ITEA (2003), Vol. 99A N.° 2, 130-138

PUBERTAD, PESO VIVO Y DESARROLLO CORPORAL EN DIFERENTES BIOTIPOS BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE: UNA ACTUALIZACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Mariana Ballent*, Herminia Graciela Landi, Gladys Bilbao**, Alberto Dick****

* Becaria del CIC

** Producción Bovinos de Leche, Fac. Cs. Veterinarias, Universidad Nacional del Centro, Campus Universitario, Paraje Arroyo Seco, (7000), Tandil Buenos Aires, Argentina
E-mail: landih@vet.unicen.edu.ar

RESUMEN

El presente artículo es una actualización bibliográfica sobre precocidad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche. El inicio temprano de la pubertad y el desarrollo corporal son factores que contribuyen a la sustentabilidad del sistema. El inicio de la pubertad está determinado por el peso vivo y la edad de las vaquillonas, observándose variaciones entre razas y dentro de una misma raza. Se ha establecido el peso corporal óptimo de las vaquillonas en función del peso vivo adulto, a partir de una tasa de crecimiento que les permita alcanzar el 30% del peso adulto a los 6 meses de edad, el 60% del peso adulto a los 15 meses de edad (edad al 1° servicio) y el 90% del peso adulto a los 24 meses de edad (edad al 1° parto). Si bien el peso corporal fue utilizado como único criterio para determinar el desarrollo corporal, se ha observado que mediciones corporales como el perímetro torácico, la altura a la cruz, la altura a la cadera y el largo, permiten interpretar mejor el desarrollo corporal. El efecto que producen dietas con alto plano nutricional sobre el desarrollo mamario, y en consecuencia, sobre la producción láctea futura, depende del biotipo de animal (pesado o liviano). En biotipos pesados, altas tasas de ganancia de peso no han producido una excesiva deposición de grasa en el tejido mamario.

Palabras clave: Vaquillonas, Razas lecheras, Revisión.

SUMMARY

WEIGHTING FAMILIAR AND INDIVIDUAL INFORMATION IN ANIMAL MODELS AND BLUP: 1. GENETIC GROUP MODELS, 2. UNCERTAIN PATERNITY MODELS

The present article is a review about precocity, liveweight and body development in dairy heifers of different biotypes. The onset of puberty and body development are factors that contribute in the maintenance of the system. The onset of puberty is determined by the liveweight and the age of the heifers, noticing variations among breeds and even within the same bred. It has been established liveweight targets in heifers based on the mature liveweight, from what rate of growing that would let them reach the 30% of the mature liveweight at the age of 6 months, 60% of the mature liveweight at the age of 15 months (the age ready for the mating) and 90% of the mature liveweight at the age of 24 months (the age ready for the first calving). The liveweight was used to be the only char-

acteristic to determine the body development, has been observed that body measurements such as the heart girth, wither height, hip width and body length allow a better interpretation of the body development. The effect produced by diets with high nutritional levels on mammary development, and as a consequence, on the future milk production, depends on the animal biotype (heavy or light biotype). In heavy biotypes, high rates of weight gain have not produced excessive fat deposition in the mammary tissue.

Key words: Heifers, Dairy cattle, Review.

Introducción

Para proponer un óptimo régimen de alimentación y manejo para la hembra en desarrollo, es necesario conocer las relaciones que existen entre inicio de la pubertad, desarrollo del tejido mamario y requerimientos energéticos. El inicio temprano de la pubertad, el desarrollo y la longevidad (evaluada como fertilidad y/o meses en producción durante la vida útil) son factores de gran importancia en los sistemas que realizan servicio estacionado o continuo, ya que éstos, junto al crecimiento del tejido glandular mamario, contribuyen a la sustentabilidad del sistema a corto y largo plazo. Estas condiciones óptimas de manejo resultan más factibles de lograr en sistemas intensivos (BOETTCHER, 2001), pero adquieren mayor importancia cuando la alimentación del hato lechero se basa en pasturas, dado la variabilidad en la calidad y cantidad del forraje ofrecida durante el año.

