B. y CASIDA, L. E. Causes of variation in length of gestation in dairy cattle. *Journal of Animal* 9(2):593-601. 1950.
22. JANICKI, C. Milk and fat yields of cows with long herd life. *Dairy Science Abstracts* 37(1):3. 1975.
23. JARA ALMONTE, M. y WHITE, J. M. Factores climáticos y producción de leche en la Costa Central de Perú. *ALPA. Memoria* 7:89-104. 1972.
24. KOSTOV, S., ILIEVA, P. Effect of calving season on milk production of cows. *Dairy Science Abstracts* 36(1):2. 1974.

25. KRISMA RAO, C. Studies on reproduction in Malvi cattle. Part II. Age at first calving, calving interval and post-partum to conception interval. *Indian Veterinary Journal* 43 (9):805-811. 1966.
26. R^o SNEDELICHEV, M. Relationship between age at first calving length of calving interval and milk production in the recently formed Bulgarian Red breed of cattle. *Animal Breeding Abstracts* 41(80):379. 1973.
27. 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): 628-629. 1963.
28. LARKIN, P. J. Production and behaviour studies on dairy cattle in Kenya. *Dairy Science Abstracts* 37(3):106. 1975.
29. LASLEY, J. F. Genética del mejoramiento del ganado. Trad. de Gustavo Retz., México, UTEHA, 1970. 376 p.
30. LEGATES, J. E. Genetic variation in services per conception and calving interval in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 13(1):81-88. 1954.
31. LI, C. C. Population Genetics. The University of Chicago Press. Chicago and London. 1955. 366 p.
32. MAGOFKE, J. C. S., BODISCO, V. Estimaciones del mejoramiento genético del ganado Criollo lechero en Maracay, Venezuela, entre los años 1955 - 1964. Venezuela, Centro de Investigaciones Agronómicas. Circular No. 12. 1966. 34 p.
33. MAHADEVAN, P. Breeding for milk production in tropical cattle. London, England, Technical communication No. 17. Commonwealth Bureau of Animal Breeding. 1966. 154 p.
34. MARES, S. E., MENGE, A. C., TYLER, W. J. y CASIDA, L. E. Genetic factors affecting conception rate and early pregnancy loss in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 44(1):96-103. 1961.
35. MARX, D. y OEPKE, G. The optimum service period of cows. *Dairy Science Abstracts* 36(3):81. 1974.
36. McDANIEL, B. T., MILLER, R. H. y CORLEY, E. J. Sources of variation in ratios of total to part yields. *Journal of Dairy Science* 50(12):1917-1924. 1967.

37. MEINI, G. Ajuste para edad y peso en producción de leche en Criollo centroamericano. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica IICA, 1973. 35 p.
38. MORALES, J. C. Estudio de las características de reproducción y producción en un hato Guernsey en la zona alta de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 46 p.
39. NEGRON, A. T. Características de producción y reproducción de un hato lechero en la zona húmeda de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 58 p.
40. NGEERE, L. O., McDOWELL, R. E., BHATTACHARYAS, S. y GUHA, H. Factors influencing milk yield of Mariana cattle. Journal of Animal Science 36(3):457-465. 1973.
41. PAEZ, G. Métodos de investigación en producción animal. IICA, 1964. 267 p. (mimeo).
42. PEROZO, T. Características de reproducción y producción de un hato Holstein en la zona de altura del trópico. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 39 p.
43. POSTON, H. A., ULDERBERG, L. C. y LEGGIES, J. E. Analysis of seasonal fluctuations performance in dairy cows. Journal of Dairy Science 45(11):1375-1379. 1962.
44. PRAHAKARAM, T. Investigation on certain economic characters in cows under field conditions. Indian Journal of Animal Science 42(6):411-414. 1972.
45. RAKES, J. H., STALLCUP, O. H., WORTON, O. H. y GIFFORD, Relationship between certain factors and maximum daily milk production. Journal of Dairy Science 42(5):923. 1959.
46. SALISEURY, G. W. y VANDERMARCK, N. L. Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos. Trad. de José María Santiago Luque. Zaragoza, España, Acribia, 1964. 707 p.
47. SAXENA, P. N., KATTIKAR, A. G., CHOWDHARY, R. K. y SINGH, G. Effect of month and season of calving on lactation yield of Sahiwal cows at IARI. Dairy Science Abstracts 35(9):325. 1973.
48. S¹BEV, H. Effect of calving season and duration of lactation on milk production of heifers. Dairy Science Abstracts 36(11):558. 1974.

