

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Efecto de la edad a primer parto sobre algunas variables productivas, primer intervalo entre partos y características de la curva de lactancia de vacas lecheras en la zona norte de Costa Rica

Anamaria Cascante Amador

Tesis presentada a la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera Agrónoma en el grado de Licenciada en Agronomía con énfasis en Zootecnia

2008

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a las siguientes personas:

A mi familia que siempre me ha apoyado y alentado para que continúe con mi proceso educativo, especialmente a mis padres que son ejemplo constante de querer continuar aprendiendo y estudiando.

Al Msc. Augusto Rojas por haber confiado en mí para la elaboración de esta tesis.

Al Msc. Carlos Boschini y al Ing. David Mora, por la revisión y correcciones realizadas durante el proceso de elaboración de la tesis.

Especialmente al Dr. Henry Soto, por haberme guiado y enseñado desde el inicio hasta la culminación de este trabajo. Sus observaciones y críticas siempre fueron un aporte invaluable para mejorar cada vez. Además, quisiera agradecerle el haberme alentado para que continúe con mi preparación y desarrollo profesional.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de trabajos finales de graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera Agrónoma en el grado de Licenciada en Agronomía con énfasis en Zootecnia

Msc. Augusto Rojas Bourrillón

Director de Tesis
Sub -Director a.i. de Escuela

Ph.d Henry Soto Murillo

Miembro del Tribunal

Msc. Carlos Boschini Figueroa

Miembro del Tribunal

Ing. David Mora Valverde

Miembro del Tribunal

Ing. Michael López Herrera

Miembro del Tribunal

Anamaría Cascante Amador

Sustentante

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
Introducción.....	1
Objetivos	5
General.....	5
Específicos.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA	6
1. Indicadores reproductivos.....	6
1.1. Edad a Primer Parto.....	6
1.2 Intervalo entre Partos	15
2. Indicadores productivos	18
2.1 Producción Láctea.....	18
2.2 Duración de la Lactancia.....	22
3. Curva de lactancia.....	26
3.1 Parámetros de la curva	27
a.- Máxima producción	29
b.- Tiempo para alcanzar la máxima producción láctea	31
c.- Persistencia.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
Condiciones climáticas y manejo de lechería en la zona de estudio	40
Origen de la información.....	41
Variables analizadas	41
Archivos y edición de la información	42
Análisis estadístico de la información.....	43

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado Holstein	46
Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.....	51
Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.....	54
Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado Jersey	58
Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Jersey	62
Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Jersey	65
Valores de regresión lineal de edad al parto sobre la P-305d	70
Variables que afectan la duración de la lactancia	71
Variables que afectan el primer IEP	72
Comparación del desempeño productivo y reproductivo de novillas Holstein, $\frac{3}{4}$ Holstein, $\frac{1}{2}$ Holstein y HxJ	75
Comparación del desempeño productivo y reproductivo de novillas Jersey, $\frac{1}{2}$ Jersey y HxJ	77
Caracterización de la curva de producción láctea por grupo racial.....	79
Análisis de la curva de producción en ganado Holstein.....	79
1. Parámetros de la curva	79
2. Componentes de la curva	80
Análisis de la curva de producción en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein	82
1. Parámetros de la curva	82
2. Componentes de la curva	84
Análisis de la curva de producción en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein	87
1. Parámetros de la curva	87
2. Componentes de la curva	89
Análisis de la curva de producción en ganado Jersey.....	91

1. Parámetros de la curva	91
2. Componentes de la curva	93
Análisis de la curva de producción en ganado ½ Jersey	95
1. Parámetros de la curva	95
2. Componentes de la curva	96
Análisis de la curva de producción en ganado HxJ	99
1. Parámetros de la curva	99
2. Componentes de la curva	100
Efectos de la edad al parto sobre los componentes de la curva de lactancia..	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
1. Conclusiones.....	106
2. Recomendaciones.....	110
BIBLIOGRAFÍA	112
ANEXOS	123

ÍNDICE DE CUADROS

N° Cuadro

1. Edad a primer parto por grupo racial y país de origen.	13
2. Intervalo entre partos por grupo racial y país de origen.	17
3. Producción láctea por grupo racial y país de origen.....	21
4. Duración de la lactancia por grupo racial y país de origen.....	24
5. Valores estimados para los parámetros a , b y c de la curva de lactancia según grupo racial.	28
6. Producción máxima promedio según grupo racial.....	30
7. Tiempo para alcanzar la máxima producción láctea según grupo racial.	33
8. Persistencia promedio de la producción láctea máxima según grupo racial. ...	36
9. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado Holstein	47
10. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado Holstein	48
11. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado Holstein	49
12. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein	52
13. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.....	53
14. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein	53
15. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein	55
16. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.....	56
17. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein	57
18. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado Jersey	59

19. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado Jersey	60
20. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado Jersey.....	61
21. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado ½ Jersey.	62
22. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado ½ Jersey.	63
23. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado ½ Jersey.....	64
24. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado HxJ.....	66
25. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado HxJ.	67
26. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado HxJ.	67
27. Valores del efecto de regresión lineal de la edad al parto sobre la	70
28. Promedio de DL por grupo racial en primera y segunda lactancia.	72
29. Promedio del primer IEP y β_1 del efecto de la duración de la primera lactancia por grupo racial.	72
30. Porcentaje de novillas de primer parto por grupo racial y estratificación por días abiertos.	73
31. Promedios de la edad al parto, P-305d y del primer IEP en novillas Holstein, ¾ Holstein, ½ Holstein y HxJ.....	76
32. Promedios de la edad al parto, P-305d y del primer IEP en novillas Jersey, ½ Jersey y HxJ.....	77
33. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado Holstein.	79
34. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado Holstein.	80
35. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado ¾ Holstein.	82

36. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.	84
37. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.	87
38. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.	89
39. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado Jersey.....	91
40. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado Jersey.....	93
41. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Jersey.....	95
42. Promedios de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado $\frac{1}{2}$ Jersey.....	96
43. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado HxJ.	99
44. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado HxJ.	100
45. Resultado del análisis de la prueba Duncan del efecto de raza sobre la PERS en primera y segunda lactancia.....	103
46. Resultado del análisis de la prueba Duncan del efecto de raza sobre SPMAX.....	104
47. Resultado del análisis de la prueba Duncan del efecto de raza sobre PMAX.....	105
1-A. Promedio de edad al parto, P-305d, DL e IEP de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis de los cruces raciales respectivos en primera y segunda lactancia	124
2-A. Promedio de edad al parto, P-305d, DL e IEP de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis respectivos del cruce HxJ en primera y segunda lactancia	124

3-A. Promedio de producción máxima, tiempo al pico de producción y persistencia de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis de los cruces raciales respectivos en primera y segunda lactancia	125
4-A. Promedio de producción máxima, tiempo al pico de producción y persistencia de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis del cruce HxJ en primera y segunda lactancia	125
5-A. Valores promedio de edad al parto, P-305d, DL, IEP de primera y segunda lactancia según grupo racial.....	126
6-A. Valores promedio de parámetros a , b y c de la curva de lactancia de primera y segunda lactancia según grupo racial	126
7-A. Valores promedio de los elementos de la curva de lactancia de primera y segunda lactancia según grupo racial	127

ÍNDICE DE FIGURAS

N° Figura

1. Curva de lactancia por número de parto en ganado Holstein.....	80
2. Curva de lactancia por número de parto en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.....	84
3. Curva de lactancia por número de parto en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.....	88
4. Curva de lactancia por número de parto en ganado Jersey.....	93
5. Curva de lactancia por número de parto en ganado $\frac{1}{2}$ Jersey.....	96
6. Curva de lactancia por número de parto en ganado H x J.....	100

RESUMEN

La información analizada proviene de los archivos productivos y reproductivos de hatos lecheros de productores asociados a la Cooperativa de Productores de Leche R.L. (Dos Pinos) de la Zona Norte del país; contenidos en la base de datos del programa VAMPP.

Se evaluaron las siguientes características: edad a primer parto, intervalo entre partos, longitud de la lactancia, producción corregida a 305 días, días al pico de producción, producción en el día pico y persistencia.

Se utilizaron dos archivos diferentes. El primero incluyó las mediciones de producción láctea de cada vaca durante la primera y la segunda lactancias. Éste contenía alrededor de 127.500 mediciones. El segundo archivo incluyó la información tanto productiva como reproductiva de aproximadamente 4500 vacas con lactancias completas con un máximo de 800 días o en progreso.

Los análisis se realizaron para cada grupo racial por separado: Holstein y sus cruza, Jersey y sus cruza y el cruce Holstein-Jersey.

Se determinó que, en general, la edad al primer parto posee un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la producción corregida a 305 días de la primera y segunda lactancias; pero el efecto no fue el mismo en todos los grupos raciales, encontrándose efecto no significativo ($P > 0.05$) en los grupos $\frac{1}{2}$ Jersey, $\frac{3}{4}$ Holstein y Holstein x Jersey. El efecto de la edad al segundo parto, en general, también es significativo ($P < 0.05$) excepto en los grupos $\frac{1}{2}$ Jersey, $\frac{3}{4}$ Holstein y Holstein x Jersey.

En el caso de las novillas Holstein puras, $\frac{1}{2}$ Holstein y $\frac{1}{2}$ Jersey, la edad al primer parto ideal para maximizar la producción láctea no debe sobrepasar los 2 años. En novillas Jersey, $\frac{3}{4}$ Holstein y Holstein x Jersey, la edad óptima es de 2 a 3 años. La edad al segundo parto óptima en todos los grupos se estimó en un rango de 3 a 4 años.

El efecto de la raza resultó altamente significativo sobre la duración de la primera lactancia ($P < 0.01$) mientras que la edad a primer parto y la interacción de ésta con la raza no fueron significativas. En la segunda lactancia, tanto la raza ($P < 0.01$) como la edad a primer parto ($P < 0.01$) presentaron un efecto altamente significativo sobre la duración de la misma; sin embargo, la interacción entre ambas ni la edad al segundo parto fueron significativas.

Se determinó que la raza y la duración de la lactancia tuvieron un efecto altamente significativo ($P < 0,01$) sobre el intervalo entre el primero y el segundo partos, mientras que la edad a primer parto y su interacción con la raza no causó ningún efecto significativo.

Los parámetros de las curvas de las dos primeras lactancias del animal fueron estimados utilizando el modelo de Wood. Éste utiliza tres parámetros para describir la curva de lactancia: **a**, **b** y **c**. El parámetro **a** es la producción láctea al inicio de la lactancia; **b** es el incremento en la producción láctea hasta el pico y **c** representa el descenso en la producción después del pico. Los tres son utilizados para estimar la producción máxima durante la lactancia, el tiempo que tarda en alcanzar dicha producción y la persistencia luego de obtenida la producción máxima.

La producción láctea al inicio de la lactancia (**a**) varió desde 9.5015 kilos hasta 15.0560 kilos en la primera lactancia y en la segunda lactancia desde 13.2072 kilos hasta 18.7309. En ambos casos el grupo Holstein fue el de mayor producción y el ½ Holstein el de menor.

El incremento en la producción láctea hasta el pico (**b**) varió desde 0.1943 (½ Jersey) hasta 0.3313 (½ Holstein) en primera lactancia; y desde 0.2206 (½ Jersey) hasta 0.3079 (Holstein) en la segunda lactancia.

El parámetro **c** se encuentra entre 0.0274 (¾ Holstein) y 0.0383 (½ Holstein) en la primera lactancia; en la segunda lactancia varía desde 0.0327 (Jersey) hasta 0.0406 (½ Holstein).

La máxima producción en primera lactancia tiene un rango de 15.01 kilos (½ Holstein) hasta 22.42 kilos (Holstein); en la segunda lactancia es de 18.40 kilos (Jersey) hasta 28.14 kilos (Holstein).

Las semanas para alcanzar el pico de producción en primera lactancia fluctúan desde 6.14 hasta 8.81; en segunda lactancia desde 5.74 hasta 8.12. En ambas lactancias, la raza ½ Jersey fue la que tardó menos y la raza Holstein la que más se demoró en alcanzar el pico.

La persistencia estimada en la primera lactancia se encuentra desde 84.37 hasta 105.96; en la segunda lactancia de 71.80 a 88.30. En ambas lactancias, la raza Holstein es la de mayor persistencia y la raza ½ Jersey la de menor.

Introducción

La actividad lechera cuenta con un alto impacto en la economía de Costa Rica. Según cifras del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2007) se estima que en Costa Rica hay 38241 fincas ganaderas, de ellas, 6408 son especializadas en lechería y 7947 son explotaciones de doble propósito (leche y carne). Entonces, hay 14355 que producen leche comercial. De estas actividades agropecuarias, se generan 143550 puestos de trabajo directamente relacionados con la actividad de campo. Además, las empresas industrializadoras (formales) de lácteos constituyen un 3.6 % del total de entidades de la industria alimentaria lo que genera 3800 empleos en el sector industrial más cerca de 8750 de manera indirecta (proveedores).

Según La Corporación de Fomento Ganadero (2006) por medio del Censo Ganadero efectuado en el año 2000, los sistemas lecheros nacionales constan de 235872 hembras de leche (304013 cabezas totales) y 162000 hembras doble propósito (173433 cabezas). Además, según sistema de producción, en el sector lechero se indica una carga de 1.26 UA/ha y en sistemas doble propósito una carga de 0.85 UA/ha, siendo el tamaño promedio de finca menor a las 40 ha, lo cual representa aproximadamente el 57% del total de lecherías especializadas y el 41% del ganado en sistemas doble propósito, a nivel nacional. Lo anterior, permite inferir que la actividad lechera en Costa Rica se encuentra en manos de los pequeños productores.

Con respecto a la importancia en la economía nacional, la actividad lechera significa el 10,32 % del PIB agropecuario del país y la mitad del valor agregado de las industrias pecuarias de Costa Rica. En cuanto a la agro-cadena de leche, esta mantiene una participación del 1.7% en el PIB. A la vez, propiamente la ganadería de leche de vaca aporta el 61.5% y la industria de la transformación de productos lácteos aporta el 38.5% del valor agregado total del conglomerado (Cámara de Productores de Leche 2007).

Para lograr abastecer esta gran demanda, los productores en la lechería deben tener un sistema de manejo que permita aprovechar al máximo el potencial del animal lechero. Entonces, una de las principales actividades en finca es el desarrollo de las novillas de reemplazo, las cuales son el futuro de toda actividad lechera debido a que se busca producir reemplazos de alta calidad para las vacas de desecho. Esta práctica se mantiene dado que para la mayoría de las fincas lecheras es más rentable criar que comprar los animales ya adultos. Se debe tener presente que la función principal de una vaca lechera es la eficiencia láctea, la cual tiene una alta correlación con los ciclos reproductivos. Sólo cuando el animal comienza a fallar, ya sea en la lactación o en lo reproductivo, es que se elimina del hato. Por lo tanto, los aspectos más importantes durante el crecimiento del ganado lechero son aquellos que influyen la reproducción y la lactancia. Según Swanson (1967), es por estos factores mencionados que el patrón óptimo de crecimiento para novillas lecheras es aquel régimen que desarrolle todo su potencial lechero a una edad deseada [aproximadamente a los 24 meses de edad] y a un mínimo costo posible.

Sin embargo, el crecimiento máximo que cada animal desarrolla es inherente a su potencial genético y no puede ser modificado. Lo que se puede hacer es potenciarlo y brindar las condiciones óptimas para que sea demostrada toda su capacidad. Aún así, un programa de desarrollo y manejo ajustado por edad y peso corporal debe ser implementado en las prácticas de crianza de novillas lecheras de reemplazo en las lecherías. Esto con el fin de lograr un aprovechamiento máximo del potencial productivo y reproductivo del animal. Aunado a lo anterior, la máxima producción láctea no se consigue hasta alcanzar la madurez, cerca del 6to año de vida. Por lo tanto, es económicamente deseable tener a la mayoría de las novillas iniciando los ciclos de lactación a edad temprana, alrededor del 2do año; otro factor por tomar en cuenta es el intervalo entre partos, para el cual Swanson (1967) propone que para lograr una eficiencia productiva y producción promedio de leche del hato sostenida, los intervalos entre partos deben ser de 12 meses. Para esto, se deben tomar en cuenta ciertos elementos que se presentan a lo largo de la vida productiva de la vaca, entre éstos destaca la edad al primer parto (EPP).

La EPP afecta el desempeño productivo y reproductivo de la vaca en la primera y subsecuentes lactancias. Según Lin *et al.* (1986), en novillas empadradas a una edad temprana (350 días de edad) generalmente se reporta que: a) se reduce la vida no productiva desde el nacimiento hasta la primera lactancia, b) da un retorno económico más rápido por leche, c) disminuye el intervalo generacional, por lo que acelera el mejoramiento genético. Sin embargo, el reemplazo es costoso para la industria de leche. Según Aguilar (2001) las estimaciones de todos los gastos asociados desde el nacimiento al primer parto

es de 1,26 dólares diarios. En promedio, por cada mes adicional sobre los 24 meses a la edad de primer parto, en la zona media de San Carlos, el costo es de 9480 colones. Además, plantea que aquellas fincas con mayores edades al parto, requieren más tiempo para lograr recuperar la inversión de crianza. Existe una clara tendencia a que conforme se aumenta la EPP, la tasa interna de retorno disminuye, lo cual evidencia que la rentabilidad del sistema es menor.

Así, la reducción de la edad a primer parto puede disminuir los gastos de reemplazo de terneras. Las estimaciones de los gastos asociados con el reemplazo son aproximadamente el 25% de los costos totales de producción (Cámara de Productores de Leche 1999, citado por Aguilar 2001). De esta forma, al sopesar tanto las consideraciones económicas como las productivas, resulta claro que lo ideal es promover que la práctica común entre los productores de leche sea el integrar a las novillas lo antes posible al hato, promoviendo una EPP temprana con pesos corporales adecuados para alcanzar producciones lácteas maximizadas.

Expuesto lo anterior, surge la necesidad de generar información acerca de la relación existente entre la EPP y el comportamiento reproductivo (período abierto e intervalo entre partos) y el de la curva de producción láctea. Esto con el fin de establecer la mejor edad al parto en novillas lecheras, determinada tanto por su eficiencia reproductiva como productiva.

Objetivos

1. General

1. Determinar el efecto de la edad a primer parto sobre algunas características productivas y reproductivas en vacas de primero y segundo parto, de las razas Holstein, Jersey y sus cruzas en la Zona Norte de Costa Rica.

2. Específicos

- 2.a. Describir el efecto de la edad a primer parto sobre la producción láctea en la primera y segunda lactancias.
- 2.b. Cuantificar el efecto de la edad a primer parto sobre la longitud de la lactancia.
- 2.c. Analizar la longitud del primer período abierto posterior a la primera lactancia en relación con la edad a primer parto.
- 2.d. Caracterizar la curva de producción de leche en vacas de primero y segundo parto.
- 2.e. Cuantificar el efecto de la edad a primer parto sobre la persistencia lechera.
- 2.f. Cuantificar el efecto de la edad a primer parto sobre el tiempo para alcanzar el pico de producción.
- 2.g. Cuantificar el efecto de la edad a primer parto sobre el pico de producción láctea.

REVISIÓN DE LITERATURA

En forma práctica, la eficiencia productiva de un hato lechero puede ser medida a través del análisis de sus indicadores reproductivos (edad a primer parto e intervalo entre partos) y productivos (producción corregida a 305 días y duración de la lactancia). Ambos determinados tanto por factores no genéticos (exógenos al animal) como por factores genéticos (endógenos al animal).

1. Indicadores reproductivos

Existen gran cantidad de variables no genéticas que influyen, tanto positiva como negativamente, sobre la reproducción pero, los que se han identificado como más influyentes son el manejo y la alimentación. De hecho, la EPP depende directamente del manejo y alimentación ofrecida a las novillas durante su crecimiento (Álvarez 1975).

1.1. Edad a Primer Parto (EPP)

Este indicador se refiere a la edad en que el animal pare por primera vez y es determinado por varios factores: edad al momento del primer celo, número de servicios por concepción, manejo, alimentación y programa sanitario tanto durante el período de crecimiento del animal como en el de empadre y preñez. Además, el efecto de raza es muy importante para la expresión de esta característica. Sin embargo, el rango de edad óptimo está sujeto a varias condiciones como ambiente, nivel productivo, intensidad de selección por productividad y rentabilidad del sistema.

La crianza de las novillas tiene como fin principal el reducir el costo del desarrollo. Esto puede lograrse al acelerar el crecimiento y empadrear a una edad temprana, lo cual disminuye la EPP. Sorensen *et al.* (1959) (citado por Gardner *et al.* 1977) sugieren que las novillas Holstein pueden ser empadradas al segundo o tercer período estrual cuando han sido alimentadas con raciones altas en energía para un desarrollo acelerado. Reportan que el empadre retardado incrementa las anormalidades reproductivas y limita las posibilidades de retornos productivos tempranos. Entonces el desarrollo acelerado de novillas para reemplazo alimentándolas con dietas altas en energía, y por lo tanto, permitiendo el empadre a una edad más temprana, puede reducir los costos de alimentación y generar un retorno más rápido de la inversión.

Sin embargo, aunque teóricamente una mayor reducción de la edad al primer parto puede aumentar el número de terneros por vaca, la distocia puede ser un factor limitante que puede reducir la sobrevivencia de terneros (Nilforooshan *et al.* 2004). El mismo autor también señala una mayor deposición de grasa en la ubre complicando la producción de leche, aumentando los problemas de empadre, una longevidad reducida y un incremento de los costos en insumos para alimentación.

A pesar de lo anterior, con la globalización de la industria láctea y del mercado, se hace cada vez más importante reducir los costos de producción. La reducción de la EPP pero, con indicadores productivos sostenidos y cercanos a lo esperado a largo plazo, sobre todo, bajo un sistema de precio de leche que se ve

afectado por la proporción de sólidos vs. volumen, podría ser una estrategia eficiente del productor de leche para reducir gastos.

Powell (1985) (citado por Gardner *et al.* 1988) reporta un promedio de EPP en 485.200 terneras Holstein, desde 1960 hasta 1982, de 27, 5 meses de edad. Gill y Allaire (1976) (citado por Gardner *et al.* 1988) sugieren que la edad óptima al primer parto para un desempeño total a lo largo de toda la vida, es de 22,5 a 23,5 meses de edad. Sin embargo, Marini (2004) utilizando 1282 vacas de primera lactancia de cinco establecimientos lecheros, encontró que la edad al primer parto no afectó los indicadores productivos (producción de leche y duración de la lactancia) y reproductivos (intervalo parto primer celo, intervalo parto primer servicio, intervalo parto concepción y número de servicios por preñez). Concluyó que los indicadores productivos y reproductivos no aumentan con las categorías de edad al primer parto, es decir, no existe una asociación entre producción y reproducción y edad al primer parto.

No obstante, el incremento en la producción en relación con la edad depende principalmente del incremento de tamaño de la glándula mamaria causado por el crecimiento. Gaines (1942) (citado por Clark y Touchberry 1962), establece que, conforme una vaca se acerca a la madurez, da más leche, porque aumenta en tamaño. Además, determina que la influencia del peso vivo en la producción, independientemente de la edad, es importante. No obstante, Farthing y Legates (1958), (citado por Clark y Touchberry 1962) encontraron que la edad del animal es más importante que el peso al ser tomada en cuenta para la variancia de la producción presente.

Hoffman *et al.* (1996) establecen que la edad de empadre retrasada resulta en una puntuación más alta en la condición corporal al momento del parto y una mayor incidencia de distocia; pero, el rendimiento de producción, de vida útil promedio, no se ve afectado. No obstante, indican que el tamaño corporal en las novillas al momento del parto influencia el desempeño durante la primera lactancia. Por lo tanto, un crecimiento post-puberal acelerado y una EPP temprana reducen el desempeño durante la primera lactancia, aunque el mecanismo exacto no ha podido ser determinado.

La principal hipótesis para explicar tal reducción a la hora de producir leche es que el desarrollo del tejido secretor mamario es disminuido porque más energía de la dieta es necesaria para el crecimiento acelerado del animal, Serjzen *et al.* (1982) (citado por Hoffman *et al.* 1996) identificaron a la prepubertad como otro período crítico, durante el cual dietas altas en energía restringen el desarrollo de tejido secretor mamario; sin embargo, señalan que este efecto negativo a nivel nutricional no ocurre en la pospubertad, en vez de ello el periodo de sensibilidad prepuberal parece coincidir con el período de crecimiento alométrico de la glándula mamaria.

Otro factor de importancia es la concentración hormonal. Capuco *et al.* (1995) al examinar numerosas hormonas, que afectan el crecimiento y el desarrollo mamario, indicaron que la concentración de la hormona del crecimiento (HC) es reducida en novillas sobrealimentadas con respecto a los requerimientos nutricionales, adicionalmente, la administración en la prepubertad de HC incrementa la cantidad del parénquima mamario por lo que afirman que la HC es

necesaria para el crecimiento de los ductos mamarios y tiene una alta correlación positiva con la mamogénesis entre la concepción y el nacimiento. A su vez, Sejrson *et al.* (1982) (citado por Capuco *et al.* 1995) reportan una reducción de concentraciones de HC en novillas, en fase de prepubertad, desarrolladas a una alta ganancia y sugieren que la disminución en la concentración de HC fue la responsable del bajo desarrollo del parénquima mamario observado en novillas con consumos excesivos de energía.

Además, Capuco *et al.* (1995) indican que la estructura general de la glándula mamaria sugiere que las células epiteliales del árbol ductular en expansión proliferan en la matriz colagenosa del estroma. Cuando no hay células epiteliales adyacentes a los adipositos, el crecimiento estromático dentro de la almohadilla de grasa es propenso a preceder al crecimiento epitelial y de proveerle una matriz. Por lo que se puede suponer que el tejido mamario adiposo *per se* puede ser una barrera que limite la proliferación epitelial en las novillas en edades prepuberales.

Según un estudio desarrollado por Pirlo *et al.* (2000), se han encontrado correlaciones moderadamente positivas entre la EPP y leche, grasa, y producción de proteína. Sin embargo, se reportan correlaciones obtenidas en los límites de 0 a 0.11 entre EPP y el porcentaje de grasa. Además, se menciona que el efecto negativo del parto temprano sobre la producción de leche podría deberse a factores diferentes, como el alto peso corporal antes de la pubertad, pero el factor más probable según el autor, es un peso corporal bajo en novillas más jóvenes en el principio de la primera lactancia. Además, se ha encontrado que una EPP

menor a los 21 meses de edad, afecta considerablemente el pico de producción, la producción de grasa, el porcentaje de grasa, longevidad y la vida productiva (Nilforooshan *et al.* 2004). Según Pirlo *et al.* (2000) una posible explicación de las diferencias en el contenido de la grasa en leche y las concentraciones de proteína puede estar en las diferentes capacidades de las novillas jóvenes y viejas de ingerir concentrados o forrajes gruesos, lo cual puede presentar efectos divergentes sobre la composición de la leche.

Otra variable a ser tomada en cuenta es el efecto de la interacción entre la EPP y el tamaño corporal.

El peso corporal de un animal es influenciado por su edad, genotipo y las condiciones ambientales bajo las cuales es criado. Las condiciones ambientales que contribuyen a un mayor tamaño también provocan niveles más altos de producción; así vacas grandes pueden dar más leche no sólo por ser más grandes sino también porque son mantenidas en mejores condiciones de manejo que aquellas vacas de menor tamaño. Los coeficientes de regresión parcial estándar indican que en la mayoría de los casos para vacas durante el mismo número de lactancia, el peso está más relacionado con la producción que con la edad. Las excepciones para esto son las producciones de la primera lactancia y tanto para la producción de leche como de grasa en la octava lactancia.

El tamaño corporal también afecta la aparición de la pubertad, la cual está directa y positivamente relacionada con la tasa de crecimiento y es una variable más dependiente del tamaño que de la edad. El peso corporal para el primer estro

en novillas Holstein ha sido reportado con promedios desde 250 hasta 274 kg. A tasas de crecimiento aceleradas, promediando 0,9 kg./día, la pubertad aparece a los 9 meses de edad en novillas Holstein, para tasas promedio a los 12-13 meses y para tasas lentas (promediando 0,4 kg./día) el primer estro se observa hasta los 17-20 meses de edad.

Sin embargo, las novillas de reemplazo son usualmente empadradas de acuerdo con su edad y no con su peso. Consecuentemente, el tamaño como ventaja sobre la edad no es aprovechado en aquellos animales que se desarrollaron más rápido. Entonces, según Gardner *et al.* (1988), un programa de manejo de alimentación combinado con el de empadre es necesario para lograr resultados óptimos en la productividad del animal.

