

# ALTURA A LA CADERA E INDICADORES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO

## HIP HEIGHT, MILK PRODUCTION AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN DAIRY COWS RAISED UNDER GRAZING

Marini, P.R.<sup>1\*</sup>, Charmandarian, A.<sup>2</sup>, Krupick, M.<sup>2</sup> y Di Masso, R.J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Producción de Bovinos de Leche. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. Casilda. Argentina. \*pmarini@fveter.unr.edu.ar

<sup>2</sup>Cátedra de Obstetricia y Fisiología de la Reproducción. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. Casilda. Argentina.

<sup>3</sup>Cátedra de Genética y Cátedra de Metodología de la Investigación. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. CIC-UNR. Casilda. Argentina.

### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Tamaño corporal.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Body size.

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las relaciones entre la altura a la cadera como indicador de tamaño corporal, con diferentes indicadores productivos y reproductivos en vacas lecheras mantenidas sobre pasturas en un intento por identificar biotipos con diferente aptitud en este tipo de sistemas. Se compararon vacas Holstein de tercera lactancia, de distinto tamaño corporal, que conviven en sistemas a pastoreo. Se analizaron variables productivas y reproductivas para los distintos tamaños. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre las vacas de mayor tamaño y las de menor tamaño en las variables reproductivas y en los indicadores productivos estudiados. Los resultados indican que la altura no incide en los niveles productivos ni en los reproductivos. Se identificaron cuatro biotipos y se constata que para el sistema de producción de leche en la región de la pampa húmeda de la República Argentina, el más eficiente es el de vacas con menor altura y producción de leche media.

### SUMMARY

The aim of this study was to characterize the relationships between hip height as an indicator of body size, with different productive and reproduc-

tive indicators in dairy cows kept on pasture; in an attempt to identify biotypes with different aptitudes in this type of system. A comparison of productive and reproductive variables was made among Holstein cows of the third lactation, of different body sizes, which coexist in grazing systems. There were no statistically significant differences ( $p > 0.05$ ) among larger and smaller cows neither in reproductive traits nor in their productive performance. Four biotypes were identified. For the typical pampa dairy production grazing system the most efficient biotype is that of lower height and average milk production.

### INTRODUCCIÓN

El clima templado y la fertilidad de los suelos de la Pampa permiten, con los altibajos propios de cada estación, disponer a lo largo del año de pasturas de buena calidad que son pastoreadas. En estos sistemas en los que la base forrajera es muy importante -más del 50% de los tambos tienen como principal recurso el forraje (Chimiz y Gambuzzi, 2007)- los responsables de diseñar los objetivos de mejora se enfrentan a la disyuntiva de buscar mayores producciones individuales, lo que debe ir acompaña-

do de la atención a los altos requerimientos nutricionales, minimizando su inadaptación al sistema, o, por otro lado, seleccionar una vaca que se adapte a las condiciones de manejo habituales en la región aumentando la producción sin resentir su fertilidad.

El esquema actual de producción en Argentina, basado en altas producciones individuales con aportes importantes de alimentos de calidad, resulta económicamente viable sólo con relaciones favorables entre el precio de la leche y el costo de los concentrados (Mancuso, 2005). En este contexto, el tamaño corporal de la vaca lechera es un tema en debate para dilucidar en qué dirección debe seleccionarse, para lograr mayor eficiencia y rentabilidad.

Uno de los factores a considerar son los requerimientos energéticos de las vacas. Se ha estimado que desde el nacimiento y hasta la quinta lactancia los requerimientos de mantenimiento, aún en vacas con elevada producción, representan un 56% del total (Korver, 1988). Si los requerimientos de mantenimiento son función directa del peso metabólico del animal, lo ideal sería producir leche con vacas de menor peso, o sea tamaño corporal, que las actuales. Sin embargo, la existencia de correlaciones genéticas entre tamaño corporal y caracteres productivos antagónicas a este objetivo torna dificultosa su consecución. Por un lado la existencia de correlaciones medias y positivas entre el tamaño y la producción de leche (Ahlborn y Dempfle, 1992), determina que la selección directa por producción, genere como respuesta un aumento de tamaño e, inversamente, la disminución del tamaño de la vaca repercute negativamente sobre su producción. Por otro lado, la correlación genética entre el tamaño de la vaca y el consumo de alimento es también alta y positiva (Veerkamp, 1996). Estas relaciones explican las correlaciones, si bien bajas pero negativas, informadas entre tamaño de la vaca y eficiencia de conversión (Persaud *et al.*, 1991) a partir de la dilución del costo fijo de mantenimiento y de la disponibilidad de

mayor excedente para producción de leche.