49. SEN'KOV, YU, A. y VOROD'EV, G. V. The optimal time for inseminating cows after calving. *Animal Breeding Abstracts* 41(1): 14. 1973.
50. SHABROV, P. A. Effect of season of calving on milk yield of cows. *Dairy Science Abstracts* 36(7):338. 1974.
51. S'IRIMADZHIEV, K. H. y VIDEV, V. S. Effect of length of calving interval on milk production of Bulgarian Brown cattle. *Dairy Science Abstracts* 37(2):55. 1975.
52. STONAKER, H. H., AGARWALA, O. P. y SUNDARESAN, D. Production characteristics of crossbred, backcross, and purebred Red Sindhi cattle in the Gangetic Plains Region *Journal* 36(6):678-687. 1953.
53. STEEL, R. y TORRIE, J. H. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw Hill Book Company, Inc. New York USA 1960. 481 p.
54. SZYSZKOWSKI, L., ZUK, B. Effect of some factors on the productive life of dairy cows. *Dairy Science Abstracts* 37(3):106. 1975.
55. TANEJA, V. K., BHAT, B. N. Performance of Sahiwal x Holstein crossbreeds in India: first lactation yield. *Dairy Science Abstracts* 37(5):225. 1975.
56. TOMAR, S. P. S. Least-squares analysis of some environmental factors affecting first lactation milk yield in Haryana cattle. *Indian Journal of Animal Science* 41(9):780-783. 1971.
57. _____ . Effect of year, herd and age at first calving on lactation and service periods on Haryana cattle. *Dairy Science Abstracts* 36(2):37. 1975.
58. TORRES, B. I. Comportamiento reproductivo de varios grupos raciales de ganado lechero en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 52 p.
59. TRIMBERGER, G. W. Conception rates in dairy cattle from services at various intervals after parturition. *Journal of Dairy Science* 37(9):1042-1049. 1954.
60. TYLER, W. J., VADELL, L. H. y HENDERSON, C. Components of variance associated with milk and fat records of artificially sired Holstein daughters. *Journal of Animal Science* 20(4): 812-818. 1961.

61. VIVES, L. Tabulación de los climas de Costa Rica para uso agrícola. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1971. 222 p.
62. VOLCANI, R. Alta producción lechera en condiciones naturales desfavorables. Revista Mundial de Zootecnia 8:28-33. 1973.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado de la edad al primer parto (EP)

Intervalo de clase (meses)	Porcentaje acumulado
21 - 22	7
23 - 24	12
25 - 26	18
27 - 28	26
29 - 30	39
31 - 32	45
33 - 34	59
35 - 36	75
37 - 38	85
39 - 40	89
41 - 42	92
43 - 44	93
45 - 46	95
47 - 48	96
49 - 50	96
51 - 52	97
53 - 54	97
55 - 56	97
57 - 58	99
59 - 60	99

Cuadro 2. Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del intervalo al primer servicio (IPS)

Intervalo de clase (días)	Punto medio (días)	Porcentaje acumulado
21 - 30	25	4
31 - 40	35	9
41 - 50	45	14
51 - 60	55	21
61 - 70	65	30
71 - 80	75	38
81 - 90	85	48
91 - 100	95	56
101 - 110	105	61
111 - 120	115	68
121 - 130	125	73
131 - 140	135	79
141 - 150	145	81
151 - 160	155	84
161 - 170	165	88
171 - 180	175	89
181 - 190	185	91
191 - 200	195	92
201 - 210	205	93
211 - 220	215	94
221 - 230	225	95
231 - 240	235	95
241 - 250	245	96
251 - 260	255	96
261 - 270	265	97
271 - 280	275	98
281 - 290	285	98
291 - 300	295	99
301 - 310	305	99
311 - 320	315	99

Cuadro 3. Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del número de servicios por concepción

Número de servicio	Porcentaje acumulado
1	38
2	66
3	81
4	89
5	96
6 y más	100

Cuadro 4. Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).

