

**EL CRECIMIENTO DE NOVILLAS DE REEMPLAZO
EN FINCAS LECHERAS DE COSTA RICA**
**2. EL EFECTO DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO Y LA EDAD AL
PRIMER PARTO SOBRE LA SUBSECUENTE PRODUCCIÓN DE LECHE**

C. Solano Patiño y B. Vargas Leiton

Proyecto Saludo de Hato, Escuela de Medicina Veterinaria,
Universidad Nacional Heredia, Costa Rica

RESUMEN

Se realizó un estudio con 727 novillas de reemplazo (434 Holstein y 293 Jersey) de 24 fincas lecheras de dos zonas de Costa Rica para cuantificar el efecto de la velocidad de crecimiento prepubertal (GDPPR, entre 3 y 10 meses) y pospubertal (GDPP0, entre 11 y 18 meses) y la edad al primer parto (EDPP) sobre la producción de leche durante la primera lactancia (P305). Los parámetros de las curvas individuales de crecimiento de las novillas fueron generados a través del ajuste de las mismas al modelo matemático de Brody. De la ecuación se derivaron las ganancias diarias de peso instantáneas para cada mes de edad desde 1 hasta 18 y se calcularon las ganancias diarias promedio para cada etapa. Con el objetivo de determinar los efectos significativos y las medias de mínimos cuadrados, se realizó un análisis de varianza de modelo lineal con efectos fijos, una covariable (EDPP) e interacciones relevantes. Se analizaron los efectos de las variables GDPPR y GDPP0, tanto como efectos fijos en categorías de ganancia diaria de peso (cGDPPR y cGDPP0) como por su efecto de regresión (covGDPPR y covGDPP0), sobre P305. Los análisis fueron realizados independientemente para cada raza. Los resultados mostraron que el ajuste global de las curvas individuales al modelo matemático fue eficiente. El análisis de covarianza mostró una relación positiva ($P < 0.01$) entre EDPP y P305 tanto en la raza Jersey ($b = 50.61$) como en la Holstein ($b = 75.03$). Los efectos de cGDPPR y cGDPP0 sobre P305 fueron significativos ($P < 0.009$ y $P < 0.03$) solamente en la raza Holstein, observándose una relación positiva entre ambas. Los coeficientes de regresión covGDPPR y covGDPP0 fueron $b = 2.06$ y $b = 1.76$, respectivamente. Se detectaron efectos ($P < 0.01$) de zona de vida, finca anidado en zona y el año de parto tanto en Holstein como Jersey, mostrándose un incremento en la producción durante la primera lactancia a través de los años estudiados. Se concluye que existe un efecto importante de la velocidad de crecimiento sobre la subsecuente producción de leche, teniendo un efecto mayor el crecimiento prepubertal.

PALABRAS CLAVE: Novillas lecheras, Crecimiento prepubertal, Crecimiento pospubertal, Edad al primer parto, Producción de leche, Costa Rica

ABSTRACT

Growth of dairy replacement heifers of Costa Rican farms

2. Effect of growth rate and age at first parturition on subsequent milk production

A study comprising 727 dairy replacement heifers (434 Holstein and 293 Jersey) from 24 dairy farms in two areas of Costa Rica was conducted to quantify the effects of the prepuberal (GDPPR, 3 to 10 months) and postpuberal (GDPP0, 11 to 18 months) growth rates, and the effect of age at first calving (EDPP), on milk yield during the first lactation (P305). The parameters of individual growth curves were generated by fitting them to the mathematical model of Brody. The instantaneous daily weight gains per month (1 to 18) were derived from the equation, and mean daily weight gain was calculated for each growth phase. In order to identify the significant effects and obtain the least square means, an Anova with fixed effects, a covariable (EDPP) and relevant interactions was used. The effects of GDPPR and GDPP0 were studied as fixed effects in categories of daily weight gain (cGDPPR and cGDPP0) or regression effects (covGDPPR and covGDPP0) on P305. Separate analyses were executed for each breed. A good fit of individual growth curves to the Brody model was found. The covariance analysis showed a positive relationship ($P < 0.01$) between EDPP and P305 for both Jersey ($b = 50.61$) and Holstein ($b = 75.03$) heiferes. The effects of cGDPPR and cGDPP0 were significant ($P < 0.009$ and $P < 0.03$), only in the Holsteins, the relationship being positive. The regression coefficients of covGDPPR and covGDPP0 were $b = 2.06$ and $b = 1.76$, respectively. Life zone, farms nested in life zone and year of first calving had effects ($P < 0.01$), with first lactation milk yield showing an increment throughout the years studied. It is concluded that the growth rate during rearing has an important effect on subsequent milk yield, with prepuberal growth having a larger effect.