En el cuadro 1 se presentan promedios de la edad al primer parto por grupo racial y lugar de origen, tanto en climas tropicales como en templados. Es importante resaltar que la información listada corrobora lo señalado anteriormente: el rango de la EPP óptimo está sujeto a varias condiciones como componente racial, ambiente, nivel productivo y rentabilidad del sistema.

Los menores rangos y promedios (Cuadro 1) son los que corresponden a los grupos raciales puros. Se puede inferir que, a pesar de la diversidad del origen de la información, el avance genético que se ha tenido en las últimas décadas en las razas Holstein y Jersey permite un desempeño más eficiente con respecto al de razas cebuinas o cruces entre animales *Bos taurus* y *Bos indicus*, aún en climas tropicales.

El efecto de ambiente también es notorio. La información proveniente de países con clima templado presenta promedios menores en la EPP con respecto a los países de climas tropicales. Los climas templados tienden a presentar menores fluctuaciones en la temperatura diurna lo cual es menos estresante para el animal. Además, tienen forrajes de mayor digestibilidad que contribuyen a una alimentación con mejor balance, mejorando el crecimiento y desarrollo, mientras que en los climas tropicales, no ocurre esto.

Cuadro 1.a. Edad a primer parto por grupo racial y país de origen.

Grupo racial	EPP (meses)	País	Autor
Holstein	38.2	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	45.0	Brasil	FAO 1987
	31.6	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	33.0	Colombia	FAO 1987
	29.4	Costa Rica	Naranjo 1983
	28.4	Costa Rica	Naranjo 1983
	37.44	Costa Rica	Ortiz 1986
	34.0	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	31.0	Cuba	FAO 1987
	28.0	Estados Unidos	Schaeffer y Henderson 1971
	27.5	Estados Unidos	Powell 1985
	28.2	Estados Unidos	Nieuwhof <i>et al.</i> 1989
	27.0	Estados Unidos	Touchberry 1992
	26.3	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	26.6	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	25.6	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	25.9	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	26.2	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	26.9	Estados Unidos	Hare <i>et al.</i> 2006
	30.75	Ghana	Aboagye 2002
28.12	Italia	Pirlo <i>et al.</i> 2000	
32.0	Malawi	Chagunda <i>et al.</i> 2004	
30.0	Mozambique	Alberro 1980	
38.0	Perú	Meini 1973	
27.9	Perú	Orrego <i>et al.</i> 2003	
37.9	Zimbabwe	Ngongoni <i>et al.</i> 2006	
Rango	25.6 – 38.2		
promedio	30.8		

Cuadro 1.b. Edad a primer parto por grupo racial y país de origen (Cont.).

Grupo racial	EPP (meses)	País	Autor
$\frac{3}{4}$ Holstein	42.7	Brasil	FAO 1987
	39.1	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	31.0	Cuba	McDowell 1985
	34.0	Cuba	FAO 1987
	33.7	Etiopía	McDowell 1985
	36.3	India	FAO 1987
	30.3	India	FAO 1987
	32.5	Nigeria	FAO 1987
	30.5	Pakistán	McDowell <i>et al.</i> 1996
	30.2	Turquía	McDowell 1985
Rango promedio	30.2 – 42.7 34.03		
$\frac{1}{2}$ Holstein	39.4	Brasil	FAO 1987
	39.1	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	25.6	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	30.4	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	31.0	Colombia	FAO 1987
	38.4	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	31.0	Cuba	McDowell 1985
	32.1	Cuba	FAO 1987
	28.6	Etiopía	Alberro 1983
	33.9	Etiopía	McDowell 1985
	35.0	Etiopía	Mureda y Zeleke 2007
	36.2	India	FAO 1987
	28.5	India	FAO 1987
	37.0	India	Dhara <i>et al.</i> 2006
	33.2	Nigeria	Buvanendran <i>et al.</i> 1981
	36.9	Sri Lanka	FAO 1987
	35.7	Tanzania	FAO 1987
28.4	Turquía	McDowell 1985	
Rango promedio	25.6 – 39.4 33.36		
$\frac{1}{2}$ Holstein x	34.55	Costa Rica	Ortiz 1986
$\frac{1}{2}$ Jersey	34.2	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
Promedio	34.38		

Cuadro 1.c. Edad a primer parto por grupo racial y país de origen (Cont.).

Grupo racial	EPP (meses)	País	Autor
Jersey	30.3	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	28.96	Costa Rica	Ortiz 1986
	30.2	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	26.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1959
	28.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1959
	25.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1959
	26.2	Estados Unidos	Powell 1985
	26.8	Estados Unidos	Nieuwhof <i>et al.</i> 1989
	26.4	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	26.1	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	26.1	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	26.5	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	25.6	Estados Unidos	Hare <i>et al.</i> 2006
	25.2	Pakistán	Khan 2002
35.7	Zimbabwe	Ngongoni <i>et al.</i> 2006	
Rango promedio	25.0 – 35.7 27.54		
½ Jersey	35.3	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	39.0	Costa de Marfil	McDowell 1985
	33.7	Etiopía	McDowell 1985
	26.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1959
	28.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1959
	33.1	India	Puri y Sharma 1964
	27.8	India	FAO 1987
	33.0	India	Dhara <i>et al.</i> 2006
	36.6	Sri Lanka	FAO 1987
	33.7	Sri Lanka	FAO 1987
	38.6	Tanzania	FAO 1987
	27.6	Turquía	McDowell 1985
	Rango promedio	26.0 – 39.0 32.7	

1.2 Intervalo entre Partos (IEP)

El intervalo entre partos está compuesto por el período abierto y la gestación, por lo que es el tiempo transcurrido entre un parto determinado y el parto inmediato posterior o anterior a éste. A pesar de que la gestación tiene un rango de duración promedio en todas las razas y no es posible de modificar, el período abierto sí puede ser alterado. Al proveer a la vaca de un adecuado manejo y nutrición, ésta entrará en celo luego del parto en menos tiempo y el número de servicios por concepción también disminuirán. Por lo tanto, el IEP no

sólo es un indicador reproductivo; sino que también es un indicador de eficiencia y de la productividad a lo largo de la vida útil del animal y del hato en general.

De Alba *et al.* (1985) indican que IEP largos son el resultado de un intervalo parto-primer servicio amplio, de varios servicios por preñez y de ordeño con ternero al pie de la vaca, señalando que intervalos mayores a 411 días representan un comportamiento reproductivo deficiente. Además, Berger *et al.* (1981) (citado por Valerín 1997) mencionan también como factores causantes de la extensión del IEP a: fallos en la concepción, la mortalidad embrionaria, la alta producción de leche y la estación climática, entre otros factores ambientales.

En el cuadro 2 se presentan IEP promedios para cada grupo racial. El grupo $\frac{1}{2}$ Holstein es el que presenta el mayor intervalo (343 a 552.05 días) y el grupo $\frac{1}{2}$ Jersey el menor (371.0 a 453.0 días).

El componente genético Holstein presente en los animales $\frac{1}{2}$ Holstein implica una menor adaptabilidad al medio ambiente, con respecto a los animales $\frac{1}{2}$ Jersey, lo cual supone un mayor estrés fisiológico que repercute en períodos más largos para entrar en celo y mayor número de servicios por concepción. Además, el grupo $\frac{1}{2}$ Holstein presenta producciones lácteas promedio mayores al grupo $\frac{1}{2}$ Jersey (Cuadro 3), y como se mencionó anteriormente, una alta producción láctea provoca intervalos entre partos más prolongados.

Cuadro 2.a. Intervalo entre partos por grupo racial y país de origen.

Grupo racial	IEP (días)	País	Autor
Holstein	471.0	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	472.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	383.0	Canadá	Vesely <i>et al.</i> 1986
	505.0	Colombia	FAO 1987
	415.8	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	388.0	Cuba	García-López <i>et al.</i> 2001
	396.0	Cuba	García-López <i>et al.</i> 2001
	436.15	Ecuador	Román 1970 (citado por Pearson de Vaccaro 1977)
	396.1	Estados Unidos	Slama <i>et al.</i> 1976
	449.5	Estados Unidos	Stott y DeLorenzo 1988
	394.2	Estados Unidos	Nieuwhof <i>et al.</i> 1989
	402.0	Estados Unidos	Touchberry 1992
	446.0	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	461.0	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	401.0	Estados Unidos	Hare <i>et al.</i> 2006
	457.0	Kenia	King <i>et al.</i> 2006
	416.0	Malawi	Chagunda <i>et al.</i> 2004
	468.0	México	Teyer-Bobadilla <i>et al.</i> 2002
	479.05	México	Córdova y Pérez 2005
	530.0	Zimbabwe	Ngongoni <i>et al.</i> 2006
Rango promedio	383.0 – 530.0 438.34		
¾ Holstein	519.0 ^(ES)	Brasil	FAO 1987
	540.0 ^(ELL)	Brasil	FAO 1987
	455.0	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	416.0	Cuba	FAO 1987
	464.0	Etiopía	FAO 1987
	468.0	India	FAO 1987
	Rango promedio	416.0 – 540.0 477.0	
½ Holstein	444.0	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	423.95 ^(ES)	Brasil	Ruas <i>et al.</i> 2007
	483.12 ^(ELL)	Brasil	Ruas <i>et al.</i> 2007
	399.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	403.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	382.0	Canadá	Vesely <i>et al.</i> 1986
	426.0	Colombia	FAO 1987
	418.3	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	392.0	Cuba	FAO 1987
	400.0	Estados Unidos	Touchberry 1992
	552.05	Etiopía	Mureda y Zeleke 2007
	432.0	India	FAO 1987
	343.0	Kenia	King <i>et al.</i> 2006
	429.0	Tanzania	FAO 1987
	442.0	Sri Lanka	FAO 1987
	405.8	Sudán	El Amin <i>et al.</i> 1986
Rango promedio	343.0 – 552.05 429.14		

Nota: ES: Estación Seca; ELL: Estación Lluviosa

Cuadro 2.b. Intervalo entre parto por grupo racial y país de origen (*Cont.*).

Grupo racial	EPP (días)	País	Autor
½ Holstein x	397.8	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
½ Jersey	397.0	Estados Unidos	Heins <i>et al.</i> 2008
promedio	397.4		
Jersey	378.2	Brasil	Alves Netto <i>et al.</i> 1967
	419.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	398.5	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	401.8	Estados Unidos	Slama <i>et al.</i> 1976
	387.5	Estados Unidos	Stott y DeLorenzo 1988
	384.7	Estados Unidos	Nieuwhof <i>et al.</i> 1989
	424.0	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	432.0	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	390.0	Estados Unidos	García-Peniche <i>et al.</i> 2005
	390.5	Estados Unidos	Hare <i>et al.</i> 2006
	498.0	Zimbabwe	Ngongoni <i>et al.</i> 2006
Rango	378.2 – 498.0		
Promedio	409.47		
		Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
½ Jersey	382.0	Etiopía	FAO 1987
	403.0	India	Stonaker <i>et al.</i> 1953
	396.5	Kenia	FAO 1987
	371.0	Tanzania	FAO 1987
	423.0	Sri Lanka	FAO 1987
	453.0		
Rango	371.0 – 453.0		
promedio	404.75		

Nota: ES: Estación Seca; ELL: Estación Lluviosa

2. Indicadores productivos

2.1 Producción Láctea (PL)

Valerín (1997) basado en las investigaciones de diferentes autores (Ngere *et al.* 1973, Bhat *et al.* 1984), indica que las condiciones ambientales afectan sensiblemente la PL y se les atribuye el 70% de la variante en la producción mientras que el 30% restante se debe al efecto de manejo y alimentación. Entre mayor sea el estrés provocado por las condiciones ambientales sobre el animal, mayor será el efecto negativo en la PL. Es por esto que en climas tropicales, con altas temperaturas durante el día, alta precipitación y humedad relativa durante la mayor parte del año, la PL se ve comprometida.

Otro efecto importante es la EPP. Parece ser que el empadrear a edad muy temprana también reduce la producción láctea al disminuir el promedio de producción diaria en vez de disminuir el número de días en producción. Además, un empadrear temprano (<15 meses de edad) causa bajas tasas de concepción a un primer servicio y menores producciones en la primera lactancia que un empadrear a mayor edad. En un estudio realizado por Lin *et al.* (1986) en vacas de raza Holstein, Ayrshire y sus cruces que fueron empadradas a dos edades diferentes, siendo la edad temprana a los 350 días de edad y la tardía a 462 días, los resultados mostraron que la disminución de un día de edad a primer parto disminuyó la producción láctea en 2,01 kg para vacas empadradas a edad temprana, mientras que las empadradas a edad tardía disminuyeron 4,7 kg en su producción láctea. Sin embargo, los kilos producidos por día de vida hasta completar la primera lactancia son similares en las empadradas temprano y las tardías.

Solano y Vargas (1997) observaron esta misma tendencia en zonas de altura de Costa Rica, donde obtuvieron un aumento de 69 kg de leche a los 100 días de la primera lactancia por cada 100 días de aumento en la EPP; además, la EPP ejerció un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre la producción de leche en la primera lactancia.

El período abierto (PA) también afecta la producción láctea, especialmente al inicio de la lactancia. Oltenacu *et al.* (1980) comentan que dos posibles factores son el impacto de la PL sobre la fertilidad y el tratamiento diferencial para novillas de primer parto y una política de descarte basada en la producción del animal. Estos factores biológicos y de manejo resultan en una asociación positiva entre la

producción en la fase temprana de la lactancia y los días abiertos. La relación entre el PA y la PL es el efecto combinado de estos dos factores que actúan en ambas direcciones. La PL en la primera parte de la lactancia afecta la duración del PA directamente al influenciar la fertilidad de la vaca e indirectamente a través del manejo; luego que el animal pare, el número de días abiertos influye en la producción a través del efecto de preñez en la PL. Además, el período al cual se nota la interacción entre estas dos variables, es diferente para vacas altas productoras y bajas productoras. Los autores mencionan que la mayor parte de la diferencia en la PL en novillas de primer parto, con 40 y 160 días abiertos, se da más temprano en la lactancia en novillas bajas productoras que en las de alta producción.

Las condiciones ambientales afectan hasta en un 70% la variación en la producción láctea, y esto resulta evidente al observar el cuadro 3, donde se notan las diferencias en producción que se dan entre los datos provenientes de países con clima templado (producciones más altas) y de clima tropical.

Otro factor por considerar es el efecto de manejo, el cual representa aproximadamente el 30% restante de la variación. La capacidad de poder implementar sistemas productivos con alto grado de tecnificación también varía entre los países, determinada en gran medida por el nivel económico del país en general. Es por esto que en países con menor nivel económico, se presentan menores producciones lácteas reportadas. Sin embargo, aún entre países con nivel de tecnificación similar, se observan aumentos en las producciones lácteas reportadas en años diferentes. Esto implica que existe un avance genético y de

manejo que se ha dado y mantenido a lo largo del tiempo y que ha permitido mejorar la eficiencia de los animales, sobre todo en lugares tropicales que utilizan sistemas con animales híbridos.

Cuadro 3.a. Producción láctea por grupo racial y país de origen.

Grupo racial	Kg de leche	País	Autor
Holstein	2294.0 ^(L1)	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	2876.0 ^(L2)	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	6589.72	Brasil	Cerón-Muñoz <i>et al.</i> 2004
	5881.0	Colombia	Cerón-Muñoz <i>et al.</i> 2004
	4150.50 ^(L1)	Costa Rica	Naranjo 1983
	9099.01 ^(L2)	Costa Rica	Naranjo 1983
	6419.0	Costa Rica	González 1995
	5377.4	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	7731.5 ^(L1)	Estados Unidos	Stott y DeLorenzo 1988
	8019.4 ^(L2)	Estados Unidos	Stott y DeLorenzo 1988
	4249.0 ^(L1)	Estados Unidos	Touchberry 1992
	4337.0 ^(L2)	Estados Unidos	Touchberry 1992
	4800.0 ^(L1)	Inglaterra	Wood 1980
	5520.0 ^(L2)	Inglaterra	Wood 1980
	7246.1	Italia	Pirlo <i>et al.</i> 2000
3249.0	Mozambique	Alberro 1980	
3112.0	Nueva Zelanda	Ahlborn-Breier <i>et al.</i> 1991	
Rango promedio	2294 – 9099.01 5173.57		
¾ Holstein	2216.0 ^(L1)	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	2555.0 ^(L2)	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	4331.7	Brasil	Glória <i>et al.</i> 2006
	4106.0 ^(L1)	Estados Unidos	Touchberry 1992
	3750.0 ^(L2)	Estados Unidos	Touchberry 1992
	2632.0 ^(L1)	India	FAO 1987
	2758	El Salvador	FAO 1987
Rango promedio	2216.0 – 4331.7 3192.67		
½ Holstein	2136.0 ^(L1)	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	2460.0 ^(L2)	Brasil	Martínez <i>et al.</i> 1988
	3549.3	Brasil	Glória <i>et al.</i> 2006
	5463.6	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	5886.0	Dinamarca	Madsen 1975
	2031.0 ^(L1)	Etiopía	Alberro 1983
	3060.0	Kenia	King <i>et al.</i> 2006
	2548.0	Mozambique	Alberro 1980
	1176 ^(L1)	Nigeria	Buvanendran <i>et al.</i> 1981
	1359 ^(L2)	Nigeria	Buvanendran <i>et al.</i> 1981
	Rango promedio	1176 – 5886.0 2966.89	

Cuadro 3.b. PL por grupo racial y país de origen (Cont.).

Grupo racial	Kg de leche	País	Autor
½ Holstein x	4905.4	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
½ Jersey	3022.0	Nueva Zelanda	Ahlborn-Breier <i>et al</i> 1991
	2921.0	Nueva Zelanda	Ahlborn-Breier <i>et al</i> 1991
Jersey	2108.0	Costa Rica	Álvarez 1975
	1494.0	Costa Rica	Bejarano 1979
	4490.0	Costa Rica	González 1995
	3907.64	Costa Rica	Valerín 1997
	4371.7	Costa Rica	Cedeño y Vargas 2004
	3808.0	Dinamarca	Madsen 1975
	4800.2 ^(L1)	Estados Unidos	Stott y DeLorenzo 1988
	5191.1 ^(L2)	Estados Unidos	Stott y DeLorenzo 1988
	3390.0 ^(L1)	Inglaterra	Wood 1980
	3730 ^(L2)	Inglaterra	Wood 1980
Rango promedio	1494.0 – 5191.1		
	3729.06		
½ Jersey	1011.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	2221.0	Costa Rica	Álvarez 1975
	1913.0	Costa Rica	Bejarano 1979
	1873.0	Costa Rica	FAO 1987
	1459.0	Ghana	Aboagye 2002
	1514.0	Ghana	Aboagye 2002
	2420.0 ^(L1)	India	Puri y Sharma 1964
	2283.0 ^(L1)	India	FAO 1987
	2274.55 ^(L2)	India	Tiwari <i>et al.</i> 2008
Rango promedio	1011.0 – 2420.0		
	1885.39		

2.2 Duración de la Lactancia (DL)

La duración de la lactancia depende tanto de factores genéticos como del clima, el manejo y el nivel productivo.

Oltenacu *et al.* (1980) encontraron que la relación entre los días abiertos y la DL, medida a través de un coeficiente de regresión lineal, es mayor para novillas de primer parto que para vacas mayores, también, que la relación es mayor para vacas altas productoras que para las de baja producción durante la misma combinación de lactancia y época de empadre.

Freitas *et al.* (2001), analizando lactancias de vacas con diferentes proporciones de genes Holstein y Gir en Brasil, encontraron que las variables: región, edad y grupo racial también tuvieron un efecto significativo sobre la DL pero, los efectos lineales y cuadráticos de la EPP no fueron significativos sobre la DL.

El estrés productivo de la primera lactancia también afecta la DL de la segunda lactancia; pero, no de la primera, esto puede observarse en el cuadro 4 mediante aquellos datos reportados para los mismos animales tanto en la primera como en la segunda lactancias. En todos estos casos la DL disminuye de la primera lactancia a la segunda lactancia y esta tendencia se presenta en todos los grupos raciales.

Otro factor es el componente racial. Se observa en el cuadro 4 que aquellos animales Holstein o con componente Holstein son los que presentan duraciones de lactancia más extensas al compararlos con los animales Jersey o con componente Jersey. Parece ser que una posible explicación es que la raza Holstein es genéticamente mayor productora láctea que la raza Jersey, esto permite inferir que tal superioridad productiva se da tanto en la producción diaria como en la capacidad de producción a lo largo del tiempo, obteniendo lactancias más prolongadas.

Cuadro 4.a. Duración de la lactancia por grupo racial y país de origen.

Grupo racial	Días en lactancia	País	Autor
Holstein	365.0 ^(L1)	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1990
	315.0 ^(L2)	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1990
	329.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	321.0 ^(L1)	Estados Unidos	Schaeffer y Henderson 1971
	311.0 ^(L2)	Estados Unidos	Schaeffer y Henderson 1971
	323.3 ^(L1)	Estados Unidos	Oltenacu <i>et al.</i> 1980
	313.9 ^(L2)	Estados Unidos	Oltenacu <i>et al.</i> 1980
	312.2	Estados Unidos	Oltenacu <i>et al.</i> 1980
	323.3	Estados Unidos	Oltenacu <i>et al.</i> 1980
	304.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1996
	362.0	Etiopía	Tadesse y Tadelle 2003
	290.7	Ghana	Aboagye 2002
	332.1	Ghana	Aboagye 2002
	239.1	Ghana	Aboagye 2002
	310.0	India	McDowell 1985
	302.9 ^(L1)	México	Carvajal-Hernández <i>et al.</i> 2002
	299.3 ^(L2)	México	Carvajal-Hernández <i>et al.</i> 2002
330.0	Mozambique	Alberro 1980	
Rango promedio	239.1 – 365.0 315.77		
³ / ₄ Holstein	329.0 ^(L1)	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1990
	283.0 ^(L2)	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1990
	271.0	Brasil	Freitas <i>et al.</i> 2001
	272.0	Brasil	Freitas <i>et al.</i> 2001
	273.0	Brasil	Freitas <i>et al.</i> 2001
	328.2	Brasil	Glória <i>et al.</i> 2006
	301.0	Cuba	McDowell 1985
	289.0	Cuba	McDowell <i>et al.</i> 1996
	408.0	Etiopía	McDowell 1985
	378.0	Etiopía	McDowell 1985
	360.0	Etiopía	Tadesse y Tadelle 2003
	345.0	India	McDowell 1985
	276.0	Pakistán	McDowell <i>et al.</i> 1996
Rango promedio	271.0 – 408.0 316.4		

Cuadro 4.b. Duración de la lactancia por grupo racial y país de origen (Cont.).

Grupo racial	Días en lactancia	País	Autor
½ Holstein	305.0 ^(L1)	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1990
	252.0 ^(L2)	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1990
	265.0	Brasil	Freitas <i>et al.</i> 2001
	267.0	Brasil	Freitas <i>et al.</i> 2001
	269.0	Brasil	Freitas <i>et al.</i> 2001
	306.5	Brasil	Glória <i>et al.</i> 2006
	282.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	214.0	Cuba	McDowell 1985
	283.0	Etiopía	Alberro 1983
	356.0	Etiopía	McDowell 1985
	378.0	Etiopía	McDowell 1985
	326.0	Etiopía	Tadesse y Tadle 2003
	441.8	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	301.0	India	McDowell 1985
	351.0 ^(L1)	India	Dhara <i>et al.</i> 2006
	339.0 ^(L2)	India	Dhara <i>et al.</i> 2006
	296.0	Mozambique	Alberro 1980
275.0	Pakistán	McDowell <i>et al.</i> 1996	
327.0	Sri Lanka	McDowell 1985	
Rango promedio	214.0- 441.8 307.07		
Jersey	315.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	272.0 ^(L1)	Dinamarca	Guo <i>et al.</i> 2002
	267.0 ^(L2)	Dinamarca	Guo <i>et al.</i> 2002
	270.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1961
	282.0	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1996
	314.0	Ghana	Aboagye 2002
Rango promedio	267.0 – 315.0 286.67		
½ Jersey	189.0	Camerún	Bayemi <i>et al.</i> 2005
	256.0	Costa de Marfil	McDowell 1985
	288.0 ^(L1)	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1961
	285.0 ^(L2)	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1961
	334.0	Etiopía	McDowell 1985
	365.3	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	285.0	Ghana	Aboagye 2002
	117.0	Ghana	Aboagye 2002
	320.0	India	McDowell 1985
	359.0 ^(L1)	India	Dhara <i>et al.</i> 2006
	317.0 ^(L2)	India	Dhara <i>et al.</i> 2006
313.0	Sri Lanka	McDowell 1985	
Rango promedio	117.0 – 365.3 285.69		

3. Curva de lactancia

La curva de lactancia es un proceso biológico que puede ser explicado por medio de una función matemática, la cual es útil en el pronóstico de la producción total a partir de muestras parciales, planificación del hato con la ayuda de la predicción confiable de la producción y la selección a partir del conocimiento de las relaciones entre las diferentes partes de la curva. Pero es importante encontrar en cada sistema productivo, la función matemática que mejor describa la curva de lactancia de los animales. Para describir la producción de leche a través de la lactancia en animales domésticos, se han propuesto diversos modelos matemáticos, entre los cuales Quintero *et al.* (2007) citan los de Papajcsik y Bordero (1988), Sikka (1950), Brody (1923, 1924) y Wood (1967).

A pesar de que ha sido modificado en diversos estudios (Grossman *et al.* 1986), el modelo de Wood (descrito en 1967), continúa siendo una de las formas más sencillas para estimar la curva de lactancia. Si bien éste presenta algunas limitaciones, cuando las curvas son atípicas, o sea, curvas con más de un pico de producción láctea o bien, sin ninguno del todo; Wood lo ha corregido parcialmente, esto a través de un análisis Bayesiano que permite un mejor aprovechamiento de la información existente. No obstante, el análisis Bayesiano encuentra limitaciones con respecto a los requerimientos computacionales (Varona *et al.* 1998).

3.1 Parámetros de la curva

En el estudio de la curva de lactancia del presente trabajo, se utilizó el modelo de Wood (1967) con la siguiente ecuación:

$$y(n) = an^b e^{-cn}$$

Donde $y(n)$ es la producción de leche en la n -ésima semana de lactancia, a , b y c son parámetros positivos que describen la forma de la curva, n es la variable tiempo, a representa la producción inicial, b es la tasa de crecimiento hasta el pico y c es la tasa de decrecimiento después del mismo.

Los parámetros a , b y c en la ecuación deben de ser estimados, para poder estimar luego los valores de persistencia $S = c^{-(b+1)}$, semana para alcanzar la máxima producción (b/c) y producción máxima $y_{\max} = a(b/c)^b e^{-b}$.

En Costa Rica, el modelo de Wood ha sido utilizado previamente por Valerín (1997) en ganado Jersey, Mesén (1999) en ganado Holstein y por Cháves (2001) en un hato caprino, entre otros.

En el cuadro 5 se listan valores promedios para los parámetros de la curva de lactancia, por grupo racial, encontrados en la literatura.

Cuadro 5.a. Valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la curva de lactancia según grupo racial.