Un tercer aspecto a introducir en el modelo tamaño corporal-producción es el reproductivo. En estos sistemas de producción a pastoreo la vaca no sólo debe producir leche sino también un ternero por año.

Holmes *et al.* (1999) trabajando en condiciones pastoriles desarrollaron en Nueva Zelanda dos líneas de vacas Holstein Friesian con similar potencial para producción de leche y con una diferencia promedio de 40-50 kilos de peso corporal. Por su parte Hansen *et al.* (1999), en EEUU, seleccionaron en condiciones de estabulación dos líneas de vacas que difieren en su tamaño (tanto peso corporal como altura). En estas dos selecciones disruptivas por tamaño se utilizaron toros que diferían en su valor genético para tamaño pero no para producción de leche. En el ejemplo neozelandés no se observaron diferencias significativas en eficiencia de conversión porque si bien la línea pesada produjo más sólidos que la liviana también consumió más kilos de materia seca (Laborde *et al.*, 1998, Holmes *et al.*, 1999). En otros estudios (Caicedo Caldas *et al.*, 2001) se ha observado que la disminución en el consumo voluntario de alimento registrada como respuesta correlacionada a la selección negativa por tamaño corporal, es proporcionalmente menor a la disminución en los requerimientos de mantenimiento de dichas vacas lo que se traduce en una mejor eficiencia de conversión al aumentar la energía disponible para producción. En el trabajo de origen americano (Hansen *et al.*, 1999), no se observaron diferencias significativas entre las líneas en producción de leche y la diferencia en consumo a favor de las vacas pesadas, se correspondió exactamente con sus mayores requerimientos (Yerex *et al.*, 1988) lo que implica similar eficiencia. Con respecto al tercer elemento en juego se observó que independientemente del sistema de producción -pastoreo o estabulación- las vacas pesadas mostraron consistentemente menor fertilidad que las livianas (Laborde *et*

## ALTURA, PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN EN VACAS LECHERAS

*al.*, 1998, Hansen *et al.*, 1999). Al mismo tiempo, las vacas pesadas fueron menos longevas que las livianas, siendo los problemas podales la principal causa de refugio (Hansen *et al.*, 1999).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las relaciones entre la altura a la cadera como indicador de tamaño corporal, y diferentes indicadores productivos y reproductivos en vacas lecheras mantenidas en pastoreo, con distintos regímenes de suplementación, en la región pampeana húmeda argentina para identificar biotipos con diferente aptitud lechera en este tipo de sistemas.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron los registros de 400 vacas Holstein, de tercera lactancia, pertenecientes a cinco establecimientos comerciales ubicados en la Cuenca del Abasto de la ciudad de Rosario, Argentina (entre 32° 52' 18" y 33° 02' 22" Sur y entre 60° 36' 44" y 60° 47' 46" Oeste) obtenidos entre 2000 y 2006.

La elección de los tambos se basó en los siguientes criterios comunes: (1) utilización exclusivamente de vacas Holstein, (2) alimentación básicamente a pastoreo (praderas de alfalfa) con suplementación (grano de maíz, silo de maíz y rollos) suministrada de acuerdo a la disponibilidad estacional de las praderas, (3) control ginecológico periódico, (4) control lechero oficial, (5) empleo del mismo programa de computación (SISTAMBO), (6) libres de brucelosis, tuberculosis, campilobacteriosis y tricomoniasis; con control de leptospirosis, rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina, y aplicación del mismo plan sanitario, (7) confiabilidad de los datos y (8) inseminación artificial con semen de origen americano y canadiense. Estos criterios garantizan pautas mínimas de manejo (sanidad, alimentación y asistencia técnica) y ubican a estos establecimientos por encima de la media general de la cuenca.

Los datos productivos se obtuvieron del control lechero oficial. Los datos re-

productivos provienen de los controles periódicos efectuados por el asesor veterinario de los establecimientos (el mismo para todos). La medición de la altura a la cadera se llevó a cabo en la sala de ordeño con un instrumento específicamente diseñado para tal propósito (Dolezal y Coe, 2007).