KEYWORDS: Dairy heifers, Prepuberal growth, Postpuberal growth Age at first calving, Milk yield, Costa Rica

Introducción

El efecto de la velocidad de crecimiento y la edad y peso al parto sobre la subsecuente producción de leche ha sido ampliamente documentado a través del tiempo, con una marcada combinación de enfoques y en algunos casos observándose confusión entre estos efectos (Foldager y Sejrsen, 1987). Desde estudios de principio de siglo, como los incluidos en la revisión de Shultz (1969) y posteriores (Swanson, 1960; Little y Kay,

1979) se han detectado efectos negativos de altas velocidades de crecimiento sobre la producción de leche durante la primera lactancia, así como efectos negativos en el desarrollo de la glándula mamaria. Gardner *et al.* (1977) observaron producciones de leche menores en animales cuyo crecimiento diario fue de 1.1 kg comparados con 0.8 kg. Otras investigaciones, como la de Swanson y Hinton (1964), también observaron un efecto negativo cuando las velocidades de crecimiento fueron muy bajas. Cabe mencionar que se

evaluaba el efecto de la velocidad de crecimiento en este tipo de investigaciones indistintamente de la etapa de vida en la que se encontraban los animales. Crichton *et al.* (1960) evaluaron este efecto en novillas Holstein en distintas etapas y observaron un efecto negativo de velocidades de crecimiento intermedias (600 g/día) en etapas tempranas (menos de 44 semanas) y bajas velocidades (350 g/día) en etapas posteriores en la producción de leche no sólo de la primera, sino también de la segunda lactancia. Por otra parte, Valentine *et al.* (1987) observaron que la velocidad de crecimiento anterior al primer servicio (0.18, 0.62 y 0.94 kg/día) no tuvo efectos significativos sobre la producción y calidad de la leche durante la primera y segunda lactancia. Sin embargo, las novillas con tasas de crecimiento baja o intermedia tendieron a producir más, mientras que la velocidad de crecimiento durante la preñez no tuvo efectos sobre la producción de leche en la primera lactancia. En contraste, Gardner *et al.* (1988) no observaron efectos de la velocidad de crecimiento anterior a la monta, lo cual podría ser explicado por la poca diferencia entre los ritmos de crecimiento (0.89 vs. 0.78 kg/día). Las investigaciones de Foldager *et al.* (1978) mostraron que el ritmo de crecimiento durante la fase de crecimiento entre los 150 y 350 kg de peso vivo tuvo un efecto cuadrático sobre la producción de leche. Posteriormente, Foldager y Sejrsen (1987) demostraron la existencia de un período crítico, ubicado entre los 90 y 200 kg de peso vivo, en el cual las velocidades de crecimiento de 400, 600 y 800 g/día tuvieron un efecto cuadrático sobre la producción de leche durante la

primera lactancia, estableciendo un punto de inflexión cercano a los 700 y 500 g/día en las razas grandes y pequeñas, respectivamente. También demostraron que el fin de este período es cercano a la pubertad. Con respecto al crecimiento posterior a la pubertad, determinaron una relación linealmente positiva con respecto a la producción de leche. Esto coincide con lo observado por Solano (1993) en animales Holstein en condiciones de lecherías de las zonas altas de Costa Rica.