Intervalo de clase (días)	Punto medio (días)	Porcentaje acumulado
0 - 10	5	39
11 - 20	15	39
21 - 30	25	42
31 - 40	35	45
41 - 50	45	50
51 - 60	55	53
61 - 70	65	58
71 - 80	75	60
81 - 90	85	64
91 - 100	95	67
101 - 110	105	70
111 - 120	115	73
121 - 130	125	75
131 - 140	135	77
141 - 150	145	79
151 - 160	155	80
161 - 170	165	82
171 - 180	175	83
181 - 190	185	84
191 - 200	195	85
201 - 210	205	86
210 - 220	215	88
221 - 230	225	89
231 - 240	235	90
241 - 250	245	92
251 - 260	255	92
261 - 270	265	93
271 - 280	275	94
281 - 290	285	95
291 - 300	295	95
301 - 310	305	95
311 - 320	315	96

Cuadro 5. Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del período de servicio (PS)

Intervalo de clase (días)	Punto medio (días)	Porcentaje acumulado
21 - 30	25	1
31 - 40	35	2
41 - 50	45	4
51 - 60	55	6
61 - 70	65	10
71 - 80	75	14
81 - 90	85	19
91 - 100	95	23
101 - 110	105	28
111 - 120	115	33
121 - 130	125	37
131 - 140	135	42
141 - 150	145	45
151 - 160	155	50
161 - 170	165	53
171 - 180	175	56
181 - 190	185	60
191 - 200	195	63
201 - 210	205	65
210 - 220	215	67
221 - 230	225	70
231 - 240	235	72
241 - 250	245	74
251 - 260	255	76
261 - 270	265	78
271 - 280	275	80
281 - 290	285	82
291 - 300	295	84
301 - 310	305	85
311 - 320	315	86
321 - 330	325	87
331 - 340	335	88
341 - 350	345	89
351 - 360	355	90
361 - 370	365	92
371 - 380	375	93
381 - 390	385	93
391 - 400	395	94
401 - 410	405	95
411 - 420	415	95

Cuadro 6. Distribución de frecuencias en porcentaje acumulado del intervalo entre partos (IEP)

Número de clases	Punto medio (días)	Porcentaje acumulado
320 - 350	335	7
351 - 380	365	21
381 - 410	395	35
411 - 440	425	48
441 - 470	455	59
471 - 500	485	66
501 - 530	515	73
531 - 560	545	80
561 - 590	575	85
591 - 620	605	88
621 - 650	635	92
651 - 680	665	94
681 - 710	695	95
711 - 740	725	96
741 - 770	755	97
771 - 800	785	98
801 - 300	815	99

Cuadro 7. Intervalo al primer servicio (IPS) según el número de parto

No. de parto	No. de observaciones	Media (días)	Desv. estánd.
1	222	119	74
2	227	101	52
3	193	105	55
4	119	93	56
5	72	108	61
6 y más	62	107	56
Total	895	106	61

Cuadro 8. Número de servicios por concepción (SC) según el número de parto.

No. de parto	No. de observaciones*	Media	Desv. Estándar
1	222	2,14	1,36
2	227	2,33	1,40
3	193	2,39	1,39
4	119	2,42	1,52
5	72	2,55	1,67
6 y más	62	2,00	1,28
Total	895	2,30	1,42

* El número de observaciones se tomó por vaca y por parto y no el número de servicios totales.

Cuadro 9. Intervalo del primer servicio a la concepción (ISC) según el número de parto.

No. de parto	No. de observaciones	Media (días)	Desv. Estándar
1	222	78	105
2	227	89	108
3	193	91	100
4	119	101	125
5	72	98	126
6 y más	62	54	99
Total	895	86	109

Cuadro 10. Período de servicio (PS) según el número de parto.

No. de Parto	No. de observaciones	Media (días)	Desv. estándar
1	222	197	118
2	227	190	117
3	193	194	110
4	119	193	129
5	72	207	134
6 y más	62	161	88
Total	895	192	117

Cuadro 11. Intervalos entre partos (IEP) según el número de parto

No. de parto	No. de observaciones	Media (días)	Desv. estándar
1	222	477	118
2	227	470	117
3	193	472	107
4	119	473	129
5	72	482	132
6 y más	62	439	87
Total	895	471	116

Método de caminos críticosMatrices de variancias y covariancias para el análisis de correlación múltiple

1. Análisis por el método de caminos críticos para el período de servicio (PS) a partir del intervalo al primer servicio (IPS) y del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).