Inicio de la pubertad

La pubertad representa una fase dentro de un desarrollo fisiológico continuo que involucra cambios en el plano reproductivo desde el sistema nervioso central a las gónadas. En este contexto la hembra es púber cuando un folículo ovárico se ha desarrollado suficientemente al punto de lograr una ovulación espontánea con formación de un cuerpo lúteo activo, marcando el momento del comienzo de ciclos estrales regulares. La primera ovulación es comúnmente seguida por un ciclo estral corto que dura 8 días, comparado con el ciclo normal de 21 días de duración. Estos ciclos cortos están asociados con un cuerpo lúteo de menor diámetro y menor concentración media de progesterona que en ciclos normales (EVANS *et al.*, 1994).

El peso vivo es el factor más importante en el comienzo de la pubertad. La edad de inicio de la pubertad también es de gran importancia en los sistemas de base pastoril que presentan estacionalidad en los servicios, principalmente porque para hacer sustentable el sistema, las vaquillonas deberían tener su primer servicio a los 15 meses de edad y parir a los 24 meses de edad (PENNO, 1995). Las vaquillonas que alcanzan la pubertad a los 12 -13 meses de edad tendrían una alta probabilidad de preñarse durante el primer período de servicios y por lo tanto, de parir tempranamente, lo cual permitiría un retorno a la ciclicidad previo al comienzo del período de servicios durante la primera lactancia (MORAN *et al.*, 1989). LEAVER, (citado por GRAVERT, 1987), ya evaluó que la tasa de concepción es mayor para animales entre 12 y 16 meses que para aquellos entre 21 y 27 meses de edad.

Existiría una correlación genética entre edad a la pubertad y parámetros reproductivos como el intervalo parto-primer celo y tasa de preñez. MORRIS *et al.* (1997) y MORRIS *et al.* (1999) obtuvieron después de 10 años de selección una reducción de 39 días a la pubertad, acompañado de una reducción de 24 kg de peso vivo. Además evaluaron una correlación genética de –0,76 y –0,21 a –0,29 entre edad al primer celo y tasa de preñez en dos grupos de vaquillonas de raza Angus respectivamente, observándose además una diferencia de tiempo en el intervalo parto-primer celo de 3 días a favor del grupo de vaquillonas con inicios más tempranos de la actividad cíclica.

En estudios realizados durante la década del '70 se sugería que las vaquillonas iniciaban su actividad sexual cuando alcanzaban un adecuado desarrollo del esqueleto más que una determinada edad (PRITCHARD *et al.*, 1972, citado por BATH *et al.*, 1978). Es importante considerar que la altura a la cruz fue la principal variable predictiva de la edad en el biotipo Holstein, marcando la importancia de las mismas en el inicio de la pubertad (BALLENT *et al.*, 2002).

Actualmente se caracterizan el peso y la edad en los cuales se produce el inicio de la actividad cíclica, variando entre razas y dentro de una misma raza. En las vaquillonas Holstein, el comienzo de la pubertad usualmente ocurre entre los 9 y 11 meses de edad, con un promedio de 250 a 280 kg de peso corporal, respectivamente. En experimentos realizados con hembras Friesian y Rojo Danesas, se observaron tanto inicios de la pubertad tempranos (5 a 6 meses de edad) como largos (18 a 20 meses de edad), pero sólo un 5% de las vaquillonas presentaron celo antes de alcanzar los 200 kg de peso vivo y un 10% lo manifestaron después de los 300 kg de peso vivo (FOLDAGER *et al.*, citado por SEJRSEN y PURUP, 1997).

Las vaquillonas Jersey alcanzan la madurez sexual más tempranamente que las vaquillonas de otras razas. Esto significa que el primer parto puede ocurrir de 2 a 3 meses antes (AAJC, 1999). En vaquillonas Jersey, la pubertad se inicia con un promedio de 170 a 190 kg de peso vivo (SEJRSEN y PURUP, 1997). MCMILLAN *et al.* (1998) comparó la edad y el peso al primer celo de vaquillonas Holstein Friesian y Jersey obteniendo una edad en días de 323 y 312 y un peso vivo de 220 y 170 kg al inicio del celo, respectivamente.