Raza	a	b	c	Fuente
Holstein	13.33	0.26	0.031	Batra <i>et al.</i> 1987
	31.6	0.212	0.00302	Ferris <i>et al.</i> 1985
	18.5	0.44	0.028	Kononoff <i>et al.</i> 2006
	2.39	0.0223	0.0041	Madalena <i>et al.</i> 1979
	14.571 ^(L1)	0.357 ^(L1)	0.036 ^(L1)	Mesén 1999
	18.461 ^(L2)	0.390 ^(L2)	0.043 ^(L2)	Mesén 1999
	16.95 ^(L1)	0.24 ^(L1)	0.024 ^(L1)	Shanks <i>et al.</i> 1981
	25.79 ^(L2)	0.26 ^(L2)	0.040 ^(L2)	Shanks <i>et al.</i> 1981
	13.46 ^(L1)	0.215 ^(L1)	0.0041 ^(L1)	Tekerli <i>et al.</i> 2000
	15.80 ^(L2)	0.211 ^(L2)	0.0046 ^(L2)	Tekerli <i>et al.</i> 2000
	3.53 ^(L1)	0.15 ^(L1)	0.03 ^(L1)	Wood 1969
	3.72 ^(L2)	0.21 ^(L2)	0.04 ^(L2)	Wood 1969
	3.39 ^(L1)	0.28 ^(L1)	0.036 ^(L1)	Wood 1970
	3.61 ^(L2)	0.34 ^(L2)	0.054 ^(L2)	Wood 1970
	Rango promedio	-	0.1939	0.0319
	2.39 – 25.79	0.0223 – 0.44	0.003-0.054	
	13.22	0.2521	0.0273	
¾ Holstein	2.43	0.0145	0.0025	Madalena <i>et al.</i> 1979
	7.49 ^(HC)	0.178 ^(HC)	0.366 ^(HC)	Osorio <i>et al.</i> 2005
promedio	4.96	0.0963	0.1843	
½ Holstein	2.55	0.0147	0.0030	Madalena <i>et al.</i> 1979
	24.50	0.01	0.0124	Oliveira <i>et al.</i> 2007
	6.70 ^(HS)	0.196 ^(HS)	0.364 ^(HS)	Osorio-Arce <i>et al.</i> 2005
	16.34 ^{bh-mb}	0.243 ^{bh-mb}	0.052 ^{bh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	18.51 ^{bmh-mb}	0.047 ^{bmh-mb}	0.021 ^{bmh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	13.07 ^{bmh-p}	0.141 ^{bmh-p}	0.036 ^{bmh-p}	Vargas y Ulloa 2008
Rango promedio	2.55 – 18.51	0.01 – 0.243	0.003 – 0.364	
	13.61	0.1086	0.0814	
½ Holstein x ½ Jersey	15.11 ^{bh-mb}	0.081 ^{bh-mb}	0.025 ^{bh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	19.76 ^{bh-p}	0.145 ^{bh-p}	0.041 ^{bh-p}	Vargas y Ulloa 2008
	12.42 ^{bh-t}	0.034 ^{bh-t}	0.028 ^{bh-t}	Vargas y Ulloa 2008
	17.94 ^{bmh-m}	0.062 ^{bmh-m}	0.025 ^{bmh-m}	Vargas y Ulloa 2008
	15.24 ^{bmh-mb}	0.088 ^{bmh-mb}	0.034 ^{bmh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	15.12 ^{bmh-p}	0.125 ^{bmh-p}	0.038 ^{bmh-p}	Vargas y Ulloa 2008
	Rango promedio	12.42 – 19.76	0.034 – 0.145	0.025 – 0.041
	15.93	0.0892	0.0318	

Nota: **L1:** Primera lactancia; **L2:** Segunda lactancia; **bh-mb:** Bosque húmedo montano bajo; **bh-p:** Bosque húmedo premontano; **bmh-m:** Bosque muy húmedo montano; **bmh-mb:** Bosque muy húmedo montano bajo; **bmh-p:** Bosque muy húmedo premontano; **bh-t:** Bosque húmedo tropical; **bmh-t:** Bosque muy húmedo tropical; **HC:** Holstein x Cebú; **HS:** Holstein x Sahiwal

Cuadro 5.b. Valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la curva de lactancia según grupo racial (*Cont.*).

Raza	a	b	c	Fuente
Jersey	5.13 ^(L1)	0.15 ^(L1)	0.02 ^(L1)	Collins –Lusweti 1991
	5.54 ^(L2)	0.18 ^(L2)	-0.04 ^(L2)	Collins –Lusweti 1991
	13.9712	0.004	0.001	Orman <i>et al.</i> 1998
	11.6680 ^(L1)	0.2784 ^(L1)	0.0336 ^(L1)	Valerín 1997
	14.5392 ^(L2)	0.2918 ^(L2)	0.0371 ^(L2)	Valerín 1997
	15.49 ^{bh-mb}	0.092 ^{bh-mb}	0.031 ^{bh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	16.29 ^{bh-p}	0.110 ^{bh-p}	0.033 ^{bh-p}	Vargas y Ulloa 2008
	14.23 ^{bmh-m}	0.123 ^{bmh-m}	0.037 ^{bmh-m}	Vargas y Ulloa 2008
	14.95 ^{bmh-mb}	0.107 ^{bmh-mb}	0.035 ^{bmh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	14.73 ^{bmh-p}	0.077 ^{bmh-p}	0.030 ^{bmh-p}	Vargas y Ulloa 2008
-	0.1405	0.0278	Wood 1980	
Rango promedio	5.13 – 16.29 12.65	0.0004 – 0.29 0.1412	-0.04 – 0.037 0.0223	
½ Jersey	11.75 ^{bh-t}	0.081 ^{bh-t}	0.030 ^{bh-t}	Vargas y Ulloa 2008
	13.38 ^{bmh-mb}	0.094 ^{bmh-mb}	0.020 ^{bmh-mb}	Vargas y Ulloa 2008
	13.19 ^{bmh-p}	0.132 ^{bmh-p}	0.042 ^{bmh-p}	Vargas y Ulloa 2008
	13.49 ^{bmh-t}	0.113 ^{bmh-t}	0.038 ^{bmh-t}	Vargas y Ulloa 2008
Rango promedio	11.75 – 13.49 12.9525	0.081 – 0.132 0.105	0.020 – 0.042 0.0325	

Nota: L1: Primera lactancia; L2: Segunda lactancia; **bh-mb**: Bosque húmedo montano bajo; **bh-p**: Bosque húmedo premontano; **bmh-m**: Bosque muy húmedo montano; **bmh-mb**: Bosque muy húmedo montano bajo; **bmh-p**: Bosque muy húmedo premontano; **bh-t**: Bosque húmedo tropical; **bmh-t**: Bosque muy húmedo tropical; **HC**: Holstein x Cebú; **HS**: Holstein x Sahiwal

a.- Máxima producción

Este parámetro se refiere a la máxima producción láctea que alcanza la vaca a lo largo de cada lactancia. Después de lograr tal producción esta declina en forma gradual hasta que el animal entra en el período de secado, aproximadamente alrededor del décimo mes de lactancia. Esta producción pico, generalmente ocurre 40-70 días pos-parto y se encuentra altamente correlacionada con la producción total pudiendo explicar más del 95% de la variabilidad en la producción total (Udomprasert *et al.* 1991).

En el cuadro 6 se presentan las producciones máximas para cada grupo racial. Debido a la alta productividad láctea que tiene la raza Holstein,

nuevamente ésta y sus cruces son los que mayor producción presentan, exceptuando al grupo $\frac{3}{4}$ Holstein; sin embargo, el número reducido de fuentes de información para este último grupo afecta el promedio mostrado en el cuadro 6. El grupo racial $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Jersey se ve favorecido por el componente racial Holstein en su producción láctea, lo cual se nota al compararlo con el grupo $\frac{1}{2}$ Jersey que tiene producciones máximas menores.

Cuadro 6.a. Producción máxima promedio según grupo racial.

Raza	Kg	País	Fuente
Holstein	23	Canadá	Batra <i>et al.</i> 1987
	22.45 ^(L1)	Costa Rica	Mesén 1999
	28.42 ^(L2)	Costa Rica	Mesén 1999
	24 ^(L1)	Estados Unidos	Shanks <i>et al.</i> 1981
	33 ^(L2)	Estados Unidos	Shanks <i>et al.</i> 1981
	26.3	Estados Unidos	Ferris <i>et al.</i> 1985
	36.2	Estados Unidos	Kononoff <i>et al.</i> 2006
	23.7 ^(L1)	México	García-Muñiz <i>et al.</i> 2007
	28.4 ^(L2)	México	García-Muñiz <i>et al.</i> 2007
	20.1 ^(1v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
	26.2 ^(2v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
	26.6 ^(L1)	Turquía	Tekerli <i>et al.</i> 2000
	30.3 ^(L2)	Turquía	Tekerli <i>et al.</i> 2000
Rango promedio	22.45–36.2 26.82		
$\frac{3}{4}$ Holstein promedio	11.48	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1979
	11.89 ^(HC)	México	Osorio <i>et al.</i> 2005
Rango promedio	11.69		
$\frac{1}{2}$ Holstein	24.22	Brasil	Oliveira <i>et al.</i> 2007
	36.0 ^{bh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	20.8 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	20.1 ^{bmh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	15.9 ^{bmh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	4.5	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	11.01 ^(HS)	México	Osorio-Arce <i>et al.</i> 2005
Rango promedio	4.5 – 36.0 18.93		

Nota: L1: Primera lactancia; L2: Segunda lactancia; 1v/d: 1 ordeño al día; 2v/d: 2 ordeños al día
bh-mb: Bosque húmedo montano bajo; **bh-p:** Bosque húmedo premontano; **bmh-m:** Bosque muy húmedo montano; **bmh-mb:** Bosque muy húmedo montano bajo; **bmh-p:** Bosque muy húmedo premontano; **bh-t:** Bosque húmedo tropical; **bmh-t:** Bosque muy húmedo tropical; **bp-mb:** Bosque pluvial montano bajo; **HC:** Holstein x Cebú; **HS:** Holstein x Sahiwal

Cuadro 6.b. Producción máxima promedio según grupo racial (*Cont.*).

Raza	Kg	País	Fuente
½ Holstein x	19.8 ^{bmh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
½ Jersey	25.6 ^{bp-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	19.1 ^{bh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	30.5 ^{bh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	13.3 ^{bh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	21.1 ^{bmh-m}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	19.3 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
Rango promedio	24.09	Estados Unidos	Giesy <i>et al.</i> 2007
	13.3 – 30.5		
	21.60		
Jersey	15.66 ^(L1)	Costa Rica	Valerín 1997
	19.31 ^(L2)	Costa Rica	Valerín 1997
	20.1 ^(bh-mb)	Costa Rica	Vargas y Ulloa (2008)
	22.5 ^(bh-p)	Costa Rica	Vargas y Ulloa (2008)
	11.3 ^(bh-t)	Costa Rica	Vargas y Ulloa (2008)
	20.4 ^(bmh-m)	Costa Rica	Vargas y Ulloa (2008)
	20.3 ^(bmh-mb)	Costa Rica	Vargas y Ulloa (2008)
	18.1 ^(bmh-p)	Costa Rica	Vargas y Ulloa (2008)
	18.7	Estados Unidos	Slama <i>et al.</i> 1976
	15.8 ^(L1)	Estados Unidos	Schutz <i>et al.</i> 1990
	19.3 ^(L2)	Estados Unidos	Schutz <i>et al.</i> 1990
	14.8 ^(1v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
	17.8 ^(2v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
Rango promedio	11.3–22.5		
	18.01		
½ Jersey	14.6 ^{bh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	18.2 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	19.3 ^{bmh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	18.5 ^{bmh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	4.0	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	11.14 ^(L2)	India	Tiwari <i>et al.</i> 2008
	11.59 ^(L2)	India	Tiwari <i>et al.</i> 2008
Rango promedio	4.0-19.3		
	13.90		

Nota: L1: Primera lactancia; L2: Segunda lactancia; 1v/d: 1 ordeño al día; 2v/d: 2 ordeños al día
bh-mb: Bosque húmedo montano bajo; **bh-p:** Bosque húmedo premontano; **bmh-m:** Bosque muy húmedo montano; **bmh-mb:** Bosque muy húmedo montano bajo; **bmh-p:** Bosque muy húmedo premontano; **bh-t:** Bosque húmedo tropical; **bmh-t:** Bosque muy húmedo tropical; **bp-mb:** Bosque pluvial montano bajo; **HC:** Holstein x Cebú; **HS:** Holstein x Sahiwal

b.- Tiempo para alcanzar la máxima producción láctea

En términos generales, el tiempo que le toma a la vaca lechera el alcanzar su pico de producción láctea muestra un rango de 3.8 a 11.16 semanas después del parto, según la literatura consultada (Cuadro 7).

Debe tenerse presente que el tiempo que dure el animal en alcanzar la producción máxima dependerá de varios factores. Entre los que más inciden se encuentran la alimentación y el tiempo de secado entre lactancias. Una alimentación adecuada proveerá al animal de reservas y recursos energéticos óptimos que le permiten hacer frente al reto próximo de producción. En lo que respecta al manejo, un período de secado de aproximadamente dos meses dará tiempo suficiente de descanso a la glándula mamaria para regenerarse.

Sin embargo, según Gaunya y Eaton (1953) la acumulación de leche en la ubre en el período pre-parto puede generar un edema que provocaría un estrés en el tejido mamario que repercutiría negativamente en la producción. Es por esto que existe la práctica de realizar ordeños antes del parto para aliviar este edema en la ubre. Los mismos autores señalan que no existe un impacto económico negativo en esta práctica y se informa de varios experimentos que aseguran que la producción láctea se aumenta al provocar que el animal alcance su máxima producción más temprano.

En un estudio realizado para medir el efecto de este ordeño pre-parto sobre el tiempo para alcanzar la producción máxima, los mismos autores encontraron que no existió una diferencia significativa entre los grupos ordeñados pre-parto y los ordeñados post-parto en la lactancia inmediata. No obstante, sí descubrieron una diferencia significativa cuando se comparó las lactancias con ordeño pre-parto y las lactancias anteriores o siguientes sin este ordeño, para los mismos animales. Las diferencias fueron de hasta 8.9 días menos para alcanzar el pico de

producción. Ellos hacen la observación de que la disminución en los días al pico es bastante similar al promedio de días que se realiza el ordeño pre-parto.

En el cuadro 7 se presentan los promedios de tiempo para alcanzar la máxima producción láctea para cada grupo racial. Aunque los rangos varían bastante entre cada grupo racial, los promedios sí son similares entre sí. Esto parece indicar que la tendencia de las razas puras se mantiene incluso en animales híbridos. Además, aquellos valores reportados que resultan mayores al promedio racial, no parecen tener una tendencia definida ni se presentan en todos los grupos raciales, por lo que parecen ser casos esporádicos.

Cuadro 7.a. Tiempo para alcanzar la máxima producción láctea según grupo racial.

Raza	Semanas	País	Fuente
Holstein	8	Canadá	Batra <i>et al.</i> 1987
	9.60 ^(L1)	Costa Rica	Mesén 1999
	8.56 ^(L2)	Costa Rica	Mesén 1999
	8.03 ^(L1)	Costa Rica	Molina y Boschini 1979
	7.96 ^(L2)	Costa Rica	Molina y Boschini 1979
	9.87	Estados Unidos	Ferris <i>et al.</i> 1985
	19.9	Estados Unidos	Kononoff <i>et al.</i> 2006
	11.16 ^(L1)	México	García-Muñiz <i>et al.</i> 2007
	9.51 ^(L2)	México	García-Muñiz <i>et al.</i> 2007
	4.43 ^(1v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
	5.29 ^(2v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
	6.43 ^(L1)	Turquía	Tekerli <i>et al.</i> 2000
	6.63 ^(L2)	Turquía	Tekerli <i>et al.</i> 2000
Rango promedio	4.43 – 19.9 8.87		
¾ Holstein promedio	5.8	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1979
	7.41	México	Osorio <i>et al.</i> 2005
promedio	6.61		

Nota: L1: Primera lactancia; L2: Segunda lactancia; 1v/d: 1 ordeño al día; 2v/d: 2 ordeños al día
bh-mb: Bosque húmedo montano bajo; **bh-p:** Bosque húmedo premontano; **bmh-m:** Bosque muy húmedo montano; **bmh-mb:** Bosque muy húmedo montano bajo; **bmh-p:** Bosque muy húmedo premontano; **bh-t:** Bosque húmedo tropical; **bmh-t:** Bosque muy húmedo tropical; **bp-mb:** Bosque pluvial montano bajo

Cuadro 7.b. Tiempo para alcanzar la máxima producción láctea según grupo racial (*Cont.*)

Raza	Semanas	País	Fuente
½ Holstein	10.13 ^{bh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	4.83 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	8.37 ^{bmh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	10.9 ^{bh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	3.9	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	5	México	Segura y Osorio 2002
	8.76	México	Osorio <i>et al.</i> 2005
Rango promedio	3.9 – 10.9 7.41		
½ Holstein x ½ Jersey	7.03 ^{bh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	7.74 ^{bh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	2.64 ^{bh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	5.46 ^{bmh-m}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	5.71 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	7.1 ^{bmh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
Rango promedio	2.64 – 9.04 6.39		
Jersey	7.71	Costa Rica	Soto 1978
	4.29	Costa Rica	Aguirre 1987
	8.1 ^(L1)	Costa Rica	Valerín 1997
	7.3 ^(L2)	Costa Rica	Valerín 1997
	5.00 ^(L1)	Estados Unidos	Schutz <i>et al.</i> 1990
	3.71 ^(L2)	Estados Unidos	Schutz <i>et al.</i> 1990
	4.00 ^(1v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006
5.14 ^(2v/d)	Nueva Zelanda	Hickson <i>et al.</i> 2006	
Rango promedio	3.71 – 8.1 5.66		
½ Jersey	6.79 ^{bmh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	5.8 ^{bh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	10.37 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	6.41 ^{bmh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	3.8	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	10.79	India	Tiwari <i>et al.</i> 2008
Rango promedio	3.8 – 10.79 7.33		

Nota: L1: Primera lactancia; L2: Segunda lactancia; 1v/d: 1 ordeño al día; 2v/d: 2 ordeños al día
bh-mb: Bosque húmedo montano bajo; **bh-p:** Bosque húmedo premontano; **bmh-m:** Bosque muy húmedo montano; **bmh-mb:** Bosque muy húmedo montano bajo; **bmh-p:** Bosque muy húmedo premontano; **bh-t:** Bosque húmedo tropical; **bmh-t:** Bosque muy húmedo tropical; **bp-mb:** Bosque pluvial montano bajo

c.- Persistencia

Según Fadlemoula *et al.* (2007), la persistencia se define como la pendiente del descenso en la curva de lactancia. Hickson *et al.* (2006) amplían la definición al utilizarla como una medida de la tasa a la cual la producción láctea declina después del pico, pudiendo ser cuantificada usando varias unidades de medida, según el modelo empleado para estimarla (citan como ejemplos de modelos el de Turner (1925), el sistema Canadiense (2000) y el de Kamidi (2005)). Sin embargo, el modelo que se usará en el presente trabajo, es el de Wood (1967), el cual especifica que la persistencia se obtiene por medio de dos de los tres parámetros que definen la curva de lactancia, **b** y **c**; pero, que no es una función del tiempo y que para interpretarla se utilizan “unidades de persistencia”.

Según Cole y VanRaden (2006), aquellas vacas con alta persistencia tienden a producir menos kilos de leche al inicio de la lactancia de lo esperado y más kilos de lo esperado al final. También informan que la correlación fenotípica entre la persistencia y la producción láctea es muy baja (0.03) e igual sucede con la correlación genética (0.05). Los mismos autores señalan la importancia del uso del valor de la persistencia como una herramienta para aumentar el grado de exactitud en la evaluación de toros.

Según Fadlemoula *et al.* (2007), la persistencia y el pico de producción son las únicas variables de la curva de lactancia que son influenciadas por varios factores, aunque la forma de la curva permanece sustancialmente inalterada. Los autores encontraron que entre los factores señalados destacan el número de

lactancia, siendo que la primera lactancia tuvo una persistencia mayor y significativamente diferente ($P < 0.05$) a las lactancias subsecuentes las cuales fueron similares en la persistencia promedio ($P < 0.05$).

En el cuadro 8 se presentan valores promedios de persistencia según la literatura consultada para cada grupo racial y por país de origen. Es importante resaltar que la disminución en la persistencia, mencionada anteriormente, entre la primera lactancia y las siguientes lactancias se puede observar en aquellos casos en los cuales los autores citados, reportan las persistencias de las dos primeras lactancias consecutivas en la vida del animal.

Cuadro 8. Persistencia promedio de la producción láctea máxima según grupo racial.

Raza	Persistencia*	País	Fuente
Holstein	4.43	Canadá	Batra <i>et al.</i> 1987
	109.77 ^(L1)	Costa Rica	Mesén 1999
	89.81 ^(L2)	Costa Rica	Mesén 1999
	61.03 ^(L1)	Costa Rica	Molina y Boschini 1979
	59.50 ^(L2)	Costa Rica	Molina y Boschini 1979
	142 ^(L1)	Estados Unidos	Shanks <i>et al.</i> 1981
	71 ^(L2)	Estados Unidos	Shanks <i>et al.</i> 1981
	5.35	Estados Unidos	Kononoff <i>et al.</i> 2006
	73.5	Ghana	Aboagye 2002
	4.21 ^(L1)	Inglaterra	Wood 1970
	3.96 ^(L2)	Inglaterra	Wood 1970
	62.6 ^(L1)	México	García-Muñiz <i>et al.</i> 2007
	50.1 ^(L2)	México	García-Muñiz <i>et al.</i> 2007
	6.85 ^(L1)	Turquía	Tekerli <i>et al.</i> 2000
	6.63 ^(L2)	Turquía	Tekerli <i>et al.</i> 2000
	5.08 ^(L1)	Zimbabwe	Collins-Lusweti 1991
4.08 ^(L2)	Zimbabwe	Collins-Lusweti 1991	
¾ Holstein	6.08	Brasil	Madalena <i>et al.</i> 1979
	67.8 ^(≥2)	Chile	González <i>et al.</i> 2002
	67.5 ^(≥4)	Chile	González <i>et al.</i> 2002
	80 ^(H-APS)	Estados Unidos	McDowell y McDaniel 1967
	77.2	Estados Unidos	Brandt <i>et al.</i> 1974
	6.76 ^(HC)	México	Osorio <i>et al.</i> 2005

Nota: * Aquellos valores menores a 10.0 fueron estimados utilizando la ecuación: $-(b + 1)Inc$; **L1:** Primera lactancia; **L2:** Segunda lactancia; **HA:** Holstein x Ayrshire; **HPS:** Holstein x Pardo Suizo; **HC:** Holstein x Cebú; **HS:** Holstein x Sahiwal; **≥2:** Vacas de 2 ó más años de edad; **≥4:** Vacas de 4 ó más años de edad; **HNZ:** Holstein Neocelandés; **HA:** Holstein Americano.

Cuadro 8.b. Persistencia promedio de la producción láctea máxima según grupo racial (Cont.).

Raza	Persistencia*	País	Fuente
½ Holstein	66.3 ^(HNZ)	Chile	González <i>et al.</i> 2002
	64.7 ^(HA)	Chile	González <i>et al.</i> 2002
	74 ^(HA)	Estados Unidos	McDowell y McDaniel 1967
	82 ^(HPS)	Estados Unidos	McDowell y McDaniel 1967
	80.8	Estados Unidos	Hollon <i>et al.</i> 1968
	73.2 ^(HPS)	Estados Unidos	Brandt <i>et al.</i> 1974
	87.2	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
6.93 ^(HS)	México	Osorio <i>et al.</i> 2005	
½ Holstein x	53.94 ^{bn-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
½ Jersey	38.76 ^{bh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	40.33 ^{bh-t}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	50.28 ^{bmh-m}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	39.61 ^{bmh-mb}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
	39.60 ^{bmh-p}	Costa Rica	Vargas y Ulloa 2008
½ Jersey	73.6 ^(L1)	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1960
	59.2 ^(L1)	Estados Unidos	McDowell <i>et al.</i> 1960
	82.0	Gambia	Diack <i>et al.</i> 2005
	30	India	Tiwari <i>et al.</i> 2008

Nota: * Aquellos valores menores a 10.0 fueron estimados utilizando la ecuación: $-(b + 1)lnc$; **L1:** Primera lactancia; **L2:** Segunda lactancia; **HA:** Holstein x Ayrshire; **HPS:** Holstein x Pardo Suizo; **HC:** Holstein x Cebú; **HS:** Holstein x Sahiwal; **≥2:** Vacas de 2 ó más años de edad; **≥4:** Vacas de 4 ó más años de edad; **HNZ:** Holstein Neocelandés; **HA:** Holstein Americano.

Debido a que la curva de lactancia es sencillamente una expresión gráfica de un comportamiento biológico del animal, es imposible pretender que no haya factores biológicos que la afecten a su vez. Dentro de éstos, cabe mencionar dos muy importantes: genotipo y ambiente.

En la literatura se reportan estimaciones de heredabilidad genética del orden de 0.15 a 0.23 para producción máxima, de 0.2 a 0.18 para semanas al pico, y de 0.20 a 0.21 para persistencia, con promedios de 0.21, 0.09 y 0.10 respectivamente (Mesén 1999).

En cuanto a elementos ambientales se refiere, varios autores tales como Wood (1968, 1979), Yañez (1987) y Zamorano (1986) bajo condiciones diferentes (clima templado o tropical), coinciden en que el efecto más importante sobre el comportamiento de la curva de lactancia es el número de parto.

Lo anterior se basa en que a medida que el animal madura, hay un incremento significativo en la producción total de leche, lo que implica un impacto en el pico de producción y la persistencia. Tal efecto presenta su máximo en la tercera y cuarta lactancias.

Si bien se deben tener presentes cada uno de los factores anteriormente descritos, no se les puede independizar entre sí. Se ha reportado que los ciclos estruales (actividad hormonal), la edad y el peso corporal están interrelacionados de tal manera que es difícil identificar los factores más importantes que afectan la producción láctea (Gardner *et al* 1977).

Además, se debe ser cuidadoso de no sugerir que al incrementar la tasa de crecimiento o al disminuir la EPP se modificará la curva de lactancia por un posible incremento en la productividad de la vaca en los siguientes años, porque los resultados de los estudios en esta área han sido inconsistentes (Heinrichs y Hargrove 1994).

Otra limitante es que los rangos, tanto de indicadores reproductivos como de productivos en la literatura consultada, son distintos entre los países de origen de la información así como entre las razas. Incluso entre zonas con clima similar, la información no siempre es consistente lo que dificulta establecer programas de crianza y manejo adecuados según el grupo racial.

Otro aspecto a considerar es la limitada información que hay para los grupos raciales encastados. La mayoría de los países que cuentan con recursos

económicos y científicos para realizar investigaciones, se enfocan en los grupos raciales puros por ser éstos, los principalmente utilizados en sus sistemas productivos. Mientras que en los países en vías de desarrollo, como Costa Rica, es frecuente el uso de grupos raciales encastados en los sistemas lecheros, pero, como los recursos que se destinan para la investigación son muy limitados, no se genera suficiente información y no se cuenta con datos actualizados.

Por lo tanto, deben realizarse investigaciones que contribuyan a ampliar y a actualizar las referencias del desempeño de las razas puras y de los grupos raciales encastados en el trópico. Además, al generar tal información se podrán tomar decisiones de manejo más acordes con la realidad y condiciones bajo las cuales se opere, lo cual contribuirá a una mayor eficiencia productiva que permitirá disminuir consecuentemente los costos de operación de los sistemas lecheros en el trópico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones climáticas y manejo de lechería en la zona de estudio

La zona de San Carlos, con ubicación geográfica 10°18 N; 84°25 O; 700 m.s.n.m. y con influencia Atlántica, presenta un clima tropical lluvioso con 3 a 4 meses relativamente secos (de enero a abril), con precipitaciones de 4000-6000 mm anuales y una temperatura que oscila entre 14-28 grados centígrados (Instituto Meteorológico Nacional 2006), siendo los suelos predominantes de tipo andisol, alfisol e inceptisol (Bertsch 1998).

Las fincas ganaderas de la zona usan un alto grado de tecnificación, por lo que se les denomina lecherías especializadas. La raza de ganado más usada es la Holstein; pero, es posible encontrar hatos Jersey o con cruces raciales de ambas en diferentes proporciones. La alimentación se basa principalmente en el uso de forrajes mejorados y la implementación de alimentos balanceados; además, del uso de sub-productos agroindustriales.

Los animales de reemplazo generalmente se crían dentro de la misma finca, por períodos de aproximadamente 8 meses en semi-estabulación para luego pasar a un pastoreo completo. La mayoría de las fincas utilizan tecnología de inseminación artificial, dado que ésta ha tenido una rápida y amplia difusión, tanto en la zona como en el país (particularmente en el caso de las lecherías especializadas). El proceso de inseminación puede ser efectuado por personal capacitado de la propia finca o por personal que se contrate.

Debido a que las fincas en estudio están asociadas a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos las condiciones en instalaciones y el manejo básico de las fincas está bastante estandarizado. De este modo, las vacas en producción son ordeñadas dos veces al día, la leche es extraída por medio de sistemas de ordeño automáticos, cada finca cuenta con un tanque de enfriamiento como mínimo y la leche es recolectada por el camión de la cooperativa, por lo general, cada 2-3 días.

Origen de la información

La información analizada se obtuvo de los archivos productivos y reproductivos de hatos lecheros de productores asociados a la Cooperativa de Productores de Leche R.L. (Dos Pinos) de la Zona Norte del país; contenidos en la base de datos del programa VAMPP.