Otro punto de discusión en la literatura es en cuanto al efecto de la edad al parto sobre la subsecuente producción de leche y su efecto relativo con la velocidad de crecimiento. En muchas de las investigaciones anteriores éste no fue evaluado, ya que los experimentos fueron planeados para iniciar la lactancia a una edad muy similar o la edad no fue incluida como covariable afectando la producción de leche. Clark y Touchberry (1962) evaluaron detalladamente el efecto de la edad junto con el del peso al parto, observando que a edades constantes, el efecto del peso fue equivalente a 134 y 7.8 libras de incremento en la producción de leche y grasa por cada 100 libras de aumento en el peso, mientras a un peso constante, el efecto de la edad fue de 46 y 1.2 libras de leche y grasa por cada mes de aumento. En éste, como en otros casos, los efectos de peso y velocidad de crecimiento están confundidos, ya que las edades al parto fueron constantes. Investigaciones posteriores corroboraron el efecto positivo de la edad al parto (Little y Kay, 1979), sin ser concluyentes con respecto al efecto del peso (Bettenay, 1985), debido probablemente a pequeñas diferencias entre los tratamientos. Solano (1993) observó, en zonas de altura de

Costa Rica, un aumento de 69 kg/leche a los 100 días de la primera lactancia por cada 100 días de aumento en la edad al primer parto. Foldager y Sejrsen (1982) demuestran el efecto relativo del ritmo de crecimiento durante la crianza y la edad al parto, siendo el efecto del primero mayor que el del segundo.

Estas investigaciones demuestran claramente que, si bien es cierto que existieron resultados aparentemente contrastantes en cuándo al efecto de la velocidad de crecimiento y la edad al primer parto sobre la subsecuente producción de leche, éstos se debieron a las diferencias en los enfoques y diseños de los experimentos. Por otro lado, la mayoría coincide en que existe un efecto detrimental tanto de altos como de bajos ritmos de crecimiento, siendo este efecto mayor y de tipo cuadrático en la etapa prepubertal y positivamente lineal, pero menor en la pospubertal. Por último, demuestra la relación positiva e independiente de la edad al primer parto sobre la subsecuente producción de leche.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la velocidad de crecimiento prepubertal y pospubertal así como de la edad al primer parto sobre la producción de leche durante la primera lactancia de vaquillas Holstein y Jersey bajo condiciones de manejo de lecherías en Costa Rica.

Materiales y Métodos

La base de datos

El estudio fue realizado con un total de 727 novillas de reemplazo (434 Holstein y 293 Jersey) de 24 fincas de lechería especializada ubicadas en dos

zonas lecheras de Costa Rica: 1. San Carlos y 2. Volcánica central. Los climas prevalecientes en dichas zonas fueron caracterizados según la clasificación de Holdridge (1987) como Bosque muy húmedo tropical (bmh-t), Bosque muy húmedo montano (bmh-M), y Bosque pluvial montano bajo (bp-MB). Se seleccionaron 6 043 hembras (4 264 Holstein y 1 689 Jersey) de una base de datos de crecimiento de 90 fincas lecheras monitoreados por el Proyecto Salud de Hato de la Universidad Nacional (Pérez *et al.* 1994) bajo el sistema VAMPP (Veterinary Automated Management and Production Control Program) (Noordhuizen y Buurman, 1984). Se seleccionaron para el estudio aquellas hembras que cumplieran con las siguientes características: poseer al menos un pesaje por cada período bimenstral entre el mes 1 y el mes 18 de edad y contar con información de producción acumulada hasta al menos los 100 días de la primera lactancia. Por otro lado, se eliminaron del estudio las observaciones de fincas con menos de 10 animales evaluados o las de zonas de vida con una sola finca.

Generación de variables de crecimiento y producción de leche

Al ser el modelo matemático de Brody (mencionado por Fitzhugh, 1976) el de mayor potencialidad para describir el crecimiento de las novillas de reemplazo para las condiciones de Costa Rica (Solano y Vargas, 1997), éste fue utilizado para el ajuste y generación de los parámetros de las curvas individuales de crecimiento. Con el objetivo de cuantificar la precisión de las predicciones del modelo, se calcularon las siguientes estadísticas en forma individual: el error

medio de predicción (EMP); el rango (RA) y la desviación estándar de residuales (DE); y el coeficiente de determinación (R^2), según la misma metodología usada anteriormente (Solano y Vargas, 1997). A partir de estas estadísticas, fueron calculadas sus respectivas medias (MR2, MEMP, MRA, MDE) con el objetivo de obtener estimados de bondad de ajuste globales. Una vez obtenidos los parámetros de las curvas individuales de crecimiento, se calcularon las ganancias diarias de peso instantáneas para cada mes de edad entre el mes 1 y el 18, aplicando la siguiente ecuación:

$$dy/dt = Ak[1 - (y_t / A)], \text{ donde:}$$

dy/dt = la tasa de crecimiento instantánea para cada mes de edad.