Se registraron las siguientes variables: producción de leche (PL) en la tercera lactancia en litros por vaca; duración de la tercera lactancia (DL) en días; intervalo entre el tercer parto y el primer celo posterior (IPPC) en días; intervalo entre el tercer parto y el primer servicio posterior (IPPS) en días; intervalo entre el tercer parto y la concepción posterior (IPC) en días; número de servicios necesarios para obtener la cuarta preñez (NS); altura a la cadera (AC) en la tercera lactancia (cm).

A los efectos del análisis los datos se agruparon siguiendo diferentes criterios:

1. Dentro de cada tambo, las vacas se ordenaron de menor a mayor por su producción de leche en la tercera lactancia (PL), y se subdividieron en tres grupos de igual número de individuos (n), conformando tres categorías: baja, media y alta producción. El efecto del nivel de producción sobre las diferentes variables mencionadas se evaluó, dentro de tambo, con un análisis de la variancia a un criterio de clasificación utilizando como prueba de comparaciones múltiples el test de Bonferroni. En el caso de la variable número de servicios se utilizó el test de Kruskal-Wallis seguido de la prueba de Dunn (Sheskin, 2000).

2. Todas las vacas, independientemente del tambo de procedencia, se ordenaron por su altura a la cadera y se agruparon en cuatro categorías (cuartiles) en función de los valores del cuartil de primer orden, la mediana y el cuartil de tercer orden. El efecto del cuartil de pertenencia sobre cada una de las variables se evaluó con las mismas pruebas estadísticas que en el caso de la categorización por producción de leche.

Con el fin de investigar posibles agrupamientos asimilables a potenciales

biotipos con diferente aporte de las variables evaluadas se aplicó la técnica multivariada de componentes principales (Carrasco y Hernán, 1993). A los efectos del análisis las componentes principales fueron tratadas como nuevas variables aleatorias. Los valores individuales correspondientes a la primera (X) y tercera componente principal (Y) se graficaron en un sistema de coordenadas cartesianas ortogonal. Se identificaron los animales ubicados en cada cuadrante lo que permitió definir cuatro grupos de vacas. El efecto del grupo de pertenencia sobre cada una de las variables productivas y reproductivas se evaluó con las mismas técnicas indicadas.

## RESULTADOS

Los valores de indicadores productivos

y reproductivos y la altura a la cadera se presentan en la **tabla I**. En todos los casos la mayor producción de leche estuvo relacionada con una mayor DL, no afectó la ciclicidad evaluada a partir del IPPC e indirectamente mediante IPPS, afectó negativamente la fertilidad de dichos celos aumentando el IPC y el NS requeridos para lograr la preñez, particularmente en la categoría de alta producción, y no mostró asociación evidente con la altura de las vacas salvo en el Tambo 1 en el que las de baja producción presentaron AC significativamente menor que las de media y alta producción de leche.

En la **tabla II** la categorización en cuartiles mostró que, pese a las diferencias significativas en su altura promedio, que varió entre 137 y 148 cm, los animales no se diferenciaron significativamente en ninguna de las variables productivas ni reproductivas, si

**Tabla I.** Indicadores productivos y reproductivos y altura a la cadera (media $\pm$ EE) en vacas Holstein pertenecientes a cinco tambos, discriminadas por su nivel de producción de leche en la tercera lactancia. (Productive and reproductive indicators and height to the hip (means $\pm$ SE) in Holstein cows from five dairy farms, discriminated by level of milk production at the third nursing).