VARIABLES ANALIZADAS

a.- Características reproductivas: edad a primer parto (EPP en años) e intervalo entre partos (IEP en meses). Estas variables se consideraron de interés especial puesto que son representativas de la eficiencia reproductiva de los animales.

b.- Características productivas: Producción Láctea Total (kg.), Longitud de la Lactancia (días), Producción Corregida a 305 días (kg.), Días al Pico de Producción, Producción en el Día Pico (kg.) y Persistencia.

Archivos y edición de la información

Se utilizaron dos archivos diferentes. El primero incluyó las mediciones de producción láctea de cada vaca durante la primera y la segunda lactancias. Este archivo contenía alrededor de 127.500 mediciones. En el segundo archivo, la información tanto productiva como reproductiva de aproximadamente 4500 vacas con lactancias completas con un máximo de 800 días o en progreso con un mínimo de 24 días. Solamente se tomaron en cuenta las lactancias con un mínimo de cinco mediciones a lo largo de la lactancia.

Para el análisis de las variables que afectan la duración de la lactancia solamente se utilizaron los registros de aquellos animales que presentaran registros completos de la edad al primer y segundo partos y de la longitud de la lactancia tanto de la primera como de la segunda. Este archivo incluyó 3873 observaciones.

Para la caracterización de las curvas de lactancia en los grupos raciales puros se utilizaron sólo aquellos animales cuya regresión presentó un $R^2 \geq 0,70$. Mientras que en los grupos raciales restantes, debido a la menor cantidad de observaciones, un $R^2 \geq 0,60$. De esta forma se generó un archivo que contenía un total de 5167 observaciones, de las cuales 2149 eran de primera lactancia y 3018 de segunda lactancia.

Para analizar el efecto de la edad al parto sobre el tiempo al pico de producción, la producción máxima y la persistencia solamente se emplearon los animales que tuvieran estimados los parámetros de la curva en ambas lactancias

y registros de la edad al parto, simultáneamente, de esta forma, se creó un archivo que contenía un total de 975 observaciones.

Análisis estadístico de la información

Los análisis se realizaron para cada grupo racial por separado: Holstein y sus cruzas, Jersey y sus cruzas y el cruce Holstein-Jersey.

Se definieron como animales Holstein y Jersey puros aquellos con más de 75% de componente Holstein o Jersey, respectivamente. Luego de realizar un análisis de varianza entre los grupos Jersey y $\frac{3}{4}$ Jersey y determinar que no había diferencias significativas entre éstos, se incluyeron los registros del grupo $\frac{3}{4}$ Jersey dentro de los de Jersey puros y se analizaron conjuntamente.

Los animales media raza, son aquellos cuyo registro describía como animales 50% raza Holstein ó 50% Jersey con cualesquiera otros grupos raciales siempre que no fueran Jersey o Holstein, respectivamente. Aquellos que tuvieran componente Holstein y Jersey en iguales proporciones se clasificaron dentro del grupo racial: $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Jersey.

El grupo racial $\frac{3}{4}$ Holstein corresponde a animales 75% Holstein sin importar la composición del 25% restante.

Para determinar el efecto del grupo racial, de la edad al parto y de su interacción sobre la producción corregida a 305 días en primera y en la segunda lactancias, se utilizó el modelo que se describe a continuación:

$$y_{ijk} = \mu + R_i + E_j + (R \times E)_{ij} + e_{ijk} \quad \text{Modelo 1}$$

Donde:

y_{ijk} = producción láctea corregida a 305 días, de la k-ésima vaca.

μ = efecto común a todas las observaciones.

R_i = efecto del i-ésimo grupo racial.

E_j = efecto de la j-ésima edad al parto.

$(R \times E)_{ij}$ = efecto de interacción entre el i-ésimo grupo racial y la j-ésima edad al parto.

e_{ijk} = error experimental.

En el análisis de la longitud de la primera y de la segunda lactancias se utilizó el Modelo 1.

El primer intervalo entre partos fue analizado utilizando el siguiente el modelo:

$$y_{ijk} = \mu + R_i + E_j + (R \times E)_{ij} + \beta_{1(i)} D_{ijk} + e_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = el primer intervalo entre partos de la k-ésima vaca.

μ = efecto común a todas las observaciones.

R_i = efecto del i-ésimo grupo racial.

E_j = efecto de la j-ésima edad al primer parto.

$(R \times E)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo grupo racial y la j-ésima edad al primer parto.

$\beta_{1(i)}$ = coeficiente de regresión lineal dentro del i-ésimo grupo racial.

D_k = longitud de la primera lactancia de la k-ésima vaca.

E_{ijk} = error experimental.

Para la comparación de promedios entre grupos raciales y entre grupos etarios se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan con $P < 0.05$.

Para la caracterización y análisis de las curvas de producción se usó la ecuación de Wood (1967):

$$y(n) = an^b e^{-cn}$$

Los parámetros **a**, **b** y **c** fueron estimados luego de una transformación logarítmica de la ecuación original:

$$\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(n) - cn$$

donde $\ln(a)$, **b** y **c** se obtienen por técnicas de regresión lineal, usando el procedimiento PROC GLM de SAS (2003). Posteriormente, dichos valores fueron utilizados para predecir la persistencia ($c^{-(b+1)}$), la semana en que se alcanza el pico de producción láctea (b/c) y la producción máxima ($a \cdot (b/c)^b \cdot e^{-b}$). Para el análisis de las semanas para alcanzar el pico de producción láctea, la producción máxima y la persistencia se empleó el modelo 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la edad al parto sobre la P305-d* en primera y segunda lactancia en ganado Holstein

Ettema y Santos (2004) recomiendan que para maximizar el desempeño lechero y reducir los costos de crianza, la EPP promedio en Holstein es de ≤ 24 meses con un peso corporal ≥ 560 kg después del parto. Sin embargo, la mayoría de las fincas en Costa Rica no logran alcanzar tales parámetros.

La edad promedio en Holstein para el primer parto es de 29.82 meses (Cuadro 9) alcanzando producciones corregidas a 305 días de 5286.13 kg. Estos valores son menores a los reportados por Ettema y Santos (2004) en California para vacas primerizas Holstein con la EPP > 24.6 meses cuya producción promedio fue de 10757 (± 74) kg ($P < 0.01$) a 310 días de lactancia. Pirlo *et al.* (2000) en Italia, reportan producciones a 305 días de 7246,1 (± 1628.5) kg a edades a primer parto promedio de 28.12 meses. En regiones tropicales, los valores sí resultan similares a los del cuadro 9: en el caso de García-Muñiz *et al.* (2007) en Jalisco, México, la producción láctea a 305 días es en promedio de 5773,5 (± 211.5) kg. Otra investigación realizada en el estado de Yucatán en México por Carvajal-Hernández *et al.* (2002), reporta producciones a 305 días de 2280 kg en el primer parto.

Lo anterior, permite afirmar que aquellas producciones que se manejan en zonas con clima templado permiten una EPP más temprana con producciones

* P305-d: Producción láctea corregida a 305 días

lácteas mayores a aquellas desarrolladas en climas tropicales. Aunque los valores de producción láctea para ganado Holstein obtenidos para la zona norte de Costa Rica son inferiores al promedio de la literatura consultada, están dentro del rango del cuadro 3.

Cuadro 9. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado Holstein

Variable	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs	Media	DE	N°Obs.	Media	DE
Edad al parto (meses)	1792	29,82	7,12	1792	43,84	8,10
DL (días)	1671	323,74	89,59	1761	306,38	101,16
P305-d (kg)	1451	5286,13	1583,89	1435	6309,07	1942,77

DE: Desviación estándar; **DL:** Duración de la lactancia; **P305-d:** Producción corregida a 305 días.

Aunque el promedio de la EPP en la raza Holstein de la zona norte de Costa Rica se encuentra en 29.82 meses, es importante analizar el comportamiento productivo que presentan aquellos animales que se sitúan fuera del promedio. En el cuadro 10 se observa que aquellas novillas con la EPP menor a los 2 años poseen la mayor producción, 211.73 kg de más en promedio con respecto a la categoría de 2 a 3 años (rango de la zona). Esta diferencia puede atribuirse a varios factores, tales como el clima, condiciones de crianza, genética, nutrición y manejo que tiendan a un sistema productivo intensivo que permiten compensar las condiciones exógenas adversas al animal. Debido a que tal contexto parece no ser representativo de la realidad de la zona, es posible que tales animales provengan de fincas que se encuentran en capacidad de dar condiciones superiores al promedio de la región. Sin embargo, al analizar las diferencias entre las producciones en los grupos con las EPP menores a los 2 años y de 2 a 3 años éstas no resultan significativamente diferentes entre sí (P

>0.05). Pero el grupo con la EPP de 3 a 4 años sí presenta diferencias altamente significativas respecto a los otros dos ($P < 0.01$).

Cuadro 10. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado Holstein

Nivel por edad (años)	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 2	244	5560,45 ^A	1564,30	236	6908,50 ^A	1873,97
2 a 3	1060	5348,73 ^A	1553,89	1049	6339,10 ^B	1883,35
3 a 4	102	4674,92 ^B	1521,57	104	5463,32 ^C	1929,37

Nota: Producciones lácteas con letra diferente dentro de cada lactancia tienen diferencia significativa entre sí.

No obstante que la producción promedio difiere entre zonas climáticas diferentes (templada vrs. tropical), la proporcionalidad de la misma a través de las diferentes edades a primer parto debería mantenerse. De este modo, según lo reportan Ettema y Santos (2004) animales con la EPP ~23 meses produjeron 10354 (± 71) kg a 310 días de lactancia; aquellos con la EPP de 23 a 24.5 meses produjeron 10664 (± 56) kg y con la EPP >24.5 meses, 10757 (± 74) kg. Pero, parece que esta tendencia no se cumple en la zona norte de Costa Rica.

La P305-d en la primera lactancia se ve favorecida a una EPP menor a los 2 años, la cual provoca un efecto residual sobre la P305-d de la segunda lactancia. De acuerdo con el cuadro 10, aquellas novillas con la menor EPP vuelven a tener una mayor P305-d en la segunda lactancia, notándose diferencias de 569,40 kg de más en los animales menores de 2 años con respecto a los animales con la EPP promedio. En este caso, los tres grupos de clasificación por la EPP presentan diferencias altamente significativas entre sí ($P < 0.01$).

El efecto de la edad a segundo parto (ESP) sobre la P305-d también es altamente significativa ($P < 0.01$). En el cuadro 11 se observa que en la ESP de 3 a 4 años, la P305-d es mayor, presentando una producción de 60.24 kg de más con respecto al grupo de menor edad. No obstante, la prueba Duncan indica que no hay diferencias significativas ($P > 0.05$) entre el grupo menor de 3 años y el de 3 a 4 años; mientras que la diferencia de estos dos con el grupo de 4 a 5 años sí es altamente significativa ($P < 0.01$).

Cuadro 11. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado Holstein

Edad (años)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 3	172	6439,66 ^A	1952,07
3 a 4	1007	6499,91 ^A	1884,49
4 a 5	210	5691,78 ^B	1884,51

Debe tenerse presente que la respuesta en la P-305d al reducir la edad al parto tiende a ser mayor en la primera lactancia que en el resto de la vida productiva del animal. Según Lin *et al.* (1988) (citado por Ettema y Santos 2004) el retrasar 112 días la inseminación artificial (IA) en novillas para alcanzar la EPP a los 26.5 meses resulta en un incremento de 275 kg de más en la producción de leche de la primera lactancia, comparado con terneras con la EPP a los 23.3 meses; sin embargo, las novillas empadradas más temprano produjeron 1475 kg más durante un período productivo de 61 meses debido a una vida productiva mayor. Los mismos autores concluyen que retrasar la edad de empadre de 350 a 462 días incrementa la producción láctea durante la primera lactancia en aproximadamente 7% (14.3. vs. 15.3 kg/d).

Según Ojango y Pollott (2001), la DL, presenta una heredabilidad estimada baja ($0,09 \pm 0,03$); de igual forma, la variación fenotípica dada por efectos

ambientales permanentes sobre el animal también baja (0,03) y la repetibilidad de la DL de 0,11. Según los autores, estos resultados implican que la DL es más un resultado de la variación en el manejo y alimentación en un ambiente dado en una lactancia particular, en vez de factores asociados con la vaca.

La duración de la primera lactancia (323,74 días) es mayor a la reportada por Carvajal *et al.* (2002), en Yucatán con 302,9 días y a lo obtenido por Makuza *et al.* (1996) tanto en Zimbabwe (294±11 días) como en Carolina del Norte, EEUU (299±11 días). Entonces se puede considerar que las condiciones de manejo y de alimentación son mejores en la zona norte de Costa Rica que con respecto a los de Yucatán y Zimbabwe, debido al efecto positivo que éstos ejercen sobre la DL.

La duración de la segunda lactancia (306,38 días) es menor al período que informan Oltenacu *et al.* (1980) de 313,9 días y P-305d (6158 kg ±1402) y Carvajal *et al.* (2002) de 299,3 días y P305-d de 2594 kg. Al ser menor la P-305d de ambas investigaciones con respecto a la de la presente investigación, se confirma que es mayor el desempeño de las novillas Holstein en la zona norte de Costa Rica al igual que sus condiciones de manejo y alimentación.

Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein

Debido a que se trata de un grupo racial con un efecto de heterosis, es importante tener presente este factor en todos los parámetros por analizar. Martínez *et al.* (1988), al estudiar 6482 lactancias de vacas con diferentes proporciones de cruce Holstein x Cebú en Brasil, determinaron que un incremento en el desempeño del cruce se da cuando el porcentaje de genes Holstein es mayor al 50%. También señalan que el aumentar la fracción de genes Holstein más allá de 50% puede ser beneficioso en hatos manejados en forma intensiva; pero, que muestra poco o ningún valor bajo condiciones poco intensivas con un manejo bajo pastoreo. Reportan una disminución significativa ($P < 0.05$) de 0,02 meses en la EPP por cada por ciento de heterocigidad en cruces Holstein X Cebú, con 4,8% de heterosis Además, Wilcox *et al.* (1966) reportan un efecto de raza del 30% para la EPP en este tipo de cruce.

En cuanto al efecto de la raza en la producción, según Martínez *et al.* (1988) por cada por ciento de contribución génica Holstein, hay un incremento esperado de 12,15 kg de leche en la primera lactancia; además, los autores indican que el efecto aditivo de la raza es similar en diferentes lactancias, por lo que concluyen que no hay interacción entre la edad y el efecto aditivo de raza.

Lo anterior se corrobora al observar el cuadro 12, donde la EPP promedio para $\frac{3}{4}$ Holstein es de 29,53 ($\pm 5,94$ meses) y comparar los datos con el cuadro 15 donde la EPP promedio es de 35,68 ($\pm 8,52$) meses para ganado $\frac{1}{2}$ Holstein. Si se dan condiciones adecuadas para su expresión genética, conforme mayor es el

porcentaje de raza europea en el cruce, más parecido el desempeño del animal resultante con respecto al de la raza europea pura.

Cuadro 12. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein

Variable	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs	Media	DE	N°Obs.	Media	DE
Edad al parto (meses)	198	29,53	5,94	198	43,70	7,36
DL (días)	188	333,61	94,38	194	318,60	86,10
P305-d (kg)	165	4341,53	1458,80	175	4976,42	1624,82

Las P305-d presentadas en el cuadro 12 son mayores a lo encontrado en la literatura. Madalena *et al.* (1990) reportan producciones de ganado $\frac{3}{4}$ Holstein en Brasil, en primera y segunda lactancias de 2981 kg y 2807 kg respectivamente; sucede lo mismo con la información dada por Martínez *et al.* (1988) con producciones de 2216 kg en primera lactancia y 2555 kg en la segunda lactancia.

Según McDowell (1985) (citado por Madalena *et al.* 1990) las investigaciones en países tropicales han sido unánimes en cuanto a la superioridad general de la F₁ por sobre otros cruces con respecto a la producción láctea, e inclusive afirma que a menos que las novillas $\frac{3}{4}$ Holstein estén bien manejadas, su desempeño será menor al de las F₁. Entonces, se puede considerar que el desempeño de las novillas $\frac{3}{4}$ Holstein, en la presente investigación, refleja atenciones y manejos adecuados.

Cuadro 13. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein

Nivel por edad (años)	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 2	23	4123,87 ^A	1407,91	26	4952,19 ^A	1688,41
2 a 3	127	4469,38 ^A	1467,37	135	5115,32 ^A	1605,02
3 a 4	10	3913,40 ^A	1451,86	7	3927,71 ^A	1534,26

La EPP no es significativa ($P > 0.05$) para la producción de la primera ni de la segunda lactancias. De acuerdo con el cuadro 13, la EPP óptima, según producción, es aquella entre los 2 y 3 años la cual presenta las mayores producciones tanto en primera como en segunda lactancia. Aunque no resultaron haber diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ninguno de los grupos de clasificación por edad, la diferencia de 345, 51 kg entre los dos grupos de mayor producción en la primera lactancia y de 1187,60 kg entre los grupos de 2 a 3 y de 3 a 4 en la segunda lactancia no puede obviarse. De manejarse la EPP entre los 2 y 3 años y con un IEP cercano a los 12 meses, este grupo resultaría ser el de 3 a 4 años en el segundo parto y precisamente es este grupo el de mayor producción (Cuadro 14) con una diferencia de 263,40 kg de más con respecto al de menor producción (entre 4 y 5 años). El impacto económico que estas diferencias promedio generan es suficiente para determinar la EPP de 2 a 3 años como la óptima para el grupo racial $\frac{3}{4}$ Holstein.

Cuadro 14. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein

Edad (años)	N° Obs.	Media de producción a 305 días (kg)	DE (kg)
Menor de 3	25	4900,48 ^A	1610,45
3 a 4	117	5112,97 ^A	1646,67
4 a 5	26	4849,58 ^A	1566,92

El promedio de la DL (333,61 días) resulta menor a lo informado por McDowell (1985) en Etiopía, quien obtuvo duraciones de lactancia para dos tipos de cruce con Holstein: en el cruce $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Arsi la DL es de 408 días y en el cruce $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Cebú Africano es de 378 días. Pero es mayor a lo publicado por McDowell *et al.* (1996) en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Sahiwal en Pakistán con 276 días de lactancia y en ganado Mambi ($\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Cebú) en Cuba con 289 días. Debido a que las condiciones tropicales son comunes tanto en las dos investigaciones anteriormente citadas como en la zona norte de Costa Rica, las diferencias en las duraciones de las lactancias deben ser el resultado de diferencias en el manejo y la alimentación.

Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein

En el caso del ganado $\frac{1}{2}$ raza Holstein, la EPP promedio para la zona en estudio es de 35,68 ($\pm 8,52$) meses. Esto es similar a lo reportado por Mureda *et al.* (2007), quienes informan una EPP promedio de 36,2 meses en cruces Holstein-Friesian x Cebú en la región este de Etiopía. Otro estudio realizado por Kiwuwa *et al.* (1983) (citado por Mureda *et al.* 2007) en la región Arsi, Etiopía, reporta una EPP promedio de 33,8 meses con un rango de 31,3 a 35,7 meses para cruces Holstein-Friesian x hembras Cebú. Por lo tanto, el promedio de la EPP en novillas $\frac{1}{2}$ Holstein de la zona norte de Costa Rica se encuentra dentro del rango reportado en la literatura para zonas con clima tropical.

Cuadro 15. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado ½ Holstein

Variable	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs	Media	DE	N°Obs.	Media	DE
Edad al parto (meses)	207	35,68	8,52	207	49,49	9,38
DL (días)	184	296,68	83,88	203	282,41	86,38
P305-d (kg)	148	3318,17	1009,12	153	3915,18	1201,11

Es común en la zona norte de Costa Rica, combinar razas europeas con cebuinas para mejorar la reproducción y conseguir mejor adaptabilidad al medio. Debido a lo anterior, el componente cebuino afectará negativamente la EPP si se le compara con la raza Holstein pura; Mureda *et al.* (2007) reportan estimaciones de la EPP para ganado etíope que indican que el ganado cebuino puro tuvo las EPP mayores que aquella media raza Holstein. Por lo tanto, el realizar el cruce con Holstein sigue siendo una alternativa de mejora en el desempeño animal al comparársele con razas Cebú puras.

El promedio de la P305-d en primera lactancia es de 3318.17 kg; lo cual se encuentra dentro del rango de producción láctea según la literatura consultada del cuadro 3. Sin embargo, al comparar la producción específicamente con la reportada por Cedeño y Vargas (2004) en Costa Rica, las novillas de la zona norte producen 2145.13 kg menos. Esta diferencia puede deberse principalmente a que Cedeño y Vargas (2004) estudiaron solamente animales Holstein x Pardo Suizo; mientras que en la presente investigación, el grupo ½ Holstein tiene una composición genética muy variada, con razas europeas, cebuinas, lecheras y doble propósito. Por lo tanto, se puede inferir que el efecto aditivo promedio en la producción láctea de los animales estudiados por Cedeño y Vargas (2004) es

mayor que en el de los animales en este trabajo, por lo que los primeros alcanzan producciones mayores, aún en la misma zona y dentro del mismo grupo racial.

El efecto general de la EPP sobre la P305-d de la primera lactancia es significativo ($P < 0.03$). Sin embargo, la diferencia entre el grupo menor de 2 años y el grupo de 2 a 3 años por la P305-d en primera lactancia no es significativa ($P > 0,05$). En cuanto a la diferencia entre los grupos menores de 2 años y el de 2 a 3 años con el grupo de 3 a 4 años, es altamente significativa ($P < 0,01$), con 511,11 kg de leche más producidos en el grupo de 2 a 3 años. Por lo tanto, se puede inferir que aunque no haya diferencia, estadísticamente significativa, desde el punto de vista económico, resulta más rentable procurar la EPP entre los 2 a 3 años en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.

Cuadro 16. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein

Nivel por edad (años)	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 2	10	3599,10 ^A	978,37	11	4318,00 ^A	1050,96
2 a 3	76	3589,13 ^A	1055,78	83	4170,81 ^A	1342,99
3 a 4	39	3078,03 ^B	815,24	39	3434,28 ^B	830,96

El efecto de la EPP sobre la P305-d en segunda lactancia es altamente significativo ($P < 0,01$). La diferencia entre el grupo menor de 2 años y el de 2 a 3 años no es significativa ($P > 0,05$); pero, entre cada una de estos grupos con respecto a la EPP de 3 a 4 años, sí hay diferencia significativa ($P < 0,03$ y $P < 0,01$ respectivamente) con 883,72 kg y 736,53 kg de más respectivamente. Con lo anterior se confirma que es mejor procurar la EPP entre los 2 a 3 años.

El efecto de la ESP sobre la P305-d en segunda lactancia (Cuadro 17) es altamente significativo ($P < 0,01$). Hay diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre el grupo de ESP de 3 a 4 años y el de 4 a 5 años, con 724,41 kg más de leche producidos en el primer grupo. No hay diferencia significativa ($P > 0,05$) entre el grupo menor de 3 años y los grupos de 3 a 4 años y el de 4 a 5 años; pero, la producción del grupo menor de 3 años fue 659,93 kg mayor con respecto a este último. Nuevamente, la importancia económica toma relevancia por sobre el factor estadístico. Además, se confirma que la EPP debe estar ente los 2 a 3 años para así lograr que la ESP esté de 3 a 4 años y maximizar la P305-d en ambas lactancias.

Cuadro 17. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein

Edad (años)	N° Obs.	Media de producción a 305 días (kg)	DE (kg)
Menor de 3	10	4190,60 ^{AB}	913,04
3 a 4	71	4255,08 ^B	1352,37
4 a 5	52	3530,67 ^A	982,53

La DL (296,68 días) es menor a la dada por McDowell (1985) con 356 días de duración en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Arsi en una región tropical africana. Pero es mayor a los resultados obtenidos por McDowell *et al.* (1996) para diferentes generaciones de ganado media raza Holstein; quien reporta valores para $\frac{1}{2}$ F₁H de 275 días, $\frac{1}{2}$ F₂H de 266 días y para $\frac{1}{2}$ F₃H de 269 días. Los autores mencionan que en teoría se esperaría que los cruces $\frac{1}{2}$ F₂ y $\frac{1}{2}$ F₃ retuvieran el 50% de heterosis de la F₁; sin embargo, por razones no identificadas, los cruces $\frac{1}{2}$ F₂ con raza cebuína decayeron $\geq 20\%$ de lo esperado, mientras que los cruces $\frac{1}{2}$ F₃ y $\frac{1}{2}$ F₄ tuvieron un desempeño ligeramente mayor por selección. Además, indican

que, en términos promedio, el ganado $\frac{1}{2}$ Holstein presenta 17,4% menos en su DL con respecto al promedio de ganado Holstein puro.

Según los datos obtenidos en la presente investigación, al comparar el desempeño de las novillas $\frac{1}{2}$ Holstein con el de sus iguales Holstein, se estima que el %Heterosis (%He)[†] en la edad al parto en $\frac{1}{2}$ Holstein es -19.65% en la EPP y -12.89% en la ESP; en la P-305d el %He resultó ser -37.23% en la primera lactancia y -37.94% en la segunda lactancia. En la duración de la primera lactancia el %He fue de -8.36%, en la segunda lactancia de -7.82% y en el IEP de +4.16%. Lo anterior permite afirmar que cuando el componente genético Holstein es igual al 50% en el cruce resultante, los indicadores productivos y las edades al parto (del primer y segundo partos) decaen con respecto a la raza pura.

Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado Jersey

En el cuadro 18 se presenta la EPP promedio en ganado Jersey la cual es de 27.89 meses con producciones lácteas promedio de 3686.39 kg. Al comparársele con los datos reportados en la literatura para zonas templadas, la EPP no es muy diferente. Igual sucede al realizar la equiparación con datos de la región atlántica de Costa Rica, en donde WingChing-Jones *et al.* (2008) informan la EPP en ganado Jersey de 38,8 \pm 7,7 meses, y Pezo *et al.* (1999) (citado por WingChing-Jones *et al.* 2008) encontraron en el módulo lechero del CATIE, Costa Rica, la EPP de 39,3 meses; resulta evidente que lo obtenido para la zona norte

[†] Valores negativos en el porcentaje de heterosis implican un desempeño menor con respecto al de la raza pura.

de Costa Rica se encuentra dentro del rango normal de desempeño para ganado Jersey.

Cuadro 18. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado Jersey

Variable	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs	Media	DE	N°Obs.	Media	DE
Edad al parto (meses)	1294	27,89	5,80	1294	40,73	6,70
DL (días)	1205	292,05	74,90	1252	291,11	83,21
P305-d (kg)	1039	3686,39	1046,60	1030	4165,94	1207,93

La raza Jersey se adapta muy bien a situaciones tropicales, debido a que presenta una baja sensibilidad al estrés calórico. Así lo confirma un estudio realizado en Florida, Estados Unidos por Badinga *et al.* (1985) (citado por García-Peniche *et al.* 2005) donde se compararon animales de raza Jersey, Holstein y Pardo Suizo y se encontraron mayores tasas de concepción y menos servicios por concepción para los animales Jersey. Campos *et al.* (1994) (citado por García-Peniche *et al.* 2005) obtuvieron resultados similares, también en Florida, en donde la raza Jersey tuvo una mayor fertilidad que la raza Holstein. Otro factor importante es que el ganado Jersey puede alcanzar el peso corporal mínimo requerido para la I.A. a edades menores que otras razas (Badinga *et al.* 1985; Ruvuna *et al.* 1986 y Graves 2003 citados por García-Peniche *et al.* 2005), lo cual consecuentemente disminuye la EPP promedio en hatos de raza Jersey.

A diferencia de lo que sucede en la raza Holstein, en Jersey aquellas novillas que tiene la EPP menor de 2 años no son el grupo con mayor producción en la primera lactancia (Cuadro 19). El grupo con la EPP de 2 a 3 años es el de mayor producción en ambas lactancias.

Cuadro 19. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado Jersey

Nivel por edad (años)	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 2	314	3393,96 ^A	940,57	308	3879,16 ^B	1098,17
2 a 3	651	3821,07 ^B	1037,86	658	4296,15 ^A	1220,50
3 a 4	57	3827,11 ^B	1373,15	53	4165,92 ^{A B}	1414,19

El comportamiento presentado en la zona norte de Costa Rica podría deberse a que el desarrollo corporal de los animales avanza con la edad y son más precoces a la madurez sexual. Además, debe tenerse en cuenta que las variables ambientales que más repercuten sobre la producción láctea son la precipitación y la humedad relativa ($P < 0,01$ en ambas) (Johnston *et al.* 1958). Entonces, al ser la raza Jersey menos sensible a las condiciones climáticas de la zona y más precoz que las otras razas analizadas, es más eficiente en su producción láctea.