A = el estimado del valor asintótico individual.

k = el estimado de la tasa de maduración individual.

y_t = el peso absoluto para cada mes de edad.

Se calculó la media aritmética de la ganancia diaria de peso para cada animal en dos etapas de vida: entre 3 y 10 meses o ganancia prepubertal (GDPPR) y entre 11 y 18 meses o ganancia pospubertal (GDPPO). Ambas variables fueron categorizadas según su pertenencia dentro de cada cuartil.

Se calculó la producción total de leche a 305 días (P305) para cada animal, haciendo proyecciones en aquellas lactancias incompletas con datos de producción acumulada a 100 ó 200 días de lactancia, utilizando los factores de extensión de

Vargas y Solano (1995). En los animales con lactancias inferiores a 305 días y registro de secado, P305 fue igual al acumulado al día del secado, mientras en los animales con lactancias superiores a 305 días, P305 fue igual a la producción acumulada hasta ese límite.

Análisis estadístico

Los efectos de la GDPPR y GDPPO sobre P305 fueron evaluados a través de un análisis lineal con efectos fijos, covariables e interacciones relevantes, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$P305_{ijklmno} = ZO_i + NF_j(ZO_i) + ANPP_k + EPPRP_l + (ANPP * EPPRP)_{kl} + (EPPRP * ZO)_{li} + cGDPPR_m + cGDPPO_n + EDPP + e_{ijklmn}$$

donde:

ZO_i = el efecto de la i -ésima zona de vida.

$NF_j(ZO_i)$ = el efecto anidado de la j -ésima finca en la i -ésima zona.

$ANPP_k$ = el efecto del k -ésimo año de parto.

$EPPRP_l$ = el efecto de la l -ésima época de parto.

$(ANPP * EPPRP)_{kl}$ = el efecto de la interacción entre el k -ésimo año de parto y la l -ésima época de parto.

$(EPPRP * ZO)_{li}$ = el efecto de la interacción entre la l -ésima época de parto y la i -ésima zona de vida.

GDPPR _m	= el efecto del m-ésimo nivel de cGDPPR ó el efecto de covGDPPR.
GDPPPO _n	= el efecto del n-ésimo nivel de cGDPPPO ó el efecto de covGDPPPO.
EDPP	= el efecto de la covariable de edad al primer parto.

A través del análisis de varianza fueron obtenidas las medias de mínimos cuadrados de P305 a cada nivel de cGDPPR y cGDPPPO así como los estimados de b para las covariables EDPP, covGDPPR y covGDPPPO. Se realizaron comparaciones de las medias a través de contrastes ortogonales con el objetivo de detectar diferencias significativas entre cada nivel de cGDPPR y cGDPPPO.

Resultados y Discusión

El ajuste de las curvas individuales de crecimiento al modelo matemático de Brody mostró ser eficiente en términos de la determinación de la varianza al observarse valores altos de MR2. Por otro lado, mostró una alta eficiencia en la predicción de los pesos reales obteniéndose valores bajos de MEMP, MRA y MDE en ambas razas (Cuadro 1). Con base en estos resultados se demuestra una alta precisión en la derivación de las ganancias diarias de peso instantáneas para cada mes de edad entre el 1° y el 18°, obteniéndose estimados confiables de GDPPR y GDPPPO para cada animal.

En el Cuadro 2 se muestran algunas medidas de tendencia central y dispersión para las variables de creci-

miento y de producción de leche, así como los intervalos de ganancia diaria de peso correspondientes a cada cuartil según cada raza, de los cuales fueron derivadas las variables cGDPPR y cGDPPPO. En la Figura 1 se muestran las graficaciones de las curvas de crecimiento promedio de los animales pertenecientes a cada nivel de cGDPPR en ambas razas.