Las variaciones en el momento de inicio de la pubertad dependerán principalmente del nivel de alimentación que reciban las vaquillonas. En vaquillonas Holstein, el promedio de edad al primer celo disminuye de 16,6 a 8,4 meses cuando las ganancias diarias de peso se incrementan de 0,450 a 0,850 kg/día (SEJRSEN y PURUP, 1997).

Tamaño corporal

El peso corporal al primer parto es un factor de heredabilidad relativamente alta comparado con otros factores de selección (h^2 = 0,23 a 0,37) y la inclusión de la variación genética podría mejorar las recomendaciones de desarrollo de la recría. Por selección genética podría alterarse el tamaño corporal en pocas generaciones y seleccionar por vaquillonas de reemplazo más chicas al primer parto pudiendo potencialmente incrementar la eficiencia del alimento, sin comprometer la producción de leche (HOFFMAN, 1997).

Existiría una correlación positiva entre peso vivo al parto y producción de leche en la primera lactancia (KERTZ *et al.*, 1987). Se observó una óptima producción de leche en

la primera lactancia cuando el peso vivo preparto de las vaquillonas Holstein de biotipo pesado fue de aproximadamente 616 kg (HOFFMAN *et al.*, 1992), si bien el peso recomendado varió entre 580 a 635 kg (HOFFMAN *et al.*, 1992; KERTZ *et al.*, 1987).

Se ha cuestionado el uso del peso vivo como único criterio para definir tamaño corporal en vaquillonas Holstein, debido a que éste no incorpora el efecto de la variación genética ni de la composición corporal, la cual puede variar a similar peso vivo adulto de las vaquillonas (HOFFMAN *et al.*, 1996). La vaquillona de reemplazo debería tener un adecuado tamaño corporal hacia los 22 a 24 meses de edad para asegurar una producción aceptable durante la primera lactancia y reducir los problemas de distocia (HOFFMAN *et al.*, 1992). HEINRICHS *et al.* (1992), publicaron una ecuación cuadrática que estima el peso vivo a través de una serie de mediciones corporales como el perímetro torácico, la altura a la cruz, la altura a la cadera y el largo. Con estas mediciones se puede definir el tamaño óptimo del esqueleto, pudiendo ser interpretado mejor que con el peso corporal. Por ejemplo, la altura a la cruz de los reemplazos de primer parto fue mejor determinante que el peso corporal para la producción láctea del pico y por un período de 305 días (MARKUSFELD y EZRA, 1993). Actualmente en Estados Unidos, las guías de desarrollo de vaquillonas incluyen la altura a la cruz como un método para evaluar el desarrollo del esqueleto, siendo coincidentes los resultados encontrados por diversos autores (HOFFMAN *et al.*, 1996; HEINRICHS y HARGROVE, 1987 y HEINRICHS *et al.*, 1992). A su vez, en otro estudio sobre desarrollo de vaquillonas Holstein y su cruza con Jersey, ambas de biotipo liviano, la altura a la cruz fue la principal variable predictiva de la edad en el biotipo Holstein y del peso en la cruza con Jersey (BALLENT *et al.*, 2002).

Otra medida como el área pélvica tiene una correlación negativa con la ocurrencia de distocias (STEVENSON y CALL, 1988). HOFFMAN *et al.* (1996); BORTONE *et al.* (1994) y DECCARETT *et al.* (1993) observaron una baja incidencia de distocia en ganado Holstein (de mayor tamaño) cuando el área pélvica preparto alcanzaba 260 a 270 cm^2.

Peso vivo óptimo durante el crecimiento de la hembra

PENNO y MacDONALD (1996), en evaluaciones de hembras Holstein y Jersey livianas, alimentadas con pasturas, establecieron el peso corporal óptimo de las hembras en función del peso vivo de la vaca adulta (entre los 3 y 4 años de edad) (cuadro 1). Para los 6, 15 y 24 meses de edad, la vaquillona debería pesar el 30, 60 y 90% del peso vivo adulto, siendo estos valores extrapolables a los otros biotipos.