El efecto de la EPP sobre la P305-d en la segunda lactancia es altamente significativo ($P < 0.01$). Pero solamente los grupos de clasificación por edad al primer parto menor de 2 años y de 2 a 3 años tienen diferencias altamente significativas entre sí ($P < 0.01$). Esto implica que la EPP óptima para influenciar positivamente y en mayor medida la P305-d en la segunda lactancia es aquella entre los 2 a 3 años.

El efecto de la ESP sobre la P305-d de la segunda lactancia es altamente significativo ($P < 0.01$). El grupo de la ESP que presenta mejor producción es el de 3 a 4 años (Cuadro 20); pero, no hay diferencias significativas ($P > 0.05$) entre éste y el de 4 a 5 años; el cual es el segundo mayor productor. El grupo con la

ESP menor de 3 años es el de menor producción y presenta diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a los otros dos. Esto resulta congruente con lo presentado en el cuadro 19; ya que el grupo menor de 3 años en segunda lactancia sería el de la EPP menor de 2 años. Por lo tanto, en términos de producción láctea, no es recomendable que las novillas Jersey paran por primera vez antes de los 2 años de edad y que el segundo parto sea antes de los 3 años. Sin embargo, al atrasar las edades de parto, el tiempo de retorno de la inversión es mayor, entonces depende de la rentabilidad de cada sistema productivo la EPP óptima.

Cuadro 20. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado Jersey.

Edad (años)	Nº Obs.	Media de producción a 305 días (kg)	DE (kg)
Menor de 3	289	3840,26 ^A	1108,49
3 a 4	654	4293,54 ^B	1225,82
4 a 5	76	4271,49 ^B	1222,86

El promedio de la duración de la primera y segunda lactancia (292 y 291 días respectivamente) es mayor al promedio encontrado en la literatura (Cuadro 4) pero sigue encontrándose dentro del rango reportado. Esta mayor duración de las lactancias se debe a varios factores; pero, de los más importantes es el efecto de ambiente. Guo *et al.* (2002), luego de analizar 147457 registros productivos de vacas Jersey, determinaron que el efecto ambiental es menos crítico conforme avanza la lactancia; sin embargo, es mayor conforme aumenta el número de lactancias. Por lo tanto, aquellos sistemas productivos que se desarrollen en ambientes con condiciones menos estresantes para el animal facilitarán lactancias más prolongadas. Resulta adecuado sugerir que, en animales Jersey,

las condiciones ambientales de la zona norte de Costa Rica, en promedio, tienden a favorecer lactancias más largas que las reportadas en el cuadro 4.

Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado ½ Jersey

El propósito del ganado ½ raza Jersey, básicamente, es el de lograr darle a la progenie resultante, la habilidad lechera de la raza Jersey y de mantener la adaptabilidad de ésta y de la otra raza con que se cruce. Sin embargo, al ser media raza la novilla se comportará de forma diferente a cómo lo hace una novilla pura sangre Jersey.

En el cuadro 21 se observa que la EPP promedio del grupo racial es 29.62 meses. De acuerdo con lo encontrado por McDowell *et al.* (1961) en la F₁ ½ Jersey la EPP es de 29 meses y en la F₂ es de 30 meses; además, Puri *et al.* (1964) reportan la EPP en 33,1 meses; entonces la EPP presentada en el cuadro 21 está dentro del rango para el grupo racial.

Cuadro 21. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado ½ Jersey.

Variable	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs	Media	DE	N°Obs.	Media	DE
Edad al parto (meses)	105	29,62	5,76	105	42,77	6,51
DL (días)	95	299,99	74,53	105	281,30	94,75
P305-d (kg)	84	3393,74	941,21	92	3975,56	1137,13

Puri *et al.* (1964) reportan valores de coeficientes de correlación de 0,650 entre la EPP y la culminación de 5 lactancias para ganado $\frac{1}{2}$ Jersey, lo cual es muy importante al momento de calcular la ganancia/animal durante su vida dentro del hato productivo. Por lo tanto, al disminuir la EPP se estará aumentando la vida productiva a largo plazo de la novilla. Sin embargo, los mismos autores informan que la EPP no tiene influencia significativa sobre la producción láctea de las primeras cinco lactancias y que el coeficiente de correlación (-0,143) no es estadísticamente significativo, no obstante, el signo negativo indica que hay una tendencia de aumento en la producción láctea conforme la EPP disminuye.

Lo anterior se confirma en el presente estudio, donde el efecto de la EPP sobre la P305-d en primera lactancia es no significativo ($P > 0.05$). Además, no hay diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tres grupos de clasificación por edad para la EPP sobre la P305-d (Cuadro 22). Igual sucede en el caso del efecto de la EPP sobre la producción de la segunda lactancia ($P > 0.05$) y el efecto de la ESP sobre la P305-d ($P > 0.05$) (Cuadro 23).

Cuadro 22. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Jersey.

Nivel por edad (años)	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 2	17	3464,88 ^A	980,21	15	4026,20 ^A	1072,66
2 a 3	62	3435,94 ^A	938,57	59	3996,71 ^A	1166,08
3 a 4	4	2713,00 ^A	620,20	4	3473,75 ^A	1083,28

Cuadro 23. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado ½ Jersey.

Edad (años)	N° Obs.	Media de producción a 305 días (kg)	DE (kg)
Menor de 3	11	3942,55 ^A	1093,93
3 a 4	56	3985,38 ^A	1163,24
4 a 5	11	3958,64 ^A	1146,98

McDowell *et al.* (1961) informan que de acuerdo con su investigación, los cruces con ½ Jersey producen menos kilos de leche y grasa que en los Jersey y son altamente variables en su producción, por ejemplo la producción en primera lactancia para la F₁ varió de 46.08 – 3963.13 kg. y en la F₂ de 460.83 – 2857.14 kg. En ambos casos la distribución en la producción láctea fue continua y no tuvo grupos extremos. Debe aclararse que los autores informan de temperaturas ambientales indeseables como responsables parciales por la baja producción. Igualmente, no hubo evidencia de que la producción relativa variara en las lactancias subsecuentes.

El menor rendimiento en la presente investigación de las novillas ½ Jersey con respecto a las Jersey no se debe a un factor racial, dado que el incremento relativo en la producción láctea de la primera a segunda lactancia es similar al de las Jersey. Además, pareciera que el cruce no tiende a mejorar su productividad con la edad. Sin embargo, McDowell *et al.* (1961) al realizar un análisis de varianza, manteniendo constante la DL, encontraron que la producción láctea y de grasa no varía significativamente entre novillas Jersey y novillas cruzadas. Esto parece indicar que aunque la composición genética varíe, el componente genético Jersey sigue manteniendo un efecto dominante y positivo en la productividad de los individuos.

La DL en primera lactancia (299,99 días) es menor a la conseguida por McDowell (1985) con 334 días y por Dhara *et al.* (2006) en ganado $\frac{1}{2}$ J x $\frac{1}{2}$ Hariana con 359 ± 10 días; pero, la P-305d es mayor a la de ambos autores. Entonces las novillas $\frac{1}{2}$ Jersey de la zona norte de Costa Rica son más eficientes.

Los 281,30 días de DL en segunda lactancia resultan menores al período obtenido por Dhara *et al.* (2006) de $334 \pm 7,8$ días. Pero, bastante similar a McDowell *et al.* (1961) con 285 días. Esta disminución en la segunda lactancia puede deberse a que el animal ha sufrido un desgaste mayor al producir más cantidad de kilos de leche en la segunda lactancia.

Efecto de la edad al parto sobre la P305-d en primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Jersey (H x J)

En el cruce de razas bovinas diferentes (Inter-cruzamiento) se pretende que por heterosis positiva, la progenie cruzada (F_1) sea superior en su desempeño en varios aspectos que sus progenitores (P_1). Sin embargo, no hay un solo cruce (entre razas lecheras europeas) que produzca consistentemente más kilogramos de leche en una sola lactancia que una vaca Holstein pura. Esto, aunado a una preferencia de los criadores por las razas puras, produjo un sistema de intra-cruzamientos en razas lecheras. Sin embargo, recientemente, el Inter-cruzamiento ha retomado importancia y es cada vez más usado. La región norte de Costa Rica no es la excepción y los productores de la zona han experimentado con el cruce Holstein x Jersey (HxJ) para procurar F_1 que sean tan productivas como su progenitor Holstein; pero, a la vez, con tanta habilidad de adaptación

como su progenitor Jersey. El cruce ha resultado tener un desempeño positivo, siendo el tercer grupo racial en población de la zona.

La EPP promedio para la zona, es de 29,26 ($\pm 6,28$ meses) lo cual es similar a lo reportado por Cedeño y Vargas (2004), quienes realizaron un estudio del efecto de raza sobre la vida productiva de ganado lechero en Costa Rica, con la EPP y reportan un rango de 29,88 a 30,60 meses para ganado HxJ.

Cuadro 24. Valores estimados para edad al parto, DL, P305-d en ganado HxJ.

Variable	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs	Media	DE	N°Obs.	Media	DE
Edad al parto (meses)	718	29,26	6,28	718	42,62	7,35
DL (días)	668	305,43	84,86	698	296,02	93,73
P305-d (kg)	559	3920,28	1215,98	579	4674,51	1463,92

El efecto de la EPP sobre la P305-d, tanto en primera como en segunda lactancia no es significativo ($P > 0,05$). En lo que respecta a los niveles de clasificación por edad para la EPP en la producción de la primera lactancia, no hay diferencias significativas entre los grupos ($P > 0,05$). Pero la diferencia de 100,84 kg promedio entre los dos primeros grupos (Cuadro 25) no debe tomarse a la ligera; el impacto económico que representan estos 100 kg de más en el grupo de 2 a 3 años es considerable.

La producción promedio en primera lactancia se encuentra por debajo de lo reportado por Cedeño y Vargas (2004), con 4905,4 kg en P305-d. Pero son mejores que las producciones predichas por Ahlborn-Breier *et al.* (1991), quienes informan de P305-d para HxJ (con macho Holstein) de 3022 kg y para HxJ (con

macho Jersey) de 2921 kg. Debe tenerse presente que el origen geográfico de ambas investigaciones difiere bastante. En el caso de Cedeño y Vargas (2004) los registros utilizados (desde 1985 hasta 2002) son de diferentes zonas lecheras de Costa Rica mientras que los de Ahlborn-Breier *et al.* (1991) provienen de registros históricos (desde 1975 hasta 1984) en Nueva Zelanda. Esta diferencia de zonas implica una distinción productiva, tanto por aspectos climáticos como de manejo.

Cuadro 25. Efecto de la EPP sobre la producción láctea a 305 días en primera y segunda lactancia en ganado HxJ.

Nivel por edad (años)	Lactancia					
	1			2		
	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)	N° Obs.	Media (kg)	DE (kg)
Menor de 2	105	3844,65 ^A	1198,92	96	4654,46 ^{AB}	1309,67
2 a 3	406	3945,49 ^A	1208,43	426	4722,11 ^B	1504,72
3 a 4	32	3907,75 ^A	1412,43	42	4242,19 ^A	1456,30

Solamente la P305-d en segunda lactancia entre el grupo con la EPP de 2 a 3 años y el de 3 a 4 años presenta diferencias significativas ($P < 0.05$). Entonces, se puede inferir que para maximizar la producción láctea lo óptimo es empadrear a las novillas ~21 meses de edad para lograr la EPP ~2,5 años. Además, la edad al segundo parto con mayor P305-d es la de 3 a 4 años (Cuadro 26), que de presentar IEP regulares y normales sería el grupo que corresponde al de la edad de 2 a 3 años en el primer parto.

Cuadro 26. Efecto de la ESP sobre la producción láctea a 305 días en segunda lactancia en ganado HxJ.

Edad (años)	N° Obs.	Media de producción a 305 días (kg)	DE (kg)
Menor de 3	105	4695,59 ^{AB}	1465,87
3 a 4	391	4728,29 ^A	1470,27
4 a 5	68	4335,62 ^B	1473,69

El sexo del progenitor es otro factor que afecta el desempeño productivo de la F_1 en el cruce HxJ. Así lo reportan VanRaden *et al.* (2003), quienes estudiaron el efecto de heterosis como porcentaje sobre la producción de leche; obtuvieron un %He de 7,5% con macho Holstein como progenitor y de 1,6% con hembra Holstein como madre. De forma similar, Ahlborn-Breier *et al.* (1991), informan que el efecto materno equivale a 3% del promedio de producción láctea, también reportan que algunas novillas primerizas F_1 produjeron 6,1% más leche y 7,2% más grasa láctea que el promedio de novillas pura raza para ambas razas. Estos resultados sugieren que la heterosis individual es un efecto genético mayor en la producción láctea por lo que podría utilizarse en el diseño de un programa de Inter-cruzamiento de un hato comercial, donde se estaría aprovechando tanto el efecto aditivo de progreso genético como el efecto genético no aditivo.

Bryant *et al.* (2007) informan que la mayor heterosis obtenida en la producción láctea en diferentes cruces HxJ (dependiendo del origen de los progenitores), fue de 5,0% a 9,5% para $H_{EX}J_N$ (E: extranjero; N: neozelandés). Los autores concluyeron que los cruces entre ambos resultarían en individuos que tienen una alta proporción de locus heterocigotos con atributos complementarios que llevarían a un incremento significativo en el desempeño por encima del promedio de la P_1 .

Según Barlow (1981) (citado por Bryant *et al.* 2007) la expresión de la heterosis es dependiente del ambiente en el cual el cruce es manejado, esta expresividad, por lo general, es mayor en ambientes estresantes que en aquellos más confortables; pero, también debe tenerse en cuenta la tasa metabólica de

los animales híbridos y/o suplementos nutricionales insuficientes que puedan inhibir la expresividad genética del cruce.

Lo anterior sugiere que el cruce HxJ resulta ventajoso en la medida en que el padre sea raza Holstein, con lo cual, la probabilidad de aumentar el desempeño productivo en kilogramos de leche, grasa y proteína lácteas será mayor; y el animal sea manejado en un ambiente de alto estrés en el cual los progenitores no se encontrarían en óptimas condiciones de producción.

Sin embargo, según lo obtenido en la presente investigación, el efecto aditivo resultante de la combinación del progenitor Jersey con el Holstein, tanto para la edad al parto como en la producción láctea, resultó ser menor a lo esperado en teoría. No obstante, al realizar la comparación entre las novillas HxJ con las novillas $\frac{1}{2}$ Holstein y $\frac{1}{2}$ Jersey, el %He presentado por las primeras, es mayor en todas las características excepto en el caso del IEP, donde es igual al de las $\frac{1}{2}$ Jersey (3%) (Cuadro 1-A y Cuadro 2-A). Por lo tanto, si la principal actividad económica es producir leche, es preferible manejar animales HxJ que animales $\frac{1}{2}$ Holstein y/o $\frac{1}{2}$ Jersey. Los primeros tendrán tasas reproductivas más eficientes y desempeños productivos mayores, lo cual diluirá los costos de cría y desarrollo al generar mayores beneficios económicos en menor tiempo.

Valores de regresión lineal de edad al parto sobre la P-305d

Según lo presentado en el cuadro 27 aquellos animales con componente genético Holstein presentan la tendencia de que conforme aumenta la edad al parto disminuye la P-305d promedio durante la lactancia. Incluso el aumento de la EPP afecta negativamente la producción láctea de la segunda lactancia. Además, según Hoffman *et al.* (1996), al aumentarse la EPP en novillas Holstein la incidencia de distocia también incrementa debido, principalmente, al aumento en la condición corporal de la novilla.

Cuadro 27. Valores del efecto de regresión lineal de la edad al parto sobre la P-305d según lactancia y grupo racial.

Lactancia	EPP		ESP
	1	2	2
Raza			
Holstein	-44.83	-76.75	-51.97
¾ Holstein	-58.73*	-64.77*	-39.25*
½ Holstein	-46.08	-27.72	-24.85
HxJ	-12.76*	-29.61*	-12.47*
Jersey	24.06	27.79	27.72
½ Jersey	-24.45*	13.64*	16.38*

Nota: * Efecto no significativo de la edad al parto.

En el caso de los animales con componente genético Jersey, el comportamiento difiere. En novillas Jersey, el aumento en la edad al parto afecta positivamente la P-305d en ambas lactancias, debido a que conforme avanza en edad, la novilla adquiere mayor desarrollo corporal que supone una mejora en el desempeño productivo.

En las novillas ½ Jersey, el efecto de la edad al parto no es significativo ni en la primera ni en la segunda lactancia ($P > 0.05$). Sin embargo, en la P-305d de la segunda lactancia los valores de regresión lineal son positivos, por lo que existe

una tendencia a aumentar la producción láctea conforme es mayor la edad al parto.

El grupo HxJ tiende a comportarse como la raza Holstein, lo cual parece ser la norma: el efecto Holstein en producción y el efecto Jersey en reproducción. Sin embargo, el aumento de la edad al parto en este grupo provoca una menor disminución en la P-305d que con respecto al grupo Holstein, probablemente debido al efecto del componente Jersey.

Variables que afectan la duración de la lactancia

La duración de la primera lactancia es afectada en forma altamente significativa por la raza ($P < 0.01$) mientras que la EPP y la interacción de ésta con la raza no son significativas ($P > 0.05$ en ambas). En la duración de la segunda lactancia, la raza y la EPP tienen un efecto altamente significativo ($P < 0.01$), la interacción de ambas no es significativa ($P > 0.05$). El efecto de la edad al segundo parto, la raza y la interacción de ambas no tienen efecto significativo ($P > 0.05$) sobre la DL.

Probablemente este comportamiento se deba a que el desgaste fisiológico que sufre el animal por la producción láctea repercute en el período de recuperación posterior a la primera lactancia. Entonces, hay un mayor reto fisiológico provocado por la edad al primer parto que por la edad al segundo parto, por lo que tiene efectos significativos sobre la duración de la segunda lactancia.

En el cuadro 28 se presentan los promedios de DL de ambas lactancias por grupo racial y las diferencias significativas presentadas entre los grupos.

Cuadro 28. Promedio de DL por grupo racial en primera y segunda lactancia.

Lactancia	1		2	
Grupo racial	Media (días)	N° Obs	Media (días)	N° Obs.
Holstein	322.775 ^A	1612	305.976 ^{AB}	1693
¾ Holstein	332.156 ^A	180	316.672 ^A	186
½ Holstein	294.206 ^B	155	282.422 ^C	173
Jersey	292.041 ^B	1184	292.169 ^{BC}	1232
½ Jersey	300.723 ^B	94	282.837 ^C	104
HxJ	305.006 ^B	648	295.944 ^{BC}	678

Variables que afectan el primer IEP

Al analizar el primer IEP se determinó que la raza y la DL poseen un efecto altamente significativo ($P < 0,01$ en ambas) mientras que la EPP y la interacción raza x EPP no son significativas ($P > 0.05$ en ambas).

En el cuadro 29 se presenta el IEP promedio por grupo racial. Al analizarse los datos, el grupo HxJ se comporta similar a los animales ½ Jersey, ½ Holstein y los Jersey puros, aunque con este último la diferencia (12,66 días de más) es mucho mayor que con los otros dos.

Cuadro 29. Promedio del primer IEP y β_1 del efecto de la duración de la primera lactancia por grupo racial.

Grupo racial	N° Obs	IEP (días)	β_1
Holstein	1707	424,27 ^A	0.5829335
¾ Holstein	189	425,61 ^A	0.7317886
½ Holstein	177	406,62 ^B	0.4677035
Jersey	1263	389,34 ^C	0.5149693
½ Jersey	104	400,11 ^C	0.6947695
HxJ	690	402,64 ^{BC}	0.6656779

En el caso de los grupos raciales Holstein y Jersey, según un estudio realizado por Hare *et al.* (2006), el IEP presenta una tendencia a aumentar con el tiempo. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, el IEP ha estado aumentando conforme disminuye la EPP en los hatos de dicho país, e igual sucede en todos los países con producción lechera que se han enfocado a la selección por mayor producción y contenido sólido, como es el caso de Costa Rica. Tal tendencia puede explicarse por un mayor desgaste que sufre el animal durante su primera lactancia por la mayor producción láctea a menor edad, con respecto a décadas anteriores. Entonces, como el animal produce más, tarda más en recuperar su metabolismo y nivelarlo para lograr una segunda preñez. Por esta razón, el promedio de la ESP se ha mantenido más estable con respecto al de la EPP a través del tiempo. Lo anterior es confirmado por los resultados de Heins *et al.* (2008), en donde mediante una prueba de chi cuadrado (χ^2), se determinó que la estratificación del IEP tiende a diferir aunque no significativamente ($P < 0,10$). Los datos se presentan en el cuadro 30.

Cuadro 30. Porcentaje de novillas de primer parto por grupo racial y estratificación por días abiertos.

Días abiertos	Jersey x Holstein	Holstein Puro
35 – 99	41	31
100 – 174	36	25
175 – 249	6	11
≥250	17	33

Fuente: Heins *et al.* 2008.

En el cuadro 29 se observa que el efecto de la proporción de genes de una misma raza afecta en forma diferente el comportamiento reproductivo de la novilla. En el caso de las novillas $\frac{1}{2}$ Holstein, éstas son las que presentan el menor β_1 (0.4677) mientras que las novillas $\frac{3}{4}$ Holstein son las que tienen el

mayor β_1 (0.7318), por lo que éstas son más sensibles a duraciones de lactancia prolongadas que las $\frac{1}{2}$ Holstein.

Es interesante que los dos grupos raciales resultado del cruce con Holstein, son los que presentan los comportamientos extremos. Una posible explicación es la diferencia productiva en ambos grupos, la cual implica un mayor reto fisiológico para el grupo $\frac{3}{4}$ Holstein con respecto al $\frac{1}{2}$ Holstein. Una segunda causa es el otro componente genético que acompaña al cruce $\frac{1}{2}$ Holstein, el cual es generalmente cebuino. El efecto que la raza cebú proporciona es de una mejor adaptabilidad al medio tropical por lo que la parte reproductiva se ve beneficiada en el cruce resultante.

Los hatos con genotipo $\frac{1}{2}$ raza europea tienden a tener menor la EPP así como un IEP más corto; sin embargo, producen menos kilos de leche y menos días de lactancia que las razas europeas puras. Según McDowell (1985) la superioridad reproductiva de las medias razas ha sido similar en África, Asia y América Latina porque hay pocos inconvenientes en el uso de medias razas europeas en el trópico: su desempeño es bueno, incluyendo la fertilidad, y usualmente poseen menos problemas de salud, incluso de mastitis. El reto real, según el autor, es establecer un programa de cruzamiento que permita retener el mérito genético de la F_1 .

Otros factores importantes son la región y el sistema productivo. Según Heins *et al.* (2008) la variación dentro del IEP se debe mayormente a un efecto de localidad y no de época del año. Además, hatos en confinamiento presentan

menor IEP que aquellos en pastoreo (Kearney *et al.* 2004, citado en Heins *et al.* 2008).

Según Ruvuna *et al.* (1986) en el caso de animales HxJ, la proporción de genes no es significativa ($P > 0.05$) por heterosis y/o efecto materno sobre el IEP. Además, indican que este grupo expresa una desviación de 7,9 días más en el IEP con respecto a los animales Holstein puros.

Comparación del desempeño productivo y reproductivo de novillas Holstein, $\frac{3}{4}$ Holstein, $\frac{1}{2}$ Holstein y HxJ

La diferencia con respecto al grupo Holstein en la EPP es: en el grupo $\frac{3}{4}$ Holstein hay una reducción de 0,29 meses, en el grupo $\frac{1}{2}$ Holstein hay un aumento de 5.86 meses y en el grupo HxJ una disminución de 0.56 meses (Cuadro 31). Según Aguilar (2001), cada mes adicional al primer parto después de los 24 meses de edad en ganado Holstein, representa un costo de \$28,47/mes. En este caso, los cuatro grupos raciales sobrepasan los 24 meses de edad al momento del primer parto por lo que en todos, por igual, hay un sobre costo. Pero al comparar la EPP sin tomar en cuenta este sobre costo, en los grupos $\frac{3}{4}$ Holstein y HxJ hay un ahorro aproximado de \$8,26/vaca/mes y de \$15.94/vaca/mes respectivamente al compararlos con el grupo Holstein. Mientras que en el grupo $\frac{1}{2}$ Holstein hay un gasto de \$166.83/vaca/mes de más.

Cuadro 31. Promedios de la edad al parto, P-305d y del primer IEP en novillas Holstein, $\frac{3}{4}$ Holstein, $\frac{1}{2}$ Holstein y HxJ.

Grupo racial	Lactancia							
	Holstein		$\frac{3}{4}$ Holstein		$\frac{1}{2}$ Holstein		HxJ	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Edad al parto (meses)	29.82	43.84	29.53	43.70	35.68	49.49	29.26	42.62
P-305d (kg)	5286.13	6309.07	4341.53	4976.42	3318.17	3915.18	3920.28	4674.51
IEP (días)	424.27	-	425.61	-	406.62	-	402.64	-

El grupo Holstein es el que presenta la mayor P-305d y conforme disminuye la proporción de genes Holstein la producción láctea también disminuye. Entonces, en aquellos casos donde la EPP del grupo Holstein es mayor, la diferencia en la producción láctea hace que el beneficio percibido por la venta de la leche supere el costo promedio del aumento en la EPP de la novilla Holstein con respecto a la $\frac{3}{4}$ Holstein y la HxJ. Las novillas $\frac{1}{2}$ Holstein continúan presentando un menor desempeño, tanto por el mayor costo en su período de crianza como por ser el grupo con la menor producción en ambas lactancias.

En este caso, la ventaja de los grupos encastados radica en una mayor adaptabilidad al clima tropical, con una consecuente reducción de gastos de mantenimiento por concepto de prevención y tratamiento de enfermedades y con intervalos entre partos más cortos. Según Aguilar (2001), el costo del plan sanitario para una lechería que maneja ganado Holstein es de \$44,48 durante período de crianza y representa aproximadamente el 4,8% del costo total. Suponiendo que la relación se mantenga estable a lo largo de la vida útil del animal, el manejar animales menos sensibles a enfermedades representa un ahorro importante en la lechería. Además, la disminución en los IEP,

especialmente en aquellos grupos con menores a edades a partos, permite un aumento en la vida útil del animal al tener menos días abiertos.

Comparación del desempeño productivo y reproductivo de novillas Jersey, ½ Jersey y HxJ.

La diferencia promedio en la EPP de los animales Jersey con respecto a los ½ Jersey y HxJ es de 1,73 y 1,37 meses respectivamente (Cuadro 32). Según Rivera (2000) el costo de cada mes adicional en el primer parto en ganado Jersey es \$26,58/mes, lo cual implica un costo de \$45,98 más en ganado ½ Jersey y \$36,41 en ganado HxJ.

Cuadro 32. Promedios de la edad al parto, P-305d y del primer IEP en novillas Jersey, ½ Jersey y HxJ

Parámetro	LACTANCIA					
	Jersey		½ Jersey		Holstein x Jersey	
	1	2	1	2	1	2
Edad al parto (meses)	27,89	40,73	29,62	42,77	29,26	42,62
P305-d	3686,39	4165,94	3393,74	3975,56	3920,28	4674,51
IEP	389,34		400,11		402,64	

La P-305d en el grupo racial HxJ es mayor, tanto en el primer como en el segundo parto, probablemente debido al componente Holstein. Hay una diferencia de 233,89 kg con respecto al ganado Jersey y de 526,54 kg con el ½ Jersey. Similar es el comportamiento productivo en la segunda lactancia. Esta diferencia de kilos producidos genera un ingreso importante por concepto de mayor venta de

leche, lo que puede compensar el costo promedio del aumento en la EPP de la novilla HxJ con respecto la Jersey.

En este caso, la ventaja del grupo $\frac{1}{2}$ Jersey puede radicar en una mejor adaptabilidad, con una consecuente reducción de gastos de mantenimiento por concepto de prevención y tratamiento de enfermedades. Según Rivera (2000) el plan sanitario para una lechería que maneja ganado Jersey, representa el 5.4% de los costos totales en la crianza de terneras. Entonces, el manejar animales menos sensibles a enfermedades representa un ahorro importante en la lechería.

Caracterización de la curva de producción láctea por grupo racial

Análisis de la curva de producción en ganado Holstein

1. Parámetros de la curva

En el cuadro 33 se presentan los valores estimados de los parámetros **a** (producción inicial), **b** (tasa de incremento hasta el pico de lactancia) y **c** (tasa de declinación luego del pico de lactancia) de la primera y segunda lactancia en ganado Holstein.