Los resultados de los análisis de varianza de la producción de leche a 305 días de la primera lactancia (Cuadro 3) mostraron que existieron efectos ($P < 0.01$) de la variable zona de vida sobre la producción de leche en ambas razas, obteniéndose producciones de 6 391 y 4 168 kg en la zona bmh-M, 5 568 y 3 988 kg en la zona bp-MB y 4 521 y 3 534 kg en la zona bmh-T de Holstein y Jersey, respectivamente. El efecto de finca anidado en zona fue igualmente significativo ($P < 0.01$). Con respecto a efectos ambientales, se observó que P305 varió significativamente a través de los años estudiados (de 1992 a 1995) con una tendencia positiva, encontrándose un aumento de 3 456 a 4 120 kg y de 5 327 a 5 835 kg en Jersey y Holstein, respectivamente. Por otro lado, no fueron significativos los efectos de la época de parto de las primerizas y sus interacciones con el año de parto y la zona donde se localizaban los animales. Esto pudo deberse a un efecto confundido entre zona de vida y época, debido a que los efectos de la época sobre la producción de leche son en algunos casos opuestos a través de las zonas (por ejemplo, la mayor producción de leche en una zona se alcanza en la época lluviosa, mientras en otras en la seca). Solano (1993) informó la carencia de efecto de la época de parto en una de las zonas estudiadas. La edad

al primer parto ejerció un efecto ($P < 0.01$) sobre la producción de leche en la primera lactancia, siendo ésta una relación positiva en ambas razas. Los coeficientes de regresión ($b = \text{kg de P305/mes de aumento en la edad al primer parto}$) fueron de 75.03 en Holstein y 40.6 en Jersey. En la Figura 2 se muestra gráficamente el efecto aislado de la covariable de edad al primer parto sobre P305 en la raza Holstein. Estos resultados son coincidentes con los de Clark y Touchberry (1962); Little y Kay (1979); Bettanay (1985); Solano (1993). Sin embargo, la magnitud de aumento en la producción fue mayor que los 20.8 kg reportados por Clark y Touchberry (1962) y los 23 kg de Solano (1993).

Con respecto al efecto de la velocidad de crecimiento, el análisis mostró que tanto cGDPPR como CGDPPO tuvieron influencia significativa sobre P305 en la raza Holstein, mientras no lo tuvieron en la Jersey. Las medias de mínimos cuadrados (Cuadro 4) muestran un aumento en la producción de leche conforme la velocidad de crecimiento aumenta, siendo el efecto de cGDPPR menor al efecto de CGDPPO (Figura 3). Estas tendencias fueron también observadas en la raza Jersey aunque las diferencias en los contrastes ortogonales no fueron significativas, lo cual puede ser atribuido a las pequeñas diferencias en la velocidad de crecimiento entre cada nivel de cGDPPR en la raza Jersey (Figura 1). Los efectos de las covariables covGDPPR y covGDPPPO mostraron el mismo comportamiento que las variables categóricas, obteniéndose coeficientes de regresión ($b = \text{kg de P305/gramo de aumento de gdp}$) de 1.15 y 0.87, respectivamente, en la raza Jersey ($P < 0.05$) y 2.06 y 1.76 en la

Holstein ($P < 0.01$). Estos resultados son contrastantes con los estudios primarios (Swanson, 1960; Little y Kay, 1979; Gardner *et al.*, 1977) en el sentido de no observarse efectos negativos de las velocidades de crecimiento altas. Sin embargo, esta comparación se dificulta por las diferencias en los tratamientos de velocidad de crecimiento; en la presente investigación ésta nunca rebasó en promedio 750 g/día ó 631 g/día en Holstein y Jersey, respectivamente, comparado con el valor de 1.1 kg/día informado por Gardner *et al.* (1977). Por otro lado, coinciden con lo observado por Swanson y Hinton, (1964) de menores producciones en animales con crecimientos bajos. En el Cuadro 4 se observa que los animales pertenecientes al cuartil inferior (cGDPPR 1) fueron significativamente inferiores en P305. Posiblemente estos animales tuvieron un nivel de nutrición tan bajo que afectó el desarrollo estructural de la ubre.

Los resultados obtenidos están parcialmente de acuerdo con los de Foldager y Sejrsen (1987) en cuanto a la existencia de un efecto cuadrático entre crecimiento en la etapa prepubertal y la producción de leche, ya que se incrementó la producción conforme aumentó la velocidad de crecimiento. Sin embargo, existe diferencia en cuanto al punto de inflexión, ya que los animales con ganancias mayores a 700 g/día (cGDPPR 4) mostraron un incremento en la producción de leche. Esto sugiere un punto de inflexión superior al señalado por Foldager y Sejrsen (1987). Los resultados del efecto del crecimiento pospubertal son igualmente coincidentes a los encontrados en la literatura.