Para lograr este objetivo, las ganancias de peso propuesto se incrementan cuanto mayor es el peso adulto (cuadro 2), registrando diferencias en la concentración energética y proteica de la dieta según el biotipo y/o raza del animal. Esto explica en parte, la variación en la ganancia de peso vivo óptima entre ensayos cuando cambia el peso adulto de la hembra.

Para la raza Holstein se registran tres biotipos producto de programas de selección con objetivos diferentes. El biotipo de mayor peso adulto es de origen americano y/o canadiense de 650-680 kg (NRC, 2001). El biotipo intermedio es de origen europeo y/o australiano, de 550-580 kg y el biotipo liviano, de 480-500 kg es de origen neozelandés. Para la raza Jersey también existen dos biotipos, el de mayor peso vivo adulto

Cuadro 1. Objetivos a alcanzar en los pesos de las vaquillonas (kg) a diferentes edades con relación al peso vivo maduro

Table 1. Targets to achieve the weights of heifers (Kg) at differents ages in relation to liveweight mature

					Peso	adulto	kg	
Edad	% peso adulto	350	400	450	500	550	600	680
6 meses	30	105	120	135	150	165	180	204
15 meses (servicio)	60	210	240	270	300	330	360	408
24 meses (parto)	80-90	315	360	405	450	495	540	612

PENNO y MACDONALD, 1996.

Cuadro 2. Ganancia de peso vivo de vaquillonas con relación al peso vivo maduro

Table 2. Liveweight gain of heifers in relation to liveweight mature

G.D.P.V. (Kg)	350	400	450	500	550	600	680
6 meses al servicio (15 meses)	0,430	0,500	0,563	0,615	0,688	0,750	0,850
servicio al parto (24 meses)	0,390	0,444	0,500	0,550	0,611	0,667	0,756

Adaptado de PENNO y MACDONALD, 1996.

de 450 kg es de origen americano y/o canadiense (NRC, 2001), y el de menor peso vivo adulto es de origen neozelandés con 380-400 kg de peso vivo.

Los pesos óptimos establecidos en Norteamérica para vaquillonas Holstein Friesian son de 600-650 kg preparto. En Australia se recomienda pesos de 525-550 kg para vaquillonas Holstein Friesian y pesos de 380-420 kg para vaquillonas Jersey. Los pesos establecidos en Nueva Zelanda son para vaquillonas Holstein Friesian de 450-500 kg y de 350-380 kg para vaquillonas Jersey (PENNO y MACDONALD, 1996).

La inclusión de cruzamientos entre razas lecheras se ha difundido rápidamente. En la mayoría de los cruzamientos realizados no se ha superado la mejor raza paterna en cuanto a caracteres productivos, cuando una de las razas paternas es la Holstein (SCHMIDT y VAN VLECK, 1975). Las principales ventajas que se evalúan de éstos cruzamientos son el menor tamaño comparado con la raza de mayor peso, la mayor adaptabilidad y versatilidad frente a los cambios del medio ambiente, como así su variación en la composición de la leche y el menor volumen pero mayor porcentaje de sólidos totales que la Holstein. Además, la heterosis, por manifestación del vigor híbrido cuando las razas paternas poseen promedios similares, aumenta la fertilidad, resistencia a enfermedades, longevidad, facilidad en la crianza y la tasa de desarrollo. (MACMILLAN, 2001; LÓPEZ-VILLALOBOS *et al.*, 2000; VAN RADEN, 1995, SCHMIDT y VAN VLECK, 1975).