Cuadro 33. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado Holstein.

Lactancia	a	b	c	N° Obs.
1	15.0560	0.2786	0.0307	872
2	18.7309	0.3079	0.0374	1233

El parámetro **a** presenta un valor promedio de 15.05 kg en la primera lactancia y de 18.73 kg en la segunda. Estos valores resultan similares a los informados por Mesén (1999) y Tekerli *et al.* (2000) con 15.03 y 17.98 kg respectivamente en zonas tropicales; pero, son inferiores a los reportados por Ferris *et al.* (1985) y Shanks *et al.* (1981) con 31.60 y 20.91 kg de leche respectivamente en clima templado. Esto refleja que la novilla Holstein caracterizada en la presente investigación se comporta de forma similar a los datos publicados provenientes de zonas tropicales, y que su diferencia con respecto a las zonas templadas también es de una tendencia normal.

El promedio del parámetro **b** es de 0.28 en primera lactancia y 0.31 en segunda. El promedio del parámetro **c** de la primera lactancia es 0.03 y el de la

segunda lactancia es 0.04. Estos valores están dentro del rango reportado en la literatura (Cuadro 5).

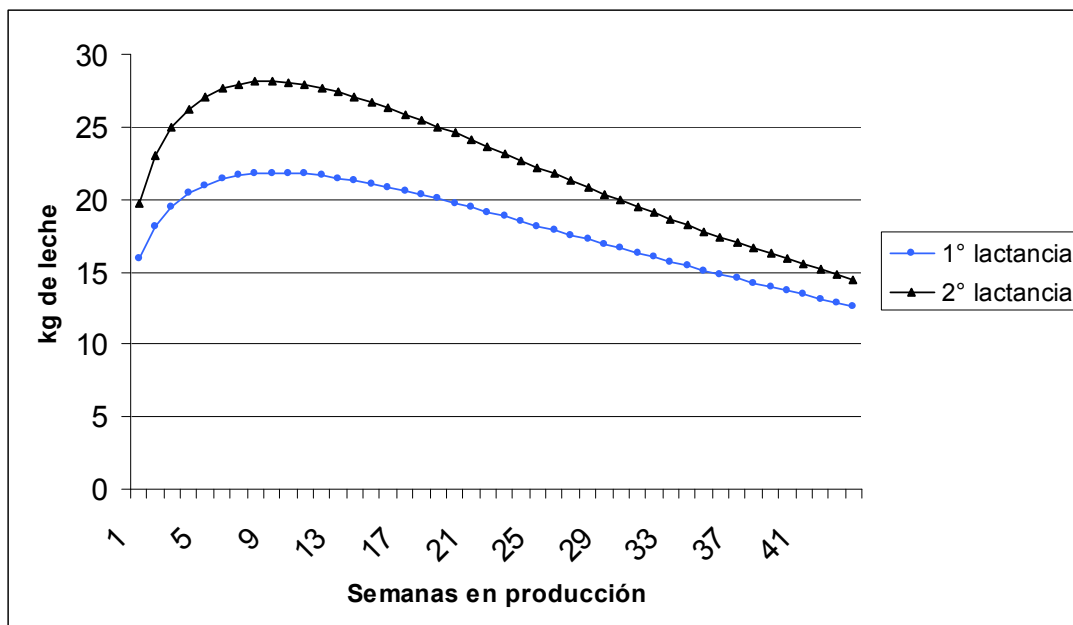


Figura 1. Curva de lactancia por número de parto en ganado Holstein.

2. Componentes de la curva

Con los parámetros de las curvas, se pudo estimar la producción máxima (P_{MAX}), semanas para alcanzar el pico (SP_{MAX}) y la persistencia (PERS). Estos valores se presentan en el cuadro 34.

Cuadro 34. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado Holstein.

Elemento	Lactancia	
	1	2
SPAMX (semanas)	8.81	8.12
P_{MAX} (Kg)	22.42	28.14
PERS	105.96	88.30

En promedio, la vaca Holstein de este estudio presenta una EPP de 29,82 meses con 5286,13 kg de leche a 305 días producidos durante la primera

lactancia; una P_{MAX} de 22,42 kg, tardando 8,81 semanas en alcanzarla y manteniendo una PERS de 105,96. Alcanza su segunda lactancia a una edad de 43,84 meses, P-305d de 6309,07 kg, P_{MAX} de 28.14 kg, dura 8.12 semanas en alcanzar el pico de lactancia y tiene una PERS de 88.30.

La P_{MAX} (22,42 y 28.14 kg en primera y segunda lactancia respectivamente) se asemejan a los encontrados por Mesén (1999) en Costa Rica, quien informa que en primer parto las novillas Holstein producen en promedio 22,45 kg de leche y en la segunda lactancia 28,42 kg. Similar sucede con los valores reportados por García-Muñiz *et al.* (2007) y Hickson *et al.* (2006) (Cuadro 6) lo cual es consecuente con el origen de los datos, al proceder todos de climas tropicales. Sin embargo, los valores procedentes de regiones templadas no difieren mucho de lo encontrado en este estudio. Esto puede explicarse por la alta presión de selección genética a la que se han visto sometidos los hatos de la Zona Norte de Costa Rica para lograr satisfacer la creciente demanda de leche y los estándares productivos de la Cooperativa Dos Pinos (comprador único de los productores en estudio). Sin embargo, aunque la producción máxima no difiere, la producción total sí lo hace, probablemente porque los factores exógenos al animal limitan, en mayor medida, su desempeño que los factores endógenos a lo largo del desarrollo de la lactancia.

En lo que respecta a los promedios de las S_PMAX (8,81 y 8.12 en primer y segundo parto respectivamente) son similares a lo que reporta Mesén (1999) en Costa Rica, quien informa que en primera lactancia la novilla Holstein promedio dura 9,60 semanas y en segundo parto 8,56 semanas en alcanzar el pico. El

aumento en las SPMAX se explica mediante la relación inversa que existe entre la producción total y la PMAX, siendo la segunda lactancia la que presenta un incremento mayor en ambos componentes.

La PERS estimada es de 105,96 y 88.30 en primera y segunda lactancia respectivamente, lo cual es superior a lo encontrado en la literatura (Cuadro 8). Solamente en el caso de Mesén (1999) ésta es similar, quien reporta una PERS de 109,77 en primera lactancia y de 89,81 en la segunda lactancia. La similitud puede deberse a el hecho de que ambas investigaciones utilizaron datos provenientes de Costa Rica.

Análisis de la curva de producción en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein

1. Parámetros de la curva

En el cuadro 35 se presentan los valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la primera y la segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.

Cuadro 35. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.

Lactancia	a	b	c	N° Obs.
1	13.1337	0.2342	0.0274	116
2	15.5910	0.2694	0.0341	153

En primera lactancia, el promedio de **a** es de 13.13 kg y en segunda lactancia es de 15.59 kg lo cual resulta mayor a lo estimado por Madalena *et al.* (1979) con 11.36 kg y por Osorio *et al.* (2005) con 7.49 kg. En la comparación con los datos de Madalena *et al.* (1979) la diferencia productiva puede deberse a la

brecha temporal que separa a ambas investigaciones, donde el avance genético de la raza tiene importancia en el desempeño de los hatos. Con respecto a los datos de Osorio *et al.* (2005) la proximidad temporal implica que la mayor productividad de las novillas de la zona norte de Costa Rica probablemente se deba a factores exógenos al animal, tales como sistema productivo, clima, etc.

El promedio de **b** es de 0.23 en primera lactancia y en segunda lactancia de 0.27. El promedio de **c** en primera lactancia es de 0.03 y en la segunda de 0.03. El parámetro **b** resulta mayor a lo encontrado en la literatura, por ejemplo Osorio *et al.* (2005) obtuvieron tasas de incremento de 0.18 y Madalena *et al.* (1979) de 0.01; entonces, en promedio, la novilla $\frac{3}{4}$ Holstein promedio de la zona norte de Costa Rica tiene una tasa de incremento en la producción 24% mayor que con respecto a la novilla $\frac{3}{4}$ Holstein del estudio de Osorio *et al.* (2005) y 93% mayor que en el caso de Madalena *et al.* (1979). Estas diferencias pueden deberse a varios factores, entre ellos el avance genético que han sufrido las razas lecheras a través del tiempo, principalmente al comparar los datos con los de Madalena *et al.* (1979). Otros aspectos son el efecto de época y las condiciones ambientales en el momento de la lactancia. Además, la diferencia en **b** entre las lactancias es de 13.07%, siendo la segunda lactancia la que presenta el mayor crecimiento, esto es consecuente con los valores estimados para **a**, los cuales también son mayores (15.76% más) en la segunda lactancia. En el caso del parámetro **c**, la tasa de decrecimiento es 19.65% mayor en la segunda lactancia, lo cual indica que aunque existe una mayor producción diaria promedio, el impacto de dicho aumento en la producción acelera el descenso de la misma.

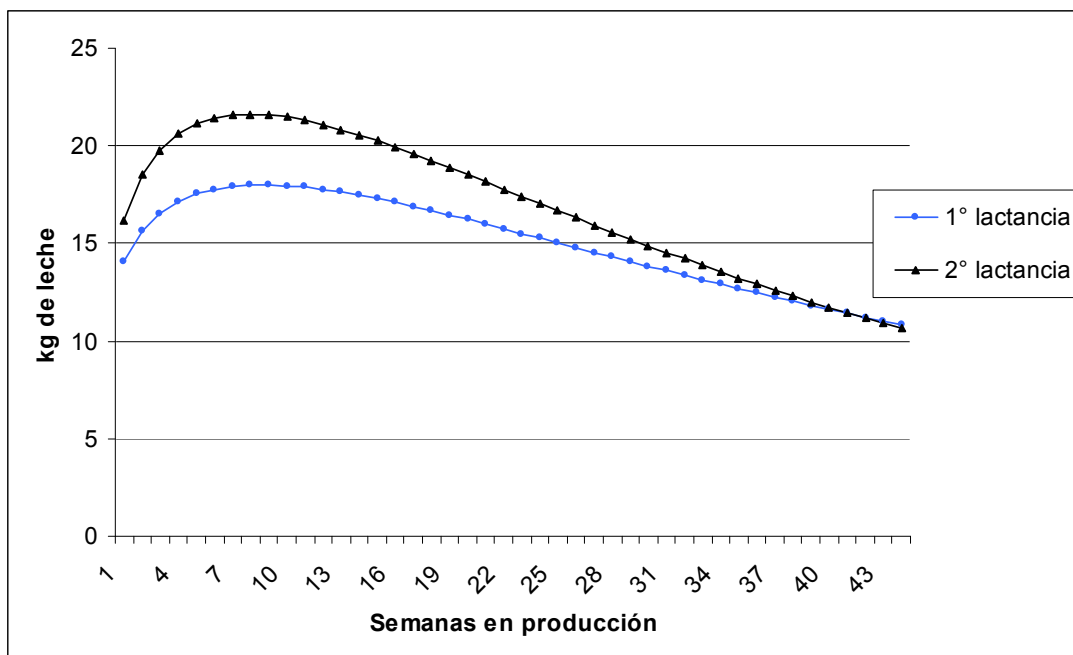


Figura 2. Curva de lactancia por número de parto en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.

2. Componentes de la curva

En el cuadro 36 se presentan los componentes de la curva. Se nota un incremento en la PMAX entre la primera y segunda lactancia y una disminución en el número de semanas para alcanzarla. La disminución de la PERS puede explicarse mediante el aumento en la PMAX y en la producción diaria promedio.

Cuadro 36. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein.

Elemento	Lactancia	
	1	2
SPAMX (semanas)	8.26	7.52
PMAX (Kg)	18.50	22.09
PERS	104.53	83.71

La novilla $\frac{3}{4}$ Holstein promedio en este estudio presenta una EPP de 29,53 meses con 4341,53 kg de leche a 305 días producidos durante la primera lactancia; una PMAX de 18.50 kg, tardando 8.26 semanas en alcanzarla y

manteniendo una PERS de 104.53. Alcanza su segunda lactancia a una edad de 43.70 meses, con una P-305d de 4976,42 kg y la PMAX de 22.09 kg, dura 7.52 semanas en alcanzar el pico de lactancia y la PERS es de 83.71.

La PMAX resulta mayor a lo encontrado por Osorio *et al.* (2005) (11.89 kg) en la zona de Tabasco, México y a Madalena *et al.* (1979) (11.48 kg) en Río de Janeiro, Brasil, tanto en primera como segunda lactancia. Este mayor desempeño en el caso de Costa Rica podría explicarse mediante varios factores; pero, uno muy importante es el clima.

Los datos provenientes de Tabasco, México son de una zona tropical húmeda con oscilaciones diurnas de 20°C a 50° C (Osorio *et al.* 2005). Los de Río de Janeiro, Brasil de una zona cuyo clima se clasifica como “*Mild*” (inviernos secos y veranos calientes) (Madalena *et al.* 1979). Mientras que la zona climática de San Carlos, Costa Rica (origen de los datos en este trabajo) está clasificada como bosque muy húmedo pre-montano con precipitaciones a lo largo de todo el año y con temperaturas promedio de 14-28°C. Tales diferencias implican un menor estrés por temperatura con respecto a la región de Tabasco y una disponibilidad forrajera más sostenida con respecto a la región de Río de Janeiro, que da mayor seguridad de provisión de alimento para el ganado a lo largo del año.

Otro factor de consideración es que Madalena *et al.* (1979) informan que el ordeño automático no estuvo presente a lo largo de todos los años estudiados (1960 a 1974), contrario a lo que sucede en el caso de la presente investigación,

en donde el uso de máquinas ordeñadoras automáticas es obligatorio en todas las fincas. Según Wehowsky *et al.* (1974) (citado por Thompson 1981) la presión que ejerce la pulsación de la máquina en la ubre, produce un aumento en la producción láctea de 4% a 7.5%. Además, según Woolford y Phillips (1978) (citado por Thompson 1981) hay menor incidencia de infecciones y nivel de erosión en la ubre. Entonces, el uso de este tipo de equipo maximiza la extracción láctea por ordeño y tiene un impacto positivo sobre la salud de la ubre y de la vida útil del animal lo que provoca una P_{MAX} mayor y sostenida en el animal y del hato en general.

El promedio de las S_PMAX es similar al de Osorio *et al.* (2005), (7.41 semanas), siendo ligeramente mayor el tiempo para alcanzar el pico de producción en la primera lactancia (5.95 días más). Resulta mayor, en ambas lactancias, que con respecto a lo informado por Madalena *et al.* (1979), quienes obtuvieron un promedio de las S_PMAX de 5.8 semanas. Nuevamente las diferencias temporales y climáticas influyen en el mejor desempeño de las novillas del presente estudio.

La PERS en primera lactancia, 104.53, es mayor a McDowell y McDaniel (1967), Brandt *et al.* (1974) y González *et al.* (2002), quienes reportan persistencias que varían de 67.50 a 80.00. No obstante, las tres investigaciones citadas tienen años de publicación diferentes entre sí, la PERS presentada por las novillas de la zona norte de Costa Rica es mayor a todas, probablemente debido a un mejor manejo y alimentación del animal que le permite continuar produciendo en forma más sostenida después de alcanzado el pico de producción.

Sin embargo, la PERS presentada en el cuadro 36 es menor a los datos de Madalena *et al.* (1979) (6.08) y de Osorio *et al.* (2005) (6.76); en ambos artículos se utilizó la fórmula $S = -(b+1) \cdot Inc$, que de ser aplicada en los datos obtenidos en la presente investigación, resultaría en una PERS en primera lactancia de 4.44 y en segunda lactancia de 4.29; de este modo, las PERS aquí obtenidas son bastante menores a lo reportado por estos autores, aunque debe tenerse presente el efecto que la PMAX y la producción diaria promedio poseen sobre el desempeño del animal.

Análisis de la curva de producción en ganado ½ Holstein

1. Parámetros de la curva

En el cuadro 37 se presentan los valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la primera y segunda lactancia en ganado ½ Holstein.

Cuadro 37. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado ½ Holstein.

Lactancia	a	b	c	Nº Obs.
1	9.5015	0.3313	0.0383	91
2	13.2072	0.2814	0.0406	123

La producción inicial presenta un valor promedio de 9.50 kg en la primera lactancia y de 13.21 kg en la segunda, lo cual es similar a lo reportado por Vargas y Ulloa (2008) para la zona climática bosque muy húmedo pre-montano, por lo que el desempeño de las novillas de la zona norte de Costa Rica, aquí caracterizadas, está dentro del rango esperado.

El promedio de la tasa de incremento en primera lactancia fue de 0.3313 y en segunda de 0.2814; el de la tasa de depresión en primera lactancia fue de 0.0383 y en la segunda de 0.0406. El promedio del parámetro **b** difiere del encontrado en la literatura, siendo mayor a lo presentado en el cuadro 5. Por lo tanto la novilla ½ Holstein promedio aquí analizada presenta un incremento más acelerado en su producción láctea, previo máxima de la misma. Con respecto a diferencias entre los partos, en la segunda lactancia el parámetro **b** disminuyó, probablemente debido a que inició con una mayor producción y esto puede haber provocado un desgaste fisiológico mayor que el animal no pudo compensar en el resto de la lactancia, por lo que la tasa de depresión aumentó, siendo mayor por cada día transcurrido luego de alcanzado el pico que con respecto a la primera lactancia. Los valores de este último parámetro son similares a los de Vargas y Ulloa (2008).

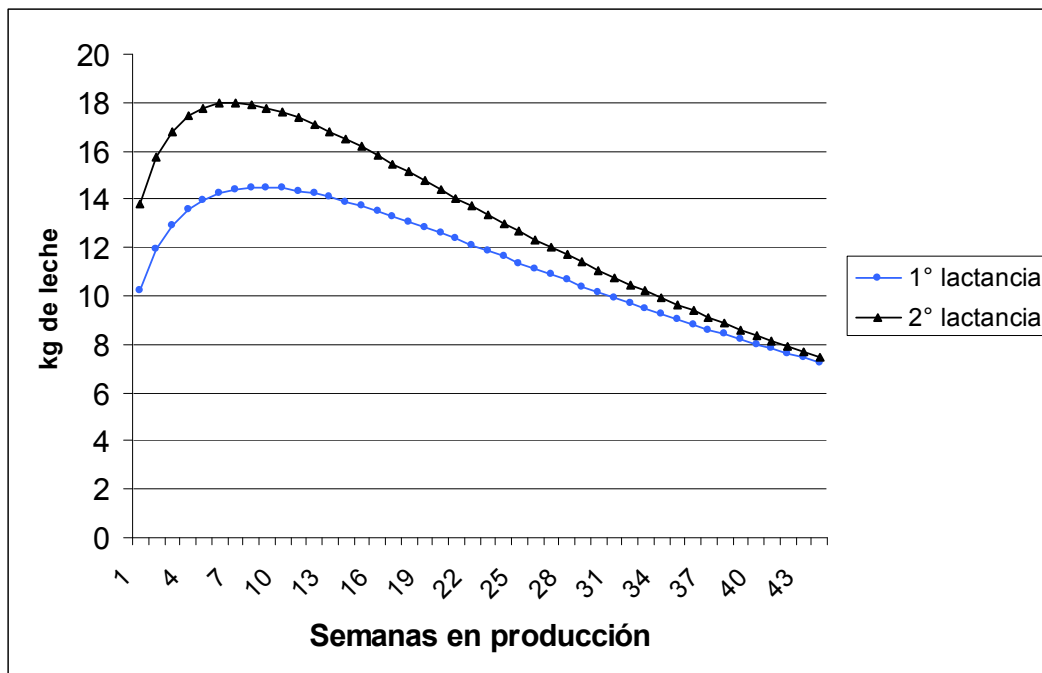


Figura 3. Curva de lactancia por número de parto en ganado ½ Holstein.

2. Componentes de la curva

Los datos obtenidos para la estimación de los componentes de la curva (Cuadro 38) muestran un incremento en la P_{MAX} entre la primera y segunda lactancia; además, de una disminución de 1.85 semanas para alcanzarla. Sin embargo, ocurre una disminución importante en la P_{ERS} para la segunda lactancia.

Cuadro 38. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado $\frac{1}{2}$ Holstein.

Elemento	Lactancia	
	1	2
SPAMX (semanas)	8.69	6.84
P _{MAX} (Kg)	15.01	18.44
P _{ERS}	96.54	72.50

La novilla $\frac{1}{2}$ Holstein caracterizada en este estudio presenta una EPP de 35.68 meses con 3318.17 kg de leche producidos durante la primera lactancia; una P_{MAX} de 15.01 kg, tarda 8.69 semanas en alcanzarla y mantiene una P_{ERS} de 96.54. Alcanza su segunda lactancia a una edad de 49.49 meses, con una producción láctea de 3915.18 kg, la P_{MAX} es de 18.44 kg, dura 6.84 semanas en alcanzar el pico de lactancia y tiene una P_{ERS} de 72.50.

Las P_{MAX} se asemejan a lo encontrados por Vargas y Ulloa (2008) lo cual puede deberse al efecto de zona climática. A su vez, son menores a las producciones pico en primera lactancia de Oliveira *et al.* (2007) (Cuadro 6) quien analizó 5368 registros productivos de vacas $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Gir en Brasil, probablemente el efecto aditivo de ambas razas es mayor al efecto aditivo promedio en las novillas de la zona norte de Costa Rica por lo que su desempeño es mayor.

El promedio de las SPMAX es similar al de Vargas y Ulloa (2008) en bosque muy húmedo pre-montano, al de Segura *et al.* (2002) y el de Osorio *et al.* (2005). Es menor al promedio de Diack *et al.* (2005); pero, esto es congruente con la PMAX menor que el autor reporta, por lo que el reto fisiológico es menor. También es menor al promedio de Vargas y Ulloa (2008) en la zona de bosque muy húmedo montano bajo en Costa Rica, el cual según Quesada (2007) presenta temperaturas ambientales más frescas (18°C a 12°C) las cuales disminuyen el estrés calórico con respecto aquellos animales manejados en condiciones de bosque muy húmedo pre-montano.

La PERS en primera lactancia, 96.54, es superior a lo encontrado en la literatura. La de la segunda lactancia se ubica dentro del rango hallado en la literatura. Aunque se presenta un incremento en la PMAX y en la P-305d, este no es tal que permita explicar la disminución que se da en la PERS durante la segunda lactancia.

No obstante las novillas de cruces Holstein tienen, en promedio, componentes de la curva menores con respecto a sus pares Holstein, existen similitudes en el comportamiento de los tres grupos. Las novillas Holstein presentan una disminución en las SPMAX en la segunda lactancia de 7.83%, las novillas $\frac{3}{4}$ Holstein de 8.96% pero las $\frac{1}{2}$ Holstein de 21.29% en la misma característica. Las Holstein muestran un aumento de 25.5% en su PMAX, las $\frac{3}{4}$ Holstein de 19.41% y en $\frac{1}{2}$ Holstein 22.85%. En la PERS, las Holstein disminuyen un 16.67%, las $\frac{3}{4}$ Holstein un 19.92% y las $\frac{1}{2}$ Holstein un 24.90%.

Lo anterior parece indicar que una determinada proporción de genes Holstein no implica un comportamiento estable en el desempeño de los animales cruzados con respecto a los puros. Por lo tanto, el porcentaje de genes Holstein presente en el cruce aporta efectos de heterosis que varían según la característica a analizar. Además, a mayor componente genético Holstein, más similar es la forma de la curva de lactancia con los animales puros y a menor componente racial Holstein ($\frac{1}{2}$ Holstein) mayor es el aumento en la producción láctea entre la primera y segunda lactancia.

Análisis de la curva de producción en ganado Jersey

1. Parámetros de la curva

En el cuadro 39 se presentan los valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la primera y segunda lactancia en ganado Jersey.

Cuadro 39. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado Jersey.

Lactancia	a	b	c	N° Obs.
1	12.5166	0.2265	0.0289	601
2	14.8699	0.2355	0.0327	850

La producción inicial presenta un valor promedio de 12.52 en la primera lactancia y 14.87 en la segunda. Estos valores son similares a los informados por Valerín (1997) y Vargas y Ulloa (2008), en diferentes zonas geográficas de Costa Rica.

El parámetro **b** (0.23 en primera lactancia y 0.24 en segunda lactancia), difiere de lo encontrado en la literatura, es mayor a lo informado por Orman *et al.* (1998) (0.004) y por Vargas y Ulloa (2008) (0.08). Sin embargo, Vargas y Ulloa (2008) también reportan tasas de incremento en la producción de 0.12 en la zona de bosque muy húmedo montano, lo cual es similar a lo estimado en esta investigación. La tasa de incremento antes del pico de producción tendió a aumentar de la lactancia primera a la segunda; pero, debido a que la producción promedio inicial también aumentó, la tasa de depresión luego del pico tiene igual tendencia, por lo que en la segunda lactancia es mayor la disminución en la producción por cada día transcurrido luego de alcanzado el pico. Los valores del parámetro **c** (0.03 en ambas lactancias) son similares a los obtenidos por Vargas y Ulloa (2008) (**c**= 0.03) en la zona de bosque muy húmedo pre-montano; pero, son mayores a Orman *et al.* (1998) (**c**= 0.001) en Turquía. Probablemente, las condiciones de manejo y producción bajo las cuales se trabaja son más parecidas entre este estudio y el de Vargas y Ulloa (2008) que con respecto a las condiciones de Orman *et al.* (1998); esto puede explicar las tasas de incremento y de disminución tan disímiles con este último caso.

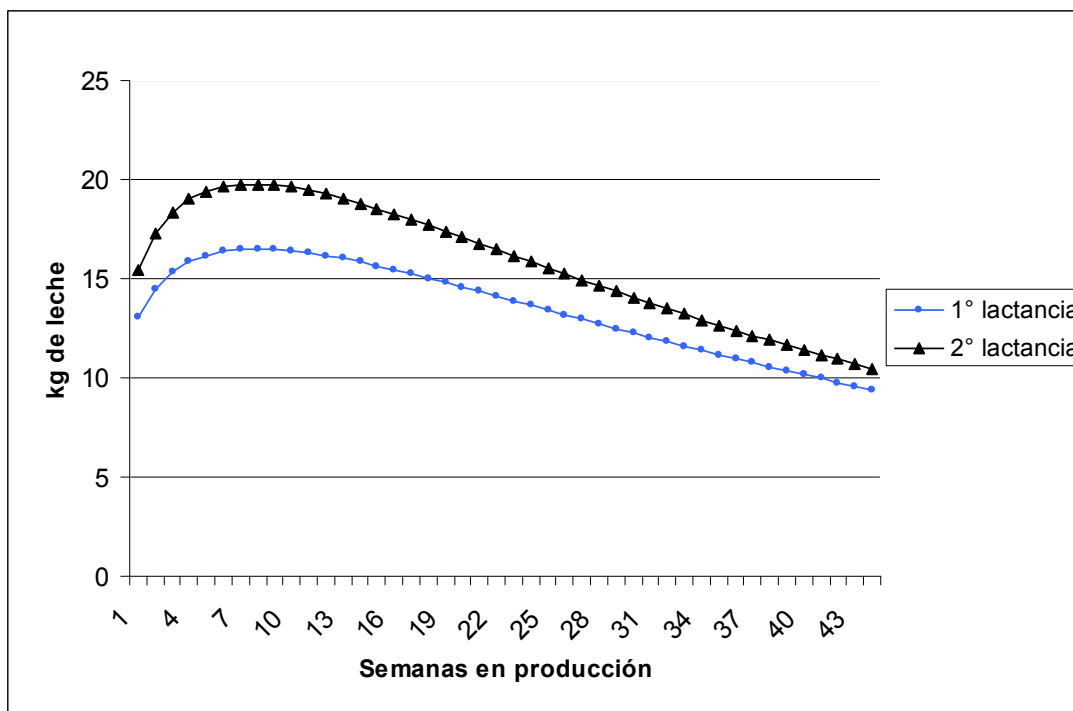


Figura 4. Curva de lactancia por número de parto en ganado Jersey.

2. Componentes de la curva

En el cuadro 40 se presentan los valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la primera y segunda lactancia en ganado $\frac{1}{2}$ Jersey.

Cuadro 40. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado Jersey.