Conclusiones

La producción de leche durante la primera lactancia está influenciada por la velocidad de crecimiento durante la etapa de crianza, dándose un efecto linealmente positivo entre ambas, con un mayor efecto del crecimiento ocurrido durante la etapa de vida prepubertal. Por otro lado, la ganancia diaria de peso crítica, después de la cual se observan efectos negativos del crecimiento sobre la subsecuente producción de leche, parece ser mayor en las condiciones de lechería estudiadas que en las de algunos otros países. Por último, existe un efecto significativo y linealmente positivo entre la edad al primer parto y la producción de leche durante la primera lactancia.

Literatura Citada

- Bettenay, R. A. 1985. Effect of growth rate and mating age of dairy heifers on subsequent production over four years. *Aust. J. Exp. Agric.* 25:263.
- Clark, D. R. and R. W. Touchberry. 1962. Effect of body weight and calving on milk production in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 45:1500.
- Crichton, J. A., J. N. Aitken, and A. W. Boyne. 1960. The effect of the plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. III. Milk production during the first three lactations. *Anim. Prod.* 3:159.
- Dwinger, R. H., E. Capella, E. Pérez, M. Baaijen, and E. Müller. 1994. Application of a computerised herd management and production control program in Costa Rica. *Trop. Agric.* 71:74.
- Fitzhugh, H. A., Jr. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J. Anim. Sci.* 42:1036.
- Foldager, J., K. Sejrsen, and J. B. Larsen. 1978. Feed intake and growth in rearing period as well as the milk production in first lactation heifers fed ad libitum with barley, fodder sugar beet and long barley straw. *J. Dairy Sci.* 61 suppl. 1:173.
- Foldager, J. and K. Sejrsen. 1982. Nutrition of replacement heifers affects mammary development and their ability to produce milk. *Proc. XII World Cong. World Assoc. Buiatries, Amsterdam*, p. 451-457.
- Foldager, J. and K. Sejrsen. 1987. Mammary gland development and milk production in dairy cows in relation to feeding and hormone manipulation during rearing. In *Cattle Production Research. Danish Status and Perspectives. Landhusholdningselskabets Forlag. Copenhagen*, pp. 102-116.
- Gardner, R. W., J. D. Schuh, and L. G. Vargus. 1977. Accelerated growth and early breeding of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 60:1941.

- Gardner R. W., L. M. Smith, and R. L. Park. 1988. Feeding and management of dairy heifers for optimal lifetime productivity. *J. Dairy Sci.* 71:996.
- Holdridge, L. R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. Por Humberto Jiménez Saa. IICA San José, Costa Rica. 216 p.
- Little, W. and R. M. Kay. 1979. The effect of rapid rearing and early calving on the subsequent performance of dairy heifers. *Anim. Prod.* 19:131.
- Noordhuizen, J. P. T. M. and J. Buurman. 1984. Veterinary automated management and production control programme for dairy farms (VAMPP). The application of MUMPS for data processing. *Vet. Quart.* 6:62.
- Pérez E., M. T. Baayen, E. Y. Cappella, and H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In H. Kuil, R. W. Paling, and J. E. Huhn (Ed.) *Livestock Production and Diseases in the Tropics*. Proc. VI Intern. Conf. Institutes of Tropical Veterinary Medicine. Utrecht, Holanda, pp. 221-224.
- Schultz, L.H. 1969. Relationship of rearing rate of dairy heifers to mature performance. *J. Dairy Sci.* 52:1321.
- Solano, C. E. 1993. La crianza de novillas de reemplazo en fincas lecheras de altura de la zona de Poás, Costa Rica: El crecimiento preparto y la subcuente producción de leche. Tesis de Maestría en Producción Animal Tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatan, México.
- Solano-Patiño, C. E. y B. Vargas-Leiton. 1997. El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica. 1. Tipificación del crecimiento de novillas Holstein y Jersey. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1): 21.
- Swanson, E. W. 1960. Effect of rapid growth with fattening of dairy heifers on their lactational ability. *J. Dairy Sci.* 43:377.
- Swanson, E. W. and S. A. Hinton. 1964. Effect of seriously restricted growth upon lactation. *J. Dairy Sci.* 47:267.
- Valentine, S. C., R. C. Dobos, P. A. Lewis, B. D. Bartsch, and R. B. Wickes. 1987. Effect of live-weight gain before or during pregnancy on mammary gland development and subsequent milk production of Australian-Friesian heifers. *Aust. J. Exp. Agric.* 27:195.
- Vargas, B. y C. Solano. 1995. Factores de proyección y de corrección para producción por lactancia en vacas lecheras de Costa Rica. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3(2):149.