T	C	n	PL	DL	IPPC	IPPS	IIPC	NS*	AC
1	Baja	12	5443 $\pm$ 192 <sup>a</sup>	283 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	59 $\pm$ 7,1 <sup>a</sup>	66 $\pm$ 6,3 <sup>a</sup>	87 $\pm$ 9,6 <sup>a</sup>	1,5 (1-2) <sup>a</sup>	137 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>
	Media	12	6764 $\pm$ 102 <sup>b</sup>	318 $\pm$ 13,0 <sup>ab</sup>	50 $\pm$ 5,2 <sup>a</sup>	66 $\pm$ 6,2 <sup>a</sup>	102 $\pm$ 13,7 <sup>ab</sup>	2 (1-3,5) <sup>ab</sup>	143 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>
	Alta	12	8449 $\pm$ 273 <sup>b</sup>	353 $\pm$ 15,8 <sup>b</sup>	68 $\pm$ 10,9 <sup>a</sup>	76 $\pm$ 9,6 <sup>a</sup>	151 $\pm$ 18,0 <sup>b</sup>	3 (2,5-4,5) <sup>b</sup>	142 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>
2	Baja	21	5150 $\pm$ 164 <sup>a</sup>	263 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	53 $\pm$ 7,0 <sup>a</sup>	73 $\pm$ 11,0 <sup>a</sup>	104 $\pm$ 13,3 <sup>a</sup>	1 (1-2,5) <sup>a</sup>	142 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>
	Media	21	6755 $\pm$ 108 <sup>b</sup>	333 $\pm$ 9,4 <sup>b</sup>	67 $\pm$ 8,0 <sup>a</sup>	78 $\pm$ 7,5 <sup>a</sup>	126 $\pm$ 14,1 <sup>ab</sup>	2 (1,5-3) <sup>ab</sup>	142 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>
	Alta	21	9158 $\pm$ 331 <sup>c</sup>	412 $\pm$ 18,9 <sup>c</sup>	79 $\pm$ 10,0 <sup>a</sup>	90 $\pm$ 8,9 <sup>a</sup>	185 $\pm$ 24,2 <sup>b</sup>	4 (1,5-5) <sup>b</sup>	142 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>
3	Baja	44	6064 $\pm$ 134 <sup>a</sup>	287 $\pm$ 5,9 <sup>a</sup>	48 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	66 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>	100 $\pm$ 10,2 <sup>a</sup>	1 (1-2) <sup>a</sup>	143 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>
	Media	44	8073 $\pm$ 68 <sup>b</sup>	323 $\pm$ 6,2 <sup>b</sup>	57 $\pm$ 4,2 <sup>b</sup>	76 $\pm$ 4,3 <sup>a</sup>	119 $\pm$ 10,1 <sup>a</sup>	2 (1-3) <sup>a</sup>	141 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>
	Alta	44	11326 $\pm$ 313 <sup>c</sup>	447 $\pm$ 15,6 <sup>c</sup>	63 $\pm$ 5,5 <sup>c</sup>	93 $\pm$ 6,5 <sup>b</sup>	221 $\pm$ 15,9 <sup>b</sup>	4 (2-6) <sup>b</sup>	143 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>
4	Baja	27	5679 $\pm$ 125 <sup>a</sup>	283 $\pm$ 8,6 <sup>a</sup>	65 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	77 $\pm$ 7,1 <sup>a</sup>	91 $\pm$ 9,8 <sup>a</sup>	1 (1-2) <sup>a</sup>	144 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>
	Media	27	7168 $\pm$ 68 <sup>b</sup>	332 $\pm$ 7,8 <sup>b</sup>	60 $\pm$ 4,9 <sup>a</sup>	70 $\pm$ 4,4 <sup>a</sup>	119 $\pm$ 10,1 <sup>a</sup>	2 (1-3) <sup>ab</sup>	144 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>
	Alta	27	9549 $\pm$ 270 <sup>c</sup>	416 $\pm$ 18,4 <sup>c</sup>	83 $\pm$ 10,6 <sup>a</sup>	88 $\pm$ 10,6 <sup>a</sup>	203 $\pm$ 19,1 <sup>a</sup>	3 (2-5) <sup>b</sup>	144 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>
5	Baja	28	5870 $\pm$ 111 <sup>a</sup>	287 $\pm$ 7,2 <sup>a</sup>	37 $\pm$ 3,5 <sup>a</sup>	62 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	88 $\pm$ 10,4 <sup>a</sup>	1 (1-2) <sup>a</sup>	142 $\pm$ 0,9 <sup>ab</sup>
	Media	28	7201 $\pm$ 79 <sup>b</sup>	293 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	50 $\pm$ 3,8 <sup>ab</sup>	62 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	81 $\pm$ 8,1 <sup>a</sup>	1 (1-2) <sup>a</sup>	140 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>
	Alta	28	9377 $\pm$ 247 <sup>c</sup>	362 $\pm$ 13,5 <sup>b</sup>	61 $\pm$ 3,9 <sup>b</sup>	73 $\pm$ 5,7 <sup>a</sup>	158 $\pm$ 22,9 <sup>b</sup>	3 (1-4,5) <sup>b</sup>	144 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>

T: Tambo; C: Categoría productiva; PL: Producción de leche (l); DL: Duración de la lactancia (días); IPPC: Intervalo parto-primer celo (días); IPPS: Intervalo parto-primer servicio (días); IPC: Intervalo parto-concepción (días