Influencia de la alimentación sobre el desarrollo mamario

La edad a la pubertad puede adelantarse cuando las vaquillonas son alimentadas con dietas muy altas en energía, posibilitando servicio y parto a temprana edad. Esto puede tener una respuesta variable en producción de leche, asociado con la composición corporal al parto (HOFFMAN *et al.*, 1996). Los efectos que producen dietas con altos planos nutricionales sobre el desarrollo mamario son aún contradictorios, ya que éste se vería afectado no sólo por el tipo de depósito de grasa sino también por el tipo de animal (biotipo pesado o liviano). En investigaciones realizadas con vaquillonas Holstein de biotipo pesado de 3 a 12 meses de edad, se ha determinado que la ganancia diaria de peso podría incrementarse por encima del kg sin una excesiva deposición de grasa (KERTZ *et al.*, 1987). También se observaron diferencias de hasta 107 días para animales que registraban ganancias diarias de peso de 0,600 kg a 1,100 kg sin que ésto afectara la producción durante la primera lactancia. (VAN AMBURGH *et al.*, 1998). Otros autores (DECCARETT *et al.*, 1993) han obtenido resultados similares y han reportado que en este tipo de vaquillonas, un nivel de alimentación del 15% por encima de las recomendaciones del NRC (2001), no ha demostrado efectos adversos.

Recientes estudios (RADCLIFF *et al.*, 1997; VANDEHAAR, 1997) sugieren que concentraciones insuficientes de proteína en vaquillonas prepúberes en rápido crecimiento podrían perjudicar el desarrollo mamario en detrimento de la producción láctea futura. Se ha probado incrementar la ganancia de peso vivo a temprana edad limitando el depósito de grasa a través de mayores cantidades de proteína no degradable en rumen (desde 32% a 42% del contenido total de proteína). La ganancia de peso vivo promedio y eficiencia alimenticia no fue mejorada por los incrementos adicionales de proteína no degradable en rumen (STEEN *et al.*, 1992). Además no tuvo efecto sobre la grasa corporal, proteína del cuerpo o desarrollo del esqueleto hasta los 20 meses de edad (STEEN *et al.*, 1992). Esto no coincidiría con otros ensayos en los cuales se demostró que variaciones del 31% al 55% de la proteína degradable sobre la proteína total, han producido un incremento de la eficiencia alimenticia (TOMLINSON *et al.*, 1990).

Según el NRC (1989), se evaluó una relación de proteína y energía de 59 a 62 gramos de proteína por megacaloría de energía metabolizable (g/Mcal) para vaquillonas menores de 6 meses de edad y 49 a 51 g/Mcal para vaquillonas entre 6 y 12 meses de edad. Recientemente se ha demostrado que un aumento en el contenido de proteína con relación a la energía por sobre lo recomendado por el NRC (1989) incrementó además de la eficiencia alimenticia la ganancia de peso vivo (BAGG *et al.*, 1985), el desarrollo corporal (evaluado como perímetro torácico, altura a la cruz, ancho de cadera) y el desarrollo mamario (evaluado por mediciones de tamaño de ubre y largo de pezón) (MARKUSFELD y EZRA, 1993). Si bien se observó que decreció la condición corporal en vaquillonas Holstein, podría explicarse en parte por un incremento del tejido magro (MARKUSFELD y EZRA, 1993). En vaquillonas Hostein prepúberes alimentadas con dietas de 71 g de proteína por megacaloría de energía metabolizable, se han cuantificado ganancias de peso de 1,200 kg/día, no afectando el desarrollo de la glándula mamaria (SEJRSEN y PURUP, 1997). Similares resultados fueron obtenidos por CAPUCO *et al.* (1995) y LAMMERS y HEINRICHS (2000) con dietas con alto contenido de energía y proteína. A temprana edad, resulta conveniente

incrementar el contenido proteico de la dieta, conjuntamente con altos niveles de energía por encima de lo recomendado por el NRC. Cuando la base de la alimentación es sobre pasturas se dificulta obtener las metas de desarrollo propuestos, especialmente para los biotipos más pesados. En los sistemas de producción basados en pastura sería importante analizar el comportamiento de estos biotipos como así además qué tipo de cruzamiento sería factible de implementar. (MACMILLAN, 2001).

Conclusiones

El inicio temprano de la pubertad y el desarrollo corporal son factores de gran importancia en los sistemas de manejo pastoriles, ya que contribuyen a la sustentabilidad del sistema.