Cuadro 1. Estadísticas medias de la precisión de ajuste de las curvas individuales de crecimiento al modelo matemático de Brody.

Raza	MR2		MEMP		MRA		MDE	
	\bar{x}	d.e	\bar{x}	d.e	\bar{x}	d.e	\bar{x}	d.e
Holstein	0.974	0.034	5.94	3.44	49.1	31.7	15.66	8.82
Jersey	0.953	0.071	5.22	2.46	35.4	21.5	10.61	4.98

Cuadro 2. Medidas de tendencia central y dispersión para las variables de crecimiento y producción de leche para las razas Holstein y Jersey

Variable	\bar{x}	d.e	c.v.	Cuartiles			
				1	2	3	4
Holstein							
GDPPR	610.7	142.11	23.26	<518	519-602	603-695	696
GDPPO	484.5	99.3	20.49	<427	428-487	488-549	550
P305	5 540.6	1 329.9	18.22				
Jersey							
GDPPR	511.9	120.0	23.61	<423	424-507	508-572	573
GDPPO	378.3	69.74	18.43	<329	330-380	381-429	430
P305	4 089.0	1 038.4	18.14				

Cuadro 3. Análisis de varianza para la producción de leche a los 305 días de la primera lactancia en vacas Holstein y Jersey

Fuente de Variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Prob.
Jersey					
Total	293	314883664.42			
Reducción Total	22	165704603.42	7532027.42	13.683	.0000
Efecto de la media	1	3160103.35	3160103.35	5.741	.0173
ZO	2	5507589.22	2753794.61	5.003	.0074
ANPP	3	9566521.41	3188840.47	5.793	.0009
cGDPPR	3	794154.88	264718.29	.481	.6999
cGDPPPO	3	1022091.7	340697.24	.619	.6073
NF 1	3	8862808.17	2954269.39	5.367	.0015
NF 3	2	8150240.37	4075120.18	7.403	.0007
NF 5	4	69516444.9	17379111.2	31.571	.0000
Regresiones					
EDP	1	3488675.70	3488675.70	6.338	.0124
Residuales	271	149179061.00	550476.23		
Holstein					
Total	434	765847094.74			
Reducción Total	28	352150372.76	12576799.02	12.34	.0000
Efecto de la media	1	255259.79	255259.79	.251	.6170
ZO	2	54727961.94	27363980.97	26.85	.0000
ANPP	3	18191953.72	6063984.57	5.95	.0007
cGDPPR	3	11763237.54	3921079.18	3.84	.0099
cGDPPPO	3	8522939.88	2840979.96	2.78	.0397
NF 1	2	6211499.07	3105749.53	3.04	.0485
NF 3	3	27312503.23	9104167.74	8.93	.0000
NF 5	10	175701324.53	17570132.45	17.24	.0000
Regresiones					
EDP	1	21327367.88	21327367.88	20.93	.0000
Residuales	406	413696721.97	1018957.44		

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados de P305 para cada nivel de cGDPPR y cGDPPO para las razas Jersey y Holstein

Efecto	Nivel	Jersey			Holstein		
		n	Medias de mínimos cuadrados	Error	n	Medias de mínimos cuadrados	Error
cGDPPR	1	78	3779.95	127.05	111	5193.94	148.22
	2	72	3856.61	115.31	99	5458.07	128.79
	3	75	3979.17	119.82	111	5476.98	133.14
	4	68	3972.32	135.35	113	5846.77	155.88
cGDPPO	1	70	3773.63	106.07	112	5200.78	132.61
	2	74	3918.73	116.39	102	5429.35	136.63
	3	74	3921.41	123.30	108	5659.17	144.35
	4	75	3974.30	125.75	112	5686.45	144.08

Medias dentro de una columna que no tengan una letra en común son diferentes ($P < 0.05$).