Elemento	Lactancia	
	1	2
SPAMX (semanas)	7.68	7.23
PMAX (Kg)	17.02	20.49
PERS	97.92	87.32

En general, la vaca Jersey caracterizada en este estudio, presenta una EPP de 27,89 meses con 3686,39 de leche a 305 días producidos durante la primera lactancia; una PMAX de 17,02, tardando 7,68 semanas en alcanzarla y manteniendo una PERS de 97.92. Alcanza su segunda lactancia a una edad de

40.73 meses, P-305d de 4165.94 kg, PMAX de 20.49 kg, dura 7.83 semanas en alcanzar el pico de lactancia y tiene una PERS de 87.32.

La PMAX de la primera lactancia se asemeja a lo encontrado por Hickson *et al.* (2006) en hatos manejados con dos ordeños al día en Nueva Zelanda (práctica también usual en la zona de estudio de la presente investigación). En lo que respecta a la PMAX en la segunda lactancia, es similar a la obtenida por Vargas y Ulloa (2008) en la zona de bosque muy húmedo montano.

El promedio de las SPMAX (7.68 y 7.23 en primer y en segundo parto respectivamente) es similar a otras investigaciones realizadas en el país por Valerín (1997) y Soto (1978) (Cuadro 7).

Según Ludwick *et al.* (1942) la persistencia de la segunda lactancia usualmente es 10% menor a la de primera, lo cual se confirma con los datos presentados en el cuadro 40. La disminución en la PERS de la segunda lactancia también puede explicarse mediante el aumento promedio en la P-305d que presenta el animal en la segunda lactancia con respecto a la primera.

Análisis de la curva de producción en ganado ½ Jersey

1. Parámetros de la curva

En el cuadro 41 se presentan los valores estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la primera y segunda lactancia en ganado ½ Jersey.

Cuadro 41. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado ½ Jersey.

Lactancia	a	b	c	N° Obs.
1	12.4133	0.1943	0.0301	46
2	14.3235	0.2206	0.0343	84

La producción inicial presenta un valor promedio de 12.41 kg en la primera lactancia y de 14.32 kg en la segunda, ambos valores se encuentran dentro del rango reportado por Vargas y Ulloa (2008) en diferentes zonas de vida de Costa Rica (Cuadro 5).

La tasa de incremento en la producción láctea (0.19 en la primera lactancia y 0.22 en la segunda) resulta cercana a los diferentes valores reportados por Vargas y Ulloa (2008), específicamente la zona de bosque húmedo pre-montano es la más cercana. La diferencia de **b** entre las dos lactancias puede deberse a que el animal está más desarrollado y puede enfrentar mejor el reto fisiológico de la producción láctea, aumentando incluso la producción inicial.

Los valores estimados de **c**, comparados con los datos de Vargas y Ulloa (2008) son más cercanos a lo reportado para el bosque húmedo tropical que para el bosque muy húmedo pre-montano probablemente porque a pesar de Quesada (2007) clasifica a San Carlos como zona de vida bosque muy húmedo pre-

montano, ésta presenta climas muy diferentes entre sus regiones. Por lo tanto, estas diferencias en la producción pueden considerarse normales.

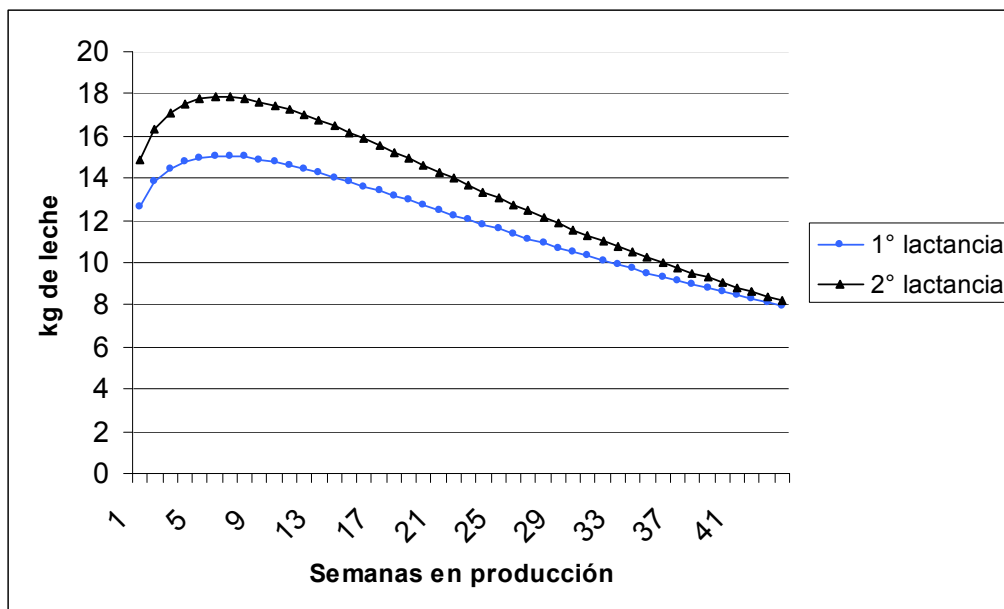


Figura 5. Curva de lactancia por número de parto en ganado ½ Jersey.

2. Componentes de la curva

En el cuadro 42 se presentan los promedios de los componentes de la curva de lactancia en ganado ½ Jersey.

Cuadro 42. Promedios de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado ½ Jersey.

Elemento	Lactancia	
	1	2
SPAMX (semanas)	6.14	5.74
PMAX (Kg)	15.59	18.40
PERS	84.37	71.80

La novilla ½ Jersey promedio en este estudio presenta una EPP de 29.62 meses con 3393.74 kg de leche a 305 días producidos durante la primera

lactancia; una P_{MAX} de 15.59 kg, tardando 6.14 semanas en alcanzarla y manteniendo una PERS de 84.37. Alcanza su segunda lactancia a una edad de 42.77 meses, P-305d de 3975.56 kg, P_{MAX} de 18.40 kg, dura 5.74 semanas en alcanzar el pico de lactancia y tiene una PERS de 71.80.

Los datos obtenidos para la estimación de los componentes de la curva (Cuadro 42) muestran un incremento en la P_{MAX} entre la primera y segunda lactancia y una disminución en el número de semanas para alcanzarla. El aminoramiento de la PERS puede explicarse mediante la disminución teórica esperada de alrededor del 10% en segunda lactancia con respecto a la primera, como se mencionó anteriormente.

Las P_{MAX} se asemejan a lo encontrado por Vargas y Ulloa (2008), específicamente en la zona de bosque húmedo tropical, igual como sucedió con el comportamiento del parámetro *c*.

El promedio de las S_PMAX es similar al de Vargas y Ulloa (2008), tanto en clima muy húmedo pre-montano como muy húmedo tropical. Los datos procedentes fuera de Costa Rica (por ejemplo: Tiwari *et al.* (2008) y Diack *et al.* (2005)), de clima también tropical, parecen indicar que el efecto del clima no influye tanto como el de manejo, alimentación y grado de tecnificación de la explotación.

La PERS en primera lactancia (84.37) es similar a lo reportado por Diack *et al.* (2005) y superior a los demás valores encontrados en la literatura para primera

lactancia. La persistencia de la segunda lactancia (71.80) es mayor a la informada por McDowell *et al.* (1961). Esto sugiere que la novilla $\frac{1}{2}$ Jersey promedio de este estudio, demuestra una mayor habilidad de adaptación al medio que le permite un mayor desempeño productivo que con respecto a la del estudio de McDowell *et al.* (1961); además, debe tenerse en cuenta el progreso genético que ha sufrido la raza a través del tiempo.

No obstante, las novillas $\frac{1}{2}$ Jersey muestran en promedio, componentes de la curva de lactancia más bajos que con respecto a sus pares Jersey, ambos grupos tienen un comportamiento similar. De este modo, las novillas Jersey presentan una disminución en las SPMAX de 5.85% en la segunda lactancia y las novillas $\frac{1}{2}$ Jersey de 6.51%. En las Jersey hay un aumento de 15.27% en su PMAX y en las $\frac{1}{2}$ Jersey de 16.94% e igual sucede con el comportamiento de la PERS, siendo la disminución en la segunda lactancia en las Jersey de 10.83% y en las $\frac{1}{2}$ Jersey de 14.90%. Esto parece indicar que el componente Jersey, al menos hasta en un 50%, se mantiene dominante en la habilidad adaptativa lo cual permite que el desempeño productivo del animal híbrido sea similar al del animal de raza pura.

Análisis de la curva de producción en ganado HxJ

1. Parámetros de la curva

En el cuadro 43 se presentan los estimados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la primera y segunda lactancia en ganado HxJ.

Cuadro 43. Valores estimados de parámetros de la curva de primera y segunda lactancia en ganado HxJ.

Lactancia	a	b	c	N° Obs.
1	12.1755	0.2531	0.0297	423
2	15.7764	0.2533	0.0347	561

En primera lactancia, el valor estimado para el parámetro **a** es similar a lo estimado por Vargas y Ulloa (2008) en la zona de bosque húmedo tropical. En la segunda lactancia, la producción inicial se asemeja a varias de las zonas analizadas por Vargas y Ulloa (2008), por lo que es posible sugerir que el comportamiento productivo del grupo racial en la segunda lactancia tiende a estabilizarse, aún en diferentes zonas climáticas.

El parámetro **b** de la presente investigación, es mayor a lo encontrado en la literatura consultada, el valor que obtuvieron Vargas y Ulloa (2008) fue de 0.145 (en la zona de bosque húmedo pre-montano) y en el caso particular del bosque muy húmedo pre-montano fue de 0.125. Además, la diferencia entre ambas lactancias aquí reportadas es de 0.0002, por lo que hubo un desempeño similar en ambas que puede deberse a las condiciones de manejo y ambiente estables a lo largo de los años en estudio.

El parámetro c estimado de ambas lactancias se encuentra dentro del rango reportado por Vargas y Ulloa (2008), pero, el comportamiento de cada lactancia varía entre diferentes zonas de vida. La disminución estimada en la primera lactancia es más cercana a la del bosque húmedo tropical; mientras que la de la segunda lactancia es similar a la obtenida en el bosque muy húmedo premontano.

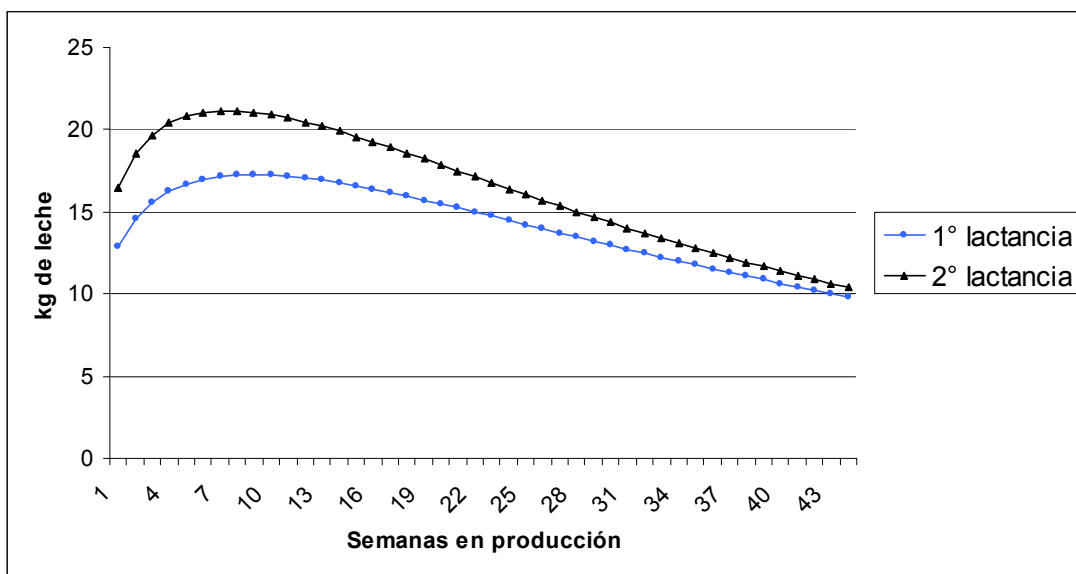


Figura 6. Curva de lactancia por número de parto en ganado H x J.

2. Componentes de la curva

El cuadro 44 muestra los componentes de la curva.

Cuadro 44. Promedio de los componentes de la curva de lactancia en primer y segundo parto en ganado HxJ.

Elemento	Lactancia	
	1	2
SPAMX (semanas)	8.30	6.93
PMAX (Kg)	17.77	21.68
PERS	101.38	81.92

La novilla HxJ promedio, en este análisis, presenta una EPP de 29.26 meses con 3920,28 kg de leche a 305 días producidos durante la primera lactancia; una PMAX de 17.77 kg, tardando 8.30 semanas en alcanzarla y manteniendo una PERS de 101.38. Alcanza su segunda lactancia a una edad de 42.62 meses, con P-305d de 4674,51 kg, PMAX de 21.68 kg, dura 6.93 semanas en alcanzar el pico de lactancia y una PERS de 81.92.

Las PMAX se encuentran dentro del rango de la literatura consultada (Cuadro 6).

El promedio de las SPMAX en primera lactancia es similar al de Vargas y Ulloa (2008), quienes estimaron 7.1 semanas en la zona de bosque muy húmedo pre-montano. Pero el promedio de la segunda lactancia es mayor al de la literatura consultada.

La PERS de ambas lactancias es mayor a la encontrada por Vargas y Ulloa (2008), con un rango de 38.76 hasta 53.94, y específicamente de 39.60 en el bosque muy húmedo pre-montano. Esta diferencia con respecto a los datos encontrados en la literatura consultada, pueden atribuirse a diferencias de manejo y la época de parto. Según Wood (1972), el efecto de la época del parto sobre la PERS es dependiente del crecimiento del pasto, como fuente principal de la alimentación para el ganado, en climas tropicales.

Debido a que las novillas HxJ tienen un 50% de genes Holstein y 50% genes Jersey, resulta adecuado realizar una comparación entre los tres grupos

raciales. En la segunda lactancia: las SPMAX de las novillas HxJ presentan una disminución de 16.5%, las novillas Jersey de 5.86%, y las Holstein de 7.83%. En la PMAX las HxJ muestran un aumento de 18.04%, las Jersey de 16.94% y las Holstein de 20.33%. La PERS en HxJ disminuye 19.20%, en las Jersey 10.83% y en las Holstein en 16.67%.

Las novillas HxJ son las que presentan la mayor disminución en las semanas para alcanzar el pico de la segunda lactancia. Sin embargo, no obtienen el mismo aumento productivo de las Holstein.

El cruce HxJ produce más kilos de leche promedio que la Jersey, lo cual indica un efecto positivo por heterosis que aportan los genes Holstein. En cuanto a la PERS en primera lactancia, las HxJ presentan un valor similar al de las Holstein (101.38 y 105.96 respectivamente). Sin embargo, no ocurre así en la segunda lactancia donde los tres grupos raciales se comportan similares, siendo los de raza pura los que tienen mayor persistencia, además solamente el grupo Jersey demuestra un comportamiento en su persistencia cercano al 10% de disminución teórica.

Efectos de la edad al parto sobre los componentes de la curva de lactancia

La edad al parto no tiene un efecto significativo ($P > 0.05$) sobre ningún componente de la curva, excepto la ESP sobre la producción máxima en los siguientes casos: en los grupos raciales Holstein y Jersey hay un efecto altamente significativo ($P < 0.01$).

La raza solamente presentó efectos significativos sobre los siguientes componentes de la curva: un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre las SPMAX de la primera lactancia y sobre la PMAX de ambas lactancias; sobre la PERS de la segunda lactancia un efecto significativo ($P < 0.03$).

En el caso de la PERS (Cuadro 45) en primera lactancia, la prueba Duncan determina que no existe diferencia significativa entre las novillas con componente Holstein con respecto a las demás razas. Sin embargo, el aspecto económico de tales diferencias refleja importancia. Entre mayor sea la PERS sostenida por la novilla, mayor es la cantidad de kilos de leche a obtener por unidad y esto aumenta la rentabilidad del animal y del hato en general.

Cuadro 45. Resultado del análisis de la prueba Duncan del efecto de raza sobre la PERS en primera y segunda lactancia.

Raza	PERS ^(L1)	PERS ^(L2)	N° Obs.
Holstein	107.05 ^{AB}	90.04 ^{AB}	404
¾ Holstein	102.95 ^{AB}	80.63 ^{AB}	50
½ Holstein	120.72 ^A	83.50 ^{AB}	13
H x J	99.28 ^{AB}	81.15 ^{AB}	227
Jersey	95.55 ^{CB}	94.31 ^A	200
½ Jersey	77.14 ^C	66.35 ^B	26

En las SPMAX (Cuadro 46) en primera lactancia, todas las razas se comportan estadísticamente igual, exceptuando a las novillas ½ Jersey, las cuales duran menos semanas en alcanzar el pico de producción; pero, al observar las SPMAX de las ½ Holstein se nota que también éstas difieren del resto, siendo las que más tardan en alcanzar el pico (9.56 semanas). Lo anterior implica que para las novillas ½ Holstein en una lactancia de 44 semanas, es menor el número de semanas durante las cuales se obtendrá una mayor producción diaria promedio lo que aumenta el costo de manutención del animal y del hato. Similar es el comportamiento durante la segunda lactancia, solamente que en esta son las novillas Holstein las que más tardan en alcanzar su máxima productividad.

Cuadro 46. Resultado del análisis de la prueba Duncan del efecto de raza sobre SPMAX

Raza	SPMAX ^(L1)	SPMAX ^(L2)	N° Obs.
Holstein	9.1 ^A	8.28 ^A	404
¾ Holstein	8.30 ^A	7.41 ^A	50
½ Holstein	9.56 ^A	7.91 ^A	13
H x J	8.25 ^A	7.06 ^{AB}	227
Jersey	7.73 ^A	7.83 ^A	200
½ Jersey	5.65 ^B	5.43 ^B	26

La PMAX (Cuadro 47), en primera y segunda lactancia, de las novillas Holstein es la mayor y significativamente distinta a la de los demás grupos raciales analizados.

Entre los grupos ½ Holstein y ½ Jersey la productividad de la primera lactancia es similar; pero, en la segunda lactancia el grupo ½ Holstein presenta un mayor aumento que la ½ Jersey, probablemente asociado al efecto de la mayor productividad de la raza Holstein con respecto a la Jersey. El grupo HxJ tiene

mayor rendimiento, en ambas lactancias, que los otros dos grupos, debido al mayor efecto aditivo que las dos razas lecheras aportan al cruce.

Cuadro 47. Resultado del análisis de la prueba Duncan del efecto de raza sobre PMAX

Raza	PMAX^(L1)	PMAX^(L2)	N° Obs.
Holstein	23.7 ^A	29.86 ^A	404
¾ Holstein	19.30 ^B	23.04 ^B	50
½ Holstein	15.39 ^C	19.28 ^{BC}	13
H x J	18.15 ^{BC}	23.01 ^B	227
Jersey	17.35 ^{BC}	23.63 ^B	200
½ Jersey	15.80 ^C	16.46 ^C	26

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

- 1.1. La edad al parto representa un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la producción láctea de la primera y segunda lactancia en todos los grupos raciales, excepto en la primera lactancia de los grupos $\frac{1}{2}$ Jersey y HxJ y en la producción de la segunda lactancia del grupo $\frac{1}{2}$ Jersey.
- 1.2. La edad óptima de empadre para lograr maximizar la producción láctea del animal varía de acuerdo con el componente racial del mismo.
- 1.3. Las EPP se distribuyen desde antes de los 2 años de edad hasta menor o igual a los 3 años de edad. Las razas Holstein, $\frac{1}{2}$ Holstein y $\frac{1}{2}$ Jersey son las que presentan menor edad al momento del parto siendo los dos últimos grupos los de menor producción de los 6 grupos analizados. Las novillas Jersey, $\frac{3}{4}$ Holstein y HxJ se ubican en el rango de 2 a 3 años.
- 1.4. La edad al segundo parto es uniforme en todas las razas para la maximización en la producción láctea, la cual se ubica de 3 a 4 años.
- 1.5. La raza Holstein, por lo general, es mayor productora láctea que la raza Jersey, lo cual se repite en los animales media raza para ambos casos (en igualdad de condiciones).

- 1.6. Las novillas HxJ tienen producciones lácteas, en primera y segunda lactancia, mayores y más sostenidas que las novillas $\frac{1}{2}$ Holstein y $\frac{1}{2}$ Jersey.
- 1.7. La habilidad de adaptación de la raza Jersey se mantiene, al menos en una proporción génica del 50%, dado que los animales media raza Jersey son los que presentan menores EPP (29.62 meses en $\frac{1}{2}$ Jersey y 29.26 meses en HxJ) mientras que los animales $\frac{1}{2}$ Holstein tienen la mayor EPP (35.68 meses), el comportamiento se mantiene en la ESP.
- 1.8. El efecto de raza es altamente significativo ($P < 0.01$) sobre la duración de la lactancia, siendo mayor en aquellos animales con componente Holstein que en los que poseen componente Jersey, en ambas lactancias.
- 1.9. Debido al incremento en la producción láctea que se da entre la primera y segunda lactancia, la duración de la misma disminuye aproximadamente 5.4% en promedio para todas las razas, excepto en el caso de la Jersey, la cual es la que presenta mayor constancia en la longitud de la lactancia (variando solamente en 0.32%).
- 1.10. La EPP presenta un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre la duración de la segunda lactancia.
- 1.11. En la longitud del primer intervalo entre partos, la raza y la duración de la lactancia tienen un efecto altamente significativo ($P < 0.01$).

- 1.12.** El primer intervalo entre partos aumenta conforme aumenta la proporción de genes Holstein.
- 1.13.** Conforme aumenta la proporción de genes Jersey disminuye el primer intervalo entre partos.
- 1.14.** En la producción máxima, la edad al segundo parto muestra un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) en el grupo Holstein y en el grupo Jersey.
- 1.15.** La raza presentó un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre las semanas para alcanzar al pico de producción de la primera lactancia, la producción máxima en ambas lactancias y sobre la persistencia de la segunda lactancia un efecto significativo ($P < 0.03$).
- 1.16.** Los animales $\frac{1}{2}$ Jersey tienen la menor persistencia, los Holstein la mayor y los Jersey los que mantienen más constante su desempeño en ambas lactancias.
- 1.17.** En ambas lactancias, las novillas $\frac{1}{2}$ Jersey son las que menos tardaron en alcanzar el pico de producción, las novillas $\frac{1}{2}$ Holstein las que tardan más y las Jersey las que presentan el desempeño más regular entre lactancias.
- 1.18.** En ambas lactancias, las novillas $\frac{1}{2}$ Jersey son las de menor producción láctea máxima, mientras que las Holstein la de mayor.

1.19. El grupo Jersey presenta el mayor aumento en la producción entre la primera y segunda lactancias (26.5%) y el grupo ½ Jersey el menor (4%).

2. Recomendaciones

- 2.1.** Continuar con el análisis de los indicadores productivos y reproductivos según el encaste del grupo racial, la zona climática y el sistema productivo para lograr una guía general al productor para consulta y control del desempeño de la explotación.

- 2.2.** Establecer mecanismos de control que sean dinámicos dentro de los registros digitales para que sea posible alertar al productor acerca de animales o grupos de animales que no estén desempeñándose conforme a lo teóricamente esperado. De esta forma, habría un sistema de alertas periódicas que informen de medidas correctivas, categorizadas por producción o reproducción, a tomar, y de la importancia de cada una con respecto a la productividad y rentabilidad de la operación.

- 2.3.** Realizar análisis comparativos de la susceptibilidad a adquirir enfermedades, problemas parasitarios, trastornos alimenticios, etc. entre los grupos raciales puros y los cruzados para determinar el impacto económico y la rentabilidad total que representa cada uno dentro del hato.

2.4. Caracterizar la curva de producción de sólidos lácteos de los principales grupos raciales encastados del país para determinar en forma más precisa los períodos de mayor eficiencia y rentabilidad de cada grupo racial.

BIBLIOGRAFÍA

- ABOAGYE, S.G. 2002. Phenotypic and genetic parameters in cattle populations in Ghana. Department of Animal Science, University of Ghana, Legon, Ghana. Obtenido el 23 de agosto del 2008 en <http://agtr.ilri.cgiar.org/Casestudy/case-Aboagye-1/casestudy-Aboagye-1.htm>
- AGUILAR, C.I. 2001. Costos de producción de novillas Holstein a primer parto en lecherías especializadas en la zona media de San Carlos y tiempo de retorno de la inversión. Tesis presentada a la Escuela de Zootecnia como requisito parcial para optar al título de Lic. Ing. Agro. con énfasis en Zootecnia. San José, Costa Rica. 121 p.
- AHLBORN-BREIER, G., HOHENBOKEN, W.D. 1991. Additive and Nonadditive Genetic Effects on Milk Production in Dairy Cattle: Evidence for Major Individual Heterosis. *J. Dairy Sci.* 74:592-602.
- ALBERRO, M. 1980. Comparative performance of Holstein-Friesian, Dutch-Friesian and Friesian x Africander heifers in the coastal belt of Mozambique. *Anim. Prod.* 31:43-49.
- ALBERRO, M. 1983. Comparative performance of F₁ Friesian x Zebu heifers in Ethiopia. *Anim. Prod.* 37:247-252.
- ALVAREZ, A.J.R. 1975. Evaluación de 25 años de selección en un hato lechero del trópico húmedo. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 58 p.
- ALVES NETTO, F., FANG, I., DE MELO TELLES, J.D., GUBIOTTI FONZARI, W.M., KVARNSTROM, O.R. 1967. Comportamento médio das vacas e rebanhos controlados pelo Serviço de controle leiteiro da Associação paulista de criadores de bovinos. 1945-66. *Revista dos criadores.* 38:18-108.
- BATRA, T.R., LIN, C.Y., McALLISTER, A.J., LEE, A.J., ROY, G.L., VESELY, J.A., WAUTHY, J.M., WINTER, K.A. 1987. Multitrait Estimation of Genetic Parameters of Lactation Curves in Holstein Heifers. *J. Dairy Sci.* 70:2105-2111.
- BAYEMI, P.H., BRYANT, M.J., PERERA, B.M.A.O., MBANYA, J.N., CAVESTANY, D., WEBB, E.C. 2005. Milk production in Cameroon: A review. *Livestock Research for Rural Development.* 17 (60). Obtenido el 23 de agosto del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/6/baye17060.htm>
- BEJARANO, E.G. 1979. Producción de leche en cuatro grupos raciales en el trópico húmedo. Tesis Mg. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 81 p.

- BERTSCH, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. 1 ed. San José, Costa Rica. 157 p.
- BRANDT, G.W., BRANNON, C.C., JOHNSTON, W.E. 1974. Production of Milk and Milk Constituents by Brown Swiss, Holsteins, and Their Crossbreds. *J. Dairy Sci.* 57:1388-1393.
- BRYANT, J.R., LÓPEZ-VILLALOBOS, N., PRYCE, J.E., HOLMES, C.W., JOHNSON, D.L., GARRICK, D.J. 2007. Short communication: Effect of environment on the expression of breed and heterosis effects for production traits. *J. Dairy Sci.* 90:1548–1553.
- BUVANENDRAN, V., OLAYIWOLE, M.B., PIOTROWSKA, K.I., OYEJOLA, B.A. 1981. A comparison of milk production traits in Friesian x White Fulani crossbred cattle. *Anim. Prod.* 32:165-170.
- CÁMARA DE PRODUCTORES DE LECHE. 2007. Congreso nacional lechero 2007: Momentos de cambio: de la lechería tradicional a la empresa lechera. 28 y 29 de agosto Centro de Convenciones Hotel Ramada-Herradura, San José, Costa Rica.
- CAPUCO, A.V., SMITH, J.J., WALDO, D.R., REXROAD, C.E. 1995. Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 78:2709-2725.
- CARVAJAL-HERNÁNDEZ, M., VALENCIA-HEREDIA, E.R; SEGURA-CORREA, J.C. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Rev. Biomed.* 13:25-31.
- CEDEÑO, D.A., VARGAS, B. 2004. Efecto de la raza y el manejo sobre la vida productiva del bovino lechero en Costa Rica. *Arch. Zootec.* 53:129-140.
- CERÓN-MUÑOZ, M.F., TONHATI, H., COSTA, C.N., ROJAS SARMIENTO, D., SOLARTE PORTILLA, C. 2004. Interação genótipo-ambiente em bovinos da raça Holandesa brasileiros e colombianos. *Arch. Zootec.* 53:239-248.
- CHAGUNDA, M.G.G., BRUNS, E.W., WOLLNY, C.B.A., KING, H.M. 2004: Effect of milk yield-based selection on some reproductive traits of Holstein Friesian cows on large-scale dairy farms in Malawi. *Livestock Research for Rural Development.* 16 (47). Obtenido el 10 de julio del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/7/chag16047.htm>
- CHAVES S.J. 2001. Análisis de las curvas de lactancia y algunos parámetros reproductivos de hato caprino de la finca experimental Sta. Lucía de la Universidad Nacional. Tesis presentada a la Escuela de Zootecnia como requisito parcial para optar al título de Lic. Ing. Agro. con énfasis en Zootecnia. San José, Costa Rica. 87 p.