<u>Variable</u>	<u>σ</u>	
$X_1 = \text{IPS}$	60,98	$r_{X_1X_2} = -0,13$
$X_2 = \text{ISC}$	108,92	$r_{X_1Y} = 0,40$
$Y = \text{PS}$	117,22	$r_{X_2Y} = 0,85$

σ = desviación estándar

r = coeficientes de correlación simple (total)

Matrices de variancias y covariancias:

$$\text{Var } X_1 + \text{Cov } X_1X_2 = \text{Cov } X_1Y \quad 3710,56b_1 - 863,45b_2 = 2859,23$$

$$\text{Cov } X_1X_2 + \text{Var } X_2 = \text{Cov } X_2Y \quad -863,45b_1 + 11863,57b_2 = 10852,46$$

De donde se obtienen los coeficientes de regresión parciales estandarizados:

$$b_1^i = 0,52$$

$$b_2^i = 0,92$$

El coeficiente de determinación (R^2) es:

$$R^2 = 0,99$$

El coeficiente de correlación múltiple (R) es:

$$R = 0,99$$

2. Análisis por el método de caminos críticos para el intervalo entre partos (IEP) a partir del intervalo al primer servicio (IPS), del número de servicios por concepción (SC) y del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).

<u>Variable</u>	<u>σ</u>	
$X_1 = \text{IPS}$	60,98	$r_{X_1 X_2} = -0,13$
$X_2 = \text{SC}$	1,42	$r_{X_1 X_3} = -0,12$
$X_3 = \text{ISC}$	108,92	$r_{X_2 Y} = 0,89$
$Y = \text{IEP}$	116,28	$r_{X_1 Y} = 0,40$
		$r_{X_2 Y} = 0,66$
		$r_{X_3 Y} = 0,84$

σ = desviación estándar

r = coeficiente de correlación simple (total)

Matrices de variancias y covariancias:

$$\text{Var } X_1 + \text{Cov } X_1 X_2 + \text{Cov } X_1 X_3 = \text{Cov } X_1 Y$$

$$\text{Cov } X_1 X_2 + \text{Var } X_2 + \text{Cov } X_2 X_3 = \text{Cov } X_2 Y$$

$$\text{Cov } X_1 X_3 + \text{Cov } X_2 X_3 + \text{Var } X_3 = \text{Cov } X_3 Y$$

$$3718,56b_1 - 11,26b_2 - 797,03b_3 = 2836,30$$

$$- 11,26b_1 + 2,02b_2 + 123,73b_3 = 108,98$$

$$- 797,03b_1 + 123,73b_2 + 11863,57b_3 = 10638,78$$

De donde se obtienen los coeficientes de regresión parciales estandarizados:

$$b_1^i = 0,51$$

$$b_2^i = 0,01$$

$$b_3^i = 0,89$$

El coeficiente de determinación (R^2) es:

$$R^2 = 0,95$$

El coeficiente de correlación múltiple (R) es:

$$R = 0,98$$

3. Análisis por el método de caminos críticos para el intervalo entre partos (IEP) a partir del intervalo al primer servicio (IPS) y del intervalo del primer servicio a la concepción (ISC).

<u>Variable</u>	<u>σ</u>	
$X_1 = \text{IPS}$	60,98	$r_{X_1 X_2} = -0,13$
$X_2 = \text{ISC}$	108,92	$r_{X_1 Y} = 0,40$
$Y = \text{IEP}$	116,28	$r_{X_2 Y} = 0,84$

σ = desviación estándar

r = coeficiente de correlación simple (total)

Matrices de variancias y covariancias:

$$\text{Var } X_1 + \text{Cov } X_1 X_2 = \text{Cov } X_1 Y \quad 3718,56b_1 - 863,45b_2 = 2936,30$$

$$\text{Cov } X_1 X_2 + \text{Var } X_2 = \text{Cov } X_2 Y \quad - 863,45b_1 - 11853,57b_2 = 10638,78$$

De donde se obtienen los coeficientes de regresión parciales estandarizados:

$$b_1^i = 0,52$$

$$b_2^i = 0,91$$

El coeficiente de determinación (R^2) es:

$$R^2 = 0,96$$

El coeficiente de correlación múltiple (R) es:

$$R = 0,98$$