Están cuantificados los pesos vivos óptimos para la recría. Para ello se ha establecido en todas las razas y biotipos lecheros que las vaquillonas deberían tener una tasa de crecimiento que les permita alcanzar el 30%, el 60% y el 85-90% de su peso adulto a los 6 meses; 15 meses (momento del servicio) y a los 24-25 meses (momento del parto), respectivamente.

El peso vivo no es el único parámetro que puede utilizarse como indicador del desarrollo corporal de las vaquillonas. Se deben tener en cuenta otros parámetros como el perímetro torácico, la altura a la cruz, la altura a la cadera y el largo corporal.

Los efectos que producirían dietas con altos planos nutricionales sobre el desarrollo mamario son aún contradictorios, dependiendo del tipo de animal (biotipo pesado o liviano). En animales con mayor peso vivo adulto las mayores tasas de ganancia de peso no producirían una excesiva deposición grasa.

A temprana edad resultaría conveniente incrementar el contenido proteico de la dieta, conjuntamente con altos niveles de energía por encima de lo recomendado por el NRC.

Bibliografia

AACJ, 1999. Jersey Canada, http://www.jerseycanada.com/moreinfo.html

BAGG J., GRIEVE D., BURTON J., STONE J. 1985. Effect of protein on growth of Holstein heifer calves from 2 to 10 months. J. Dairy Sci. 68:2929-2939.

BALLENT M., LANDI H.G., BILBAO G., DICK A., 2002. Evaluación del desarrollo corporal en vaquillonas Holando argentino tipo neozelandés y cruzas con Jersey neozelandés en un sistema pastoril. X Congreso Latinoamericano de Buiatría. Paysandú. Uruguay, pp. 209-210.

BATH D.L., DICKINSON F.N., TUCKER H.A., APPLEMAN R.D., 1978. Dairy cattle: Principles, practices, problems, profits. Second Edition. 292-293.

BOETTCHER P., 2001. 2020 Vision? The future of dairy cattle breeding. J. Dairy Sci. 84(E. Suppl.):E62-68.

BORTONE E.J., MORRILL J.L., STEVENSON J.S., FEYERHERM A.M., 1994. Growth of heifers fed 100 or 155% of National Research Council requirements to 1 year of age then changed to another treatment. J. Dairy Sci. 77:270-277.

CAPUCO A., SMITH J., WALDO D., REXROAD C. Jr., 1995. Influence of prepuberal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. J. Dairy Sci. 78:2709-2725.

DECCARETT M.G., BORTONE E.J., ISBELL D.E., MORRILL J.L., FEYERHEMM A.M., 1993. Performance of Holstein heifers fed 100% or more of National Research Council requirements. J. Dairy Sci. 76: 606-614.

EVANS A.C.O., ADAMS G.P., RAWLINGS N.C., 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up of the first ovulation in prepuberal heifers. Journal of Reproduction and Fertility. 100: 187-194.

GRAVERT H.O., 1987. Dairy cattle production. Ed. Elsevier. 256-257.

HEINRICHS A.J., HARGROVE G.L., 1987. Standards of weight and height for Holstein heifers. J. Dairy Sci. 70:653.

HEINRICHS A.J., ROGERS G.W., COOPER J.B., 1992. Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. J. Dairy Sci. 75:3576.

HOFFMAN P., 1997. Optimum body size of Hostein replacement heifers. J. Animal Sci. 75:836-845.

HOFFMAN P.C., FUNK D.A., 1992. Applied Dynamics of Dairy Replacement Growth and Management. J. Dairy Sci. 75: 2504-2516.

HOFFMAN P.C., BREHM N.M., PRICE S.G., PRILL-ADAMS A., 1996. Effects of accelerated postpuberal growth and early calving on lactation performance of primipara Holstein heifers. J. Dairy Sci. 79:2024.

KERTZ A.F., PREWIT L.R., BALLAM J.M., 1987. Increased weight gain and effects on growth parameters of Holstein heifers calves from 3 to 12 months of age. J. Dairy Sci. 70: 1612.