- CLARK, D., TOUCHBERRY, R.W. 1962. Effect of body and age at calving on milk production in holstein cattle. Dept. of Dairy Sci. University of Illinois, Urbana.
- COLLINS-LUSWETI, E. 1991. Lactation curves of Holstein-Friesian and Jersey cows in Zimbabwe. S. Afr. J. Anim. Sci. 21 (1):11-15.
- CORDEIRO, D.M., MILAGRES, T.N., FERREIRA de FREITAS, A. 1991. Curvas de Lactação de vacas da raça Holandesa mantidas em confinamento total. Arq. Bras. Med. Vet. Zoot. 43 (5):447-458.
- CÓRDOVA-IZQUIERDO, A., PÉREZ, G.J.F. 2005. Relación reproducción-producción en vacas Holstein. Revista electrónica de veterinaria REDVET 6 (2), febrero 2005. Obtenido el 23 de agosto del 2008 en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020205.html>
- CORPORACIÓN DE FOMENTO GANADERO. 2006. Análisis del Censo Ganadero 2000. Obtenido el 23 de octubre del 2008 en <http://corfoga.org/pdf/proyecto/censo2000.pdf>
- DE ALBA, J., KENNEDY, B.W. 1985. Milk production in the Latin-American Milking Criollo and its crosses with the Jersey. Anim. Prod. 41:143-150.
- DE ALBA, J., KENNEDY, B.W. 1994. Genetic parameters of purebred and crossbred Milking Criollo in tropical Mexico. Anim. Prod. 58:159-165.
- DHARA, K.C., RAY, N., SINHA, R. 2006: Factors affecting production of F1 crossbred dairy cattle in West Bengal. Livestock Research for Rural Development. 18 (51). Obtenido el 10 de julio del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/4/dhar18051.htm>
- DIACK, A., SANYANG, F.B., MÜNSTERMANN, S. 2005. Lactation performance on-station of F1 crossbred cattle in The Gambia. Livestock Research for Rural Development. 17 (140). Obtenido el 10 de julio del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/12/diac17140.htm>
- EL AMIN, F.M., SIMERL, N.A., WILCOX, C.J. 1986. Genetic and environmental effects upon reproductive performance of Holstein crossbreds in the Sudan. J. Dairy Sci. 69:1093-1097.
- ETTEMA, J.F., SANTOS, J.E.P. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. J. Dairy Sci. 87:2730–2742.
- FADLELMOULA, A.A., YOUSIF, I.A., ABU NIKHAILA, A.M. 2007. Lactation Curve and Persistency of Crossbred Dairy Cows in the Sudan. J. of Applied Sciences Research 3 (10):1127-1133.
- FAO. 1987. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics FAO Animal Production and Health Papers - 68. 98 p.

- FERRIS, T.A., MAO, I.L., ANDERSON, C.R. 1985. Selecting for Lactation Curve and Milk Yield in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 68:1438-1448.
- FREITAS, M.S., DURÃES, M.C., FREITAS, A.F., BARRA, R.B. 2001. Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco "graus de sangue" originados de cruzamentos entre Holandês e Gir em Minas Gerais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 53 (6):708-713.
- GARCÍA-LÓPEZ, R., GONZÁLEZ, R., PONCE, R. 2001. Evaluation of a milk production system with Holstein cows under tropical conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science* 35 (2):115-121.
- GARCÍA-MUÑIZ, J.V., MARISCAL-AGUAYO, G.D., CALDERA-NAVARRETE, N.A., RAMÍREZ-VALVERDE, R., ESTRELLA-QUINTERO, H., NÚÑEZ-DOMÍNGUEZ, R. 2007. Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *INERCIENCIA* 32 (12):841-846.
- GARCÍA-PENICHE, T.B., CASSELL, B.G., PEARSON, R.E., MISZTAL, I. 2005. Comparisons of Holsteins with Brown Swiss and Jersey cows on the same farm for age at first calving and first calving interval. *J. Dairy Sci.* 88:790-796.
- GARDNER, R.W., SCHUH, S., VARGUS, L.G. 1977. Accelerated growth and early breeding of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 60:1941-1948.
- GARDNER, R.W., SMITH, L.W., PARK, R.L. 1988. Feeding and management of dairy heifers for optimal lifetime productivity. *J. Dairy Sci.* 71:996-999.
- GIESY, R., ELY, L., DE VRIES, A. 2005. 2005 Dairy Business Analysis Project Financial Summary. Proceedings 44th Florida Dairy Production Conference, Gainesville, May 1, 2007. 69-91.
- GLÓRIA, J.R., BERGMANN, J.A.G., REIS, R.B., COELHO, M.S., SILVA, M.A. 2006. Efeito da composição genética e de fatores de meio sobre a produção de leite, a duração da lactação e a produção de leite por dia de intervalo de partos de vacas mestiças Holandês-Gir. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 58 (6):1139-1148.
- GONZÁLEZ, V.N. 1995. Comportamiento de la producción de leche acumulada de vacas Holstein y Jersey, en hatos de la Meseta Central. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. UCR. Costa Rica. 47 p.
- GONZÁLEZ, H., GARCÍA, X., MAGOFKE, J.C., CUEVAS, A. 2002. Comparación de diferentes cruzamientos entre Frisón negro chileno con Frisón neozelandés y con Holstein americano. *Arch. Zootec.* 51:303-314.
- GROSSMAN, M., KUCK, A.L., RTON, H.W. 1986. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 69:195-203.

- GUO, Z., LUND, M.S., MADSEN, P., KORSGAARD, I., JENSEN, J. 2002. Genetic parameter estimation for milk yield over multiple parities and various lengths of lactation in Danish Jerseys by random regression models. *J. Dairy Sci.* 85:1596–1606.
- HARE, E., NORMAN, H.D., WRIGHT, J.R. 2006. Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *J. Dairy Sci.* 89:365–370.
- HEINS, B.J., HANSEN, L.B., SEYKORA, A.J., JOHSON, D.G., LINN, J.G., ROMANO, J.E., HAZEL, A.R. 2008. Crossbreds of Jersey x Holstein compared with pure Holsteins for production, fertility, and body and udder measurements during first lactation. *J. Dairy Sci.* 91:1270-1278.
- HEINRICHS, A.J., HARGROVE, G.L. 1994. Standards of weight and height for Ayrshires, Brown Swiss, and Milking Shorthorn Heifers. *J. Dairy Sci.* 77:1676-1681.
- HICKSON, R.E., LOPEZ-VILLALOBOS, N., DALLEY, D.E., CLARK, D.A., HOLMES, C.W. 2006. Yields and Persistency of Lactation in Friesian and Jersey Cows Milked Once Daily. *J. Dairy Sci.* 89:2017–2024.
- HOFFMAN, P.C., BREHM, N.M., PRICE, S.G., PRILL-ADAMS, A. 1996. Effect of accelerated post pubertal growth and early calving on lactation performance for primiparous Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 79:2024-2031.
- HOLLON, B.F., BRANTON, C., McDOWELL, R.E. Performance of Holstein and Crossbred Dairy Cattle in Louisiana. 1. First Lactation Production. 1969. *J. Dairy Sci.* 52: 498-506.
- HOLMANN, F.J., SHUMWAY, C.R., BLAKE, R.W., SCHWART, R., SUDWEEKS, E.M. 1984. Economic value of days open for Holstein cows of alternative milk yields with varying calving intervals. *J. Dairy Sci.* 67:636-643.
- JOHNSTON, J.E., HAMBLIN, F.B., SCHRADER, G.T. 1958. Factors concerned in the comparative heat tolerance of Jersey, Holstein and Red Sindhi-Holstein (F1) cattle. *J. Anim. Sci.* 17:473-479.
- KHAN, R.N. 2002. Performance evaluation of Jersey cattle at Islamabad. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 15 (5):695-698 (Abstract).
- KING, J.M., PARSONS, D.J., TURNPENNY, J.R., NYANGAGA, J., BAKARI, P., WATHES, C.M. 2006. Modelling energy metabolism of Friesians in Kenya smallholdings shows how heat stress and energy deficit constrain milk yield and cow replacement rate. *Animal Science* 82 (05):705-716.
- KONONOFF, P.J., IVAN, S.K., MATZKE, W., GRANT, R.J., STOCK, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J. 2006. Milk Production of Dairy Cows Fed Wet Corn Gluten Feed During the Dry Period and Lactation. *J. Dairy Sci.* 89:2608–2617.

- LENNON, H.D., MIXNER, J.P. Relation of lactation milk production in dairy cows to maximum initial milk yield and persistency of lactation. 1958. *J. Dairy Sci.* 41:969-976.
- LIN, C.Y., McALLISTER, A.J., BATRA, T.R., LEE, A.J. 1986 Production and reproduction of early and late bred dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 69:760-768.
- LUDWICK, T.M., PETERSEN, W.E., FITCH, J.B. 1943. Some genetic aspects of persistency in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 26:447-455.
- MADALENA, F.E., MARTÍNEZ, M.L., FREITAS, A.F. 1979. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Anim. Prod.* 29:101-107.
- MADALENA, F.E., LEMOS, A.M., TEODORO, R.L., BARBOSA, R.T., MONTEIRO, J.B.N. 1990. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzerá Crosses. *J. Dairy Sci.* 73:1872-1886.
- MADSEN, O. 1975. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. *Anim. Prod.* 20:191-197.
- MAKUZA, S.M., McDANIEL, B.T. 1996. Effects of Days Dry, Previous Days Open, and Current Days Open on Milk Yields of Cows in Zimbabwe and North Carolina. *J. Dairy Sci.* 79:702-709.
- MARINI, P.R. 2004. Comportamiento de vacas de diferentes edades al primer parto. *Arch. Zotec.* 53:205-208.
- MARTINEZ, M.L., LEE, A.J., LIN, C.Y. 1988. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects on lactation performance and reproduction in Brazil. *J. Dairy Sci.* 71:800-808.
- McDOWELL, R.E., FLETCHER, J.L., JOHNSON, J.C. 1959. Gestation length, birth weight and age at first calving of crossbred cattle with varying amounts of Red Sindhi and Jersey breeding. *J. Anim. Sci.* 18:1430-1437.
- McDOWELL, R.E., JOHNSON, J.C., FETCHER, J.L., HARVEY, W.R. 1961. Production characteristics of Jerseys and Red Sindhi-Jersey crossbred females. *J. Dairy Sci.* 44:125-140.
- McDOWELL, R.E., McDANIEL, B.T. 1968. Interbreed Matings in Dairy Cattle. I. Yield Traits, Feed Efficiency, Type and Rate of Milking. *J. Dairy Sci.* 51: 767-777.
- McDOWELL, R.E., HOOVEN, N.W., CAMOENS, J.K. 1976. Effect of Climate on Performance of Holsteins in First Lactation. *J. Dairy Sci.* 59:965-971.
- McDOWELL, R.E. 1985. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health, and fitness. *J. Dairy Sci.* 68:2418-2435.

- McDOWELL, R.E., WILK, J.C., TALBOIT, C.W. 1996. Economic Viability of Crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for Dairying in Warm Climates. J. Dairy Sci. 79:1292-1303.
- MEINI, G. 1973. Adaptación al trópico de Pucallpa de un hato Holstein holandés. Informe presentado en el IV Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Huancayo, Peru, Nov. 1973.
- MESEN, B.M.A. 1999. Evaluación de la curva de lactancia de vacas de la raza Holstein. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. UCR Costa Rica. 80 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2007. Agro-Cadena de leche. Dirección Regional Central Occidental Grecia, Alajuela. Obtenido el 23 de octubre del 2008 en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00071.pdf>
- MOLINA, J.R., BOSCHINI, C. 1979. Ajuste de la curva de lactancia de ganado Holstein con un modelo lineal modal. Agron. Costarr. 3 (2):167-174.
- MUREDA, E., MEKURIAW ZELEKE, Z. 2007: Reproductive Performance of Crossbred Dairy Cows in Eastern lowlands of Ethiopia. Livestock Research for Rural Development. 19 (161). Obtenido el 10 de julio del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/11/mure19161.htm>
- NARANJO, R.V.H. 1983. Evaluación de la producción y reproducción de siete hatos lecheros de las razas Holstein y Jersey en las zonas altas de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. UCR Costa Rica. 55 p.
- NGONGONI, N.T., MAPIYE, C., MWALE, M., MUPETA, B. 2006: Factors affecting milk production in the smallholder dairy sector of Zimbabwe. Livestock Research for Rural Development. 18 (72). Obtenido el 23 de agosto del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/5/ngon18072.htm>
- NIEUWHOF, G.J., POWELL, R.L., NORMAN, H.D. 1989. Ages at calving and calving intervals for dairy cattle in the United States. J. Dairy Sci.72:685-692.
- NILFOROOSHAN, M.A., EDRISS, M.A. 2004. Effect of Age at First Calving on Some Productive and Longevity Traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. J. Dairy Sci. 87:2130-2135.
- OJANGO, J.M., POLLOTT, G.E. 2001. Genetics of milk yield and fertility traits in Holstein-Friesian cattle on large-scale Kenyan farms. J. Anim Sci. 79:1742-1750.
- OLIVEIRA, H.T.V., REIS, R.B., GLÓRIA, J.R., QUIRINC, R., PEREIRA, J.C.C. 2007. Curvas de lactação de vacas F₁ Holandês-Gir ajustadas pela função gama incompleta. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 59 (1):233-238.

- OLTENACU, P.A., ROUNSAVILLE, T.R., MILLIGAN, R.A., HINTZ, R.L. 1980. Relationship between days open and cumulative milk yield at various intervals from parturition for high and low producing cows. *J. Dairy Sci.* 63:1317—1327.
- ORMAN, M.N., YILDIRIM, F. 1998. Statistical Description of Lactation Curve of Jersey Bred in Karaköy State Farm. *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences* 22:131-135.
- ORREGO, A.J., DELGADO, C.A., ECHEVARRÍA, C.L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas Holstein en la Cuenca de Lima. *Rev. Inv. Vet. Perú*; 14 (1): 68-73.
- ORTIZ, C.C. 1986. Caracterización reproductiva de un hato Holstein y Jersey en una finca ubicada en la zona alta de la provincia de Alajuela. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. UCR Costa Rica. 73 p.
- OSORIO, M.M., SEGURA, J.C. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Tec. Pecu. Mex.* 43 (1):127-137.
- PEARSON DE VACCARO, L. 1977. Animal breeding: Selected articles from the World Animal Review. FAO animal production and health Paper 1. 133 p.
- PIRLO, G., MIGLIOR, F., SPERONI, M. 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83:603–608.
- POWELL, R.L. 1985. Trend of age at first calving. *J. Dairy Sci.* 68:768-772.
- PURI, R., SHARMA, N.S. 1965. Prediction of lifetime production on basis of first lactation yield and age at first calving for selection of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 48:462-467.
- QUESADA M.R. 2007. Los Bosques de Costa Rica. IX Congreso Nacional de Ciencias Exploraciones fuera y dentro del aula 24 y 25 de agosto, 2007, Instituto Tecnológico de Costa Rica Cartago, Costa Rica. 16 p.
- QUINTERO, J.C., SERNA, J.I., HURTADO, N.A., NOGUERA, R.R., CERÓN-MUÑOZ M.M.F. 2007. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. *Rev. Colom. Ciencia Pecuaria* 20 (2):149-156.
- RIVERA, G.A. 2000. Determinación del retorno de la inversión en la crianza de novillas Jersey a primer parto en la zona de altura de la Meseta Central de Costa Rica. Tesis presentada a la Escuela de Zootecnia como requisito parcial para optar al título de Lic. Ing. Agron. con énfasis en Zootecnia. San José, Costa Rica. 101 p.

- RUAS, J.R.M., CARVALHO, B.C., SILVA-FILHO, J.M., SILVA, M.A., PALHARES, M.S., BRANDÃO, F.Z. 2007. Efeito da base genética materna e da estação de parição sobre variáveis produtivas de fêmeas primíparas Holandês x Zebu. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 59 (1):218-224.
- RUVUNA, F., McDOWEL, R.E., CARTWRIGHT, T.C., McDANIEL, B.T. 1986. Growth and reproduction characteristics of purebred and crossbred dairy cattle in first lactation. J. Dairy Sci. 69:782-793.
- SCHAEFFER, L.R., HENDERSON, C.R. 1971. Effects of days dry and days open on Holstein milk production. J. of Dairy Sci. 55:107-112.
- SCHUTZ, M.M., HANSEN, L.B., STEUERNAGEL, G.R., KUCK, A.L. 1990. Variation of Milk, Fat, Protein, and Somatic Cells for Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 73:484-493.
- SEGURA, J.C., OSORIO, M.M. 2002. Choice of phenotypic (co)variances structure for test day records in *Bos taurus* x *Bos indicus* cows under a dual-purpose cattle system. Livestock Research for Rural Development 14 (1). Obtenido el 22 de agosto del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/1/segu141.htm>
- SHANKS, R.D., BERGER, P.J., FREEMAN, A.E., DICKINSON, F.N. 1981. Genetic Aspects of Lactation Curves. J. Dairy Sci. 64:1852-1860.
- SLAMA, H., WELLS, M.E., ADAMS, G.D., MORRISON, R.D. 1976. Factors affecting calving interval in dairy herds. J. Dairy Sci. 59:1334-1339.
- SOLANO, P.C. VARGAS L.B. 1997. El efecto de la velocidad de crecimiento y la edad al primer parto sobre la subsecuente producción de leche. Archivos Latinoamericanos de producción animal. 5 (1):37-50.
- SOTO, M.H. 1978. Determinación de algunas variables fenotípicas útiles para selección en ganado lechero. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. UCR. Costa Rica. 70 p.
- STONAKER, H.H., AGARWALA, O.P., SUNDARESAN, D. 1953. Production characteristics of crossbred, backcross, and purebred Red Sindhi cattle in the Gangetic plains region. J. Dairy Sci. 36:678-687.
- STOTT, A.W., DELORENZO, M.A. 1988. Factors influencing profitability of Jersey and Holstein lactations. J. Dairy Sci. 71:2753-2766.
- SWANSON, W.E. 1967 Optimum growth patterns for dairy cattle. Symposium Department of Dairying, University of Tennessee, Knoxville. J. Dairy Sci. 50:244-252.

- TADESSE, M., TADELLE, D. 2003. Milk production performance of Zebu, Holstein Friesian and their crosses in Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development* 15 (3). Obtenido el 17 de julio del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/3/Tade153.htm>
- TEYER-BOBADILLA, R., MAGAÑA, J.G., SANTOS, J., AGUILAR, C. 2002. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holstein manejadas en un sistema de lechería especializada y otra de doble propósito en el sureste de México. *Livestock Research for Rural Development* 14 (4). Obtenido el 23 de agosto del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/4/teye14>
- TEKERLI, M., AKINCI, Z., DOGAN, I., AKCAN, A. 2000. Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balikesir Province of Turkey. *J. Dairy Sci.* 83:1381-1386
- THOMPSON, P.D. 1981. Milking machines: The pasta twenty five years. *J. Dairy Sci.* 64:1344-1357.
- TIWARI, S.P., NARANG, M.P., DUBEY, M. 2008. Effect of feeding apple pomace on milk yield and milk composition in crossbred (Red Sindhi x Jersey) cow. *Livestock Research for Rural Development* 20 (62). Obtenido el 23 de agosto del 2008 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/4/tiwa20062.htm>
- TOUCHBERRY, R.W. 1992. Crossbreeding effects in dairy cattle: The Illinois experiment, 1949 to 1969. *J. Dairy Sci.* 75:640-667.
- UDOMPRASERT, P., CHANTARAPRATEEP, P., VANGTAL, U. 1991. The use of Peak milk to predict lactation milk yield in Holstein cattle. *Thai J. Vet. Med.* 21 (2):61-67.
- VALERIN, R.J.E. 1997. Caracterización fenotípica y evaluación genética de reproductores Jersey para producción láctea, días abiertos, intervalo entre partos y edad al primer parto. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. U.C.R. Costa Rica. 125 p.
- VANRADEN, P.M., SANDERS, A.H. 2003. Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:1036-1044.
- VARGAS, B., ULLOA, J. 2008. Relación entre crecimiento y curvas de lactancia en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. 20 (122). Obtenido el 22 de agosto del 2008 en <http://www.lrrd.org/lrrd/lrrd20/8/varg20122.htm>
- VARONA, L.C., MORENO, L.A., GARCOA C., ALTARRIBA, J. 1998. Bayesian analysis of Wood's lactation curve for Spanish dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:1469-1478.

- VESELY, J. A., McALLISTER, A.J., LEE, A.J., BATRA, T.R., LIN, C.Y., ROY, G.L., WAUTHY, J.M., WINTER, K.A. 1986. Reproductive performance of crossbred and purebred dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:518-526.
- VILLEGAS, L. 1993. Situación actual y perspectivas del sector lechero. IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. 1:52.
- WELLER, J.I., BAR-ANAN, R., OSTERKORN, K. 1985. Effects of days open on annualized milk yields in current and following lactations. *J. Dairy Sci.* 68:1241-1249.
- WILCOX, C.J., CURL, J.A., ROMAN, J., SPURLOCK, A.H., BECKER, R.B. 1966. Life span and livability of crossbred dairy cattle. *Florida Agricultural Experiment Stations Journal Series*, no. 2397:991-994.
- WINGCHING-JONES, R., PÉREZ, R., SALAZAR, E. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero-SDA/UCR. *Agron. Costarr.* 32 (1):87-94.
- WOOD, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature Lond.* 216:164-165.
- WOOD, P.D.P. 1969. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.* 11:307-316.
- WOOD, P.D.P. 1970. A note on the repeatability of parameters of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.* 12:535-538.
- WOOD, P.D.P. 1972. A note in seasonal fluctuations in milk production. *Anim. Prod.* 15:89-92.
- WOOD, P.D.P. 1980. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *Anim. Prod.* 31:133-141.
- YAÑEZ, E.F. 1987. Efecto del número de parto, época de parto y nivel de producción en el hato, sobre la curva de lactancia de vacas Holstein en explotación intensiva. *Veterinaria-México* 18:265.
- ZAMORANO, H.E. 1986. Análisis cuantitativo de las curvas de lactación hasta el quinto parto en una unidad de producción comercial de ganado Holstein. *Veterinaria-México* 17:133.

ANEXOS

Cuadro 1-A. Promedio de edad al parto, P-305d, DL e IEP de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis de los cruces raciales respectivos en primera y segunda lactancia.

Grupo racial	Promedio		% de Heterosis		Promedio	% de Heterosis
	Holstein	$\frac{3}{4}$ Holstein	$\frac{1}{2}$ Holstein	Jersey		
Lactancia 1						
Característica						
EPP	29.82	0.97	-19.65	27.89	-6.20	
P-305d	5286.13	-17.87	-37.23	3686.39	-7.94	
DL	323.74	3.05	-8.36	292.05	2.72	
IEP	424.27	-0.32	4.16	389.34	-2.74	
Lactancia 2						
ESP	43.84	0.32	-12.89	40.73	-5.01	
P-305d	6309.07	-21.12	-37.94	4165.94	-4.57	
DL	306.38	3.99	-7.82	291.11	-3.37	

Nota: Valores negativos: Menor desempeño con respecto al grupo racial puro

Cuadro 2-A. Promedio de edad al parto, P-305d, DL e IEP de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis respectivos del cruce HxJ en primera y segunda lactancia.

Grupo racial	Promedio		% de Heterosis	
	Holstein	HxJ	Jersey	HxJ
Lactancia 1				
Característica				
EPP	29.82	1.88	27.89	-4.91
P-305d	5286.13	-25.84	3686.39	6.34
DL	323.74	-5.66	292.05	4.58
IEP	424.27	5.10	389.34	-3.42
Lactancia 2				
ESP	43.84	2.78	40.73	-4.64
P-305d	6309.07	-25.91	4165.94	12.21
DL	306.38	-3.38	291.11	1.69

Nota: Valores negativos: Menor desempeño con respecto al grupo racial puro

Cuadro 3-A. Promedio de producción máxima, tiempo al pico de producción y persistencia de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis de los cruces raciales respectivos en primera y segunda lactancia.

Grupo racial	Promedio	% de Heterosis		Promedio	% de Heterosis
	Holstein	$\frac{3}{4}$ Holstein	$\frac{1}{2}$ Holstein	Jersey	$\frac{1}{2}$ Jersey
		Lactancia 1			
Característica					
Producción máxima	22.42	-17.48	-33.05	17.02	-8.40
Semanas al pico	8.81	6.24	1.36	7.68	20.05
Persistencia	105.96	-1.35	-8.89	97.92	-13.84
		Lactancia 2			
Producción máxima	28.14	-21.50	-34.47	20.49	-10.20
Semanas al pico	8.12	7.39	15.76	7.23	20.61
Persistencia	88.30	-5.20	-17.89	87.32	-17.77

Nota: Valores negativos: Menor desempeño con respecto al grupo racial puro

Cuadro 4-A. Promedio de producción máxima, tiempo al pico de producción y persistencia de razas puras Jersey y Holstein con porcentajes de heterosis del cruce HxJ en primera y segunda lactancia.

Grupo racial	Promedio	% de heterosis	Promedio	% de heterosis
	Holstein	HxJ	Jersey	HxJ
		Lactancia 1		
Característica				
Producción máxima	22.42	-20.74	17.02	4.41
Semanas al pico	8.81	5.79	7.68	-8.07
Persistencia	105.96	-4.32	97.92	3.53
		Lactancia 2		
Producción máxima	28.14	-22.96	20.49	5.81
Semanas al pico	8.12	14.66	7.23	3.73
Persistencia	88.30	-7.23	87.32	-6.18

Nota: Valores negativos: Menor desempeño con respecto al grupo racial puro

Cuadro 5-A. Valores promedio de edad al parto, P-305d, DL, IEP de primera y segunda lactancia según grupo racial.

Grupo Racial	Holstein	¾ Holstein	½ Holstein	Holstein x Jersey	Jersey	½ Jersey
Variable						
			Lactancia 1			
EPP	29.82	29.53	35.68	29.26	27.89	29.62
P-305d	5286.13	4341.53	3318.17	3920.28	3686.39	3393.74
DL	323.74	333.61	296.68	305.43	292.05	299.99
IEP	424.27	425.61	406.62	402.64	389.34	400.11
			Lactancia 2			
ESP	43.84	43.70	49.49	42.62	40.73	42.77
P-305d	6309.07	318.60	3915.18	4674.51	4165.94	3975.56
DL	306.38	4976.42	282.41	296.02	291.11	281.30

Cuadro 6-A. Valores promedio de parámetros **a**, **b** y **c** de la curva de lactancia de primera y segunda lactancia según grupo racial.

Grupo Racial	Holstein	¾ Holstein	½ Holstein	Holstein x Jersey	Jersey	½ Jersey
Parámetro						
			Lactancia 1			
a	15.0560	13.1337	9.5015	12.1755	12.5166	12.4133
b	0.2786	0.2342	0.3313	0.2531	0.2265	0.1943
c	0.0307	0.0274	0.0383	0.0297	0.0289	0.0301
			Lactancia 2			
a	18.7309	15.5910	13.2072	15.7764	14.8699	14.3235
b	0.3079	0.2694	0.2814	0.2533	0.2355	0.2206
c	0.0374	0.0341	0.0406	0.0347	0.0327	0.0343

Cuadro 7-A. Valores promedio de los elementos de la curva de lactancia de primera y segunda lactancia según grupo racial.

Grupo Racial	Holstein	$\frac{3}{4}$ Holstein	$\frac{1}{2}$ Holstein	Holstein x Jersey	Jersey	$\frac{1}{2}$ Jersey
Elemento de la curva						
			Lactancia 1			
Producción máxima	22.42	18.50	15.01	17.77	17.02	15.59
Semanas al pico prod.	8.81	8.26	8.69	8.30	7.68	6.14
Persistencia	105.96	104.53	96.54	101.38	97.92	84.37
			Lactancia 2			
Producción máxima	28.14	22.09	18.44	21.68	20.49	18.40
Semanas al pico prod.	8.12	7.52	6.84	6.93	7.23	5.74
Persistencia	88.30	83.71	72.50	81.92	87.32	71.80