LAMMERS B.P., HEINRICHS A.J., 2000. The response of altering the ratio of dietary protein to energy on growth, feeding efficiency, and mammary development in rapidly growing prepuberal heifers. J. Dairy Sci. 83: 977-983.

LOPEZ-VILLALOBOS N., GARRICK D.J., BLAIR H.T., HOLMES C.W., 2000. Effect of selection and crossbreeding on long-term rates of genetic gain in New Zealand dairy cattle. J. Dairy Sci. 83: 154-163.

MACMILLAN J., 2001. Crossbreeding in Tasmania, Victoria. Simposio Internacional de Reproducción Bovina. UNICEN, Agosto Tandil.

MARKUSFELD O., EZRA E., 1993. Body measurements, metritis, and postpartum performance of first cows. J. Dairy Sci. 76: 3771.

MACMILLAN W.H., SHACKELL G.G., VISHWANATH R., 1998. Comparative Reproductive Performance. In: of Reproductive management of grazing ruminant in New Zealand (Chapter 3). Fielden E. y Smith J. (eds). New Zealand Society of Animal Production.

MORAN C., QUIRKE J.F., ROCHE J.F., 1989. Puberty in heifers: a review. Animal Reproduction Science. 18: 167-182.

MORRIS C.A., VERKERK G.A., WILSON J.A., 1999. Angus selection herd reproductive data: a genetic model for dairy cattle?. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 59:169-172.

MORRIS C.A., WILSON J.A. 1997. Progress with selection to change age at puberty and reproductive rate in Angus cattle. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 57:9-11.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989. Nutrient Requirements of dairy Cattle. 6ta. Rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001. Nutrient Requirements of dairy Cattle. 7ta. Rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C.

PENNO J.W., 1995. Reducing wastage by rearing better replacements. Proceedings of the Massey Dairy Farmers Conference. 47:160-166.

PENNO J.W. y MACDONALD K.A., 1996. Costs and returns from better feeding of cattle higher performance from bigger heifers. Dairying Research Corporation, Hamilton, pp. 100-108.

RADCLIFF R.P., VANDEHAAR M.J., SKIDMORE A.L., CHAPLIN L.T., RADKLE B.R., LLOYD J.W., STANISIESWSKI E.P. Y TUCKER H.A,. 1997. Effects of diets and bovine somatotropin on heifer growth and mammary development. J. Dairy Sci. 80: 1996-2003.

SCHMIDT G.H. Y VAN VLECK L.D., 1975. Bases científicas de la producción lechera. Ed. Acribia. España. pp. 315-329.

SEJRSEN K., PURUP S. 1997. Influence of Prepuberal Feeding Level on Milk Yield Potential of Dairy heifers: A Review. J. of Animal Science, pp. 828-835.

STEEN T.M., QUIGLEY J.D., HERMANN R.N., GRESHAM J.D. 1992. Effects of lasalocid and undegraded protein on growth and body composition of Holstein Heifers. J. Dairy Sci. 75:2517.

STEVENSON J.S., CALL E.P., 1988. Reproductive disorders in the periparturient dairy cow. J. Dairy Sci. 71.2572.

TOMLINSON D.J., JAMES R.E., MCGILLARD M.L., 1990. Effects of ration protein undegradability on intake, daily gain, feed efficiency and body condition of Holstein heifers. J. Dairy Sci. 73 (Suppl. 1):169 (Abstr.).

VAN AMBURG M.E., GALTON D.M., BAUMAN D.E., EVERETT R.W., FOX D.G., CHASE L.E., ERB H.N., 1998. Effects of three prepuberal body growth rates of

performance of Holstein heifers during first lactation. J. Dairy Sci. 81:527 538.

VANDEHAAR M.J., 1997. Dietary protein and mammary development of heifers: analysis from literature data. J. Dairy Sci. 80 (suppl. 1): 216-226.

VAN RADEN T., 1995. Merits of purebred and crossbred cows for productive life. J. Dairy Sci 78 (Suppl. 1):159.

(Aceptado para publicación el 1 de agosto de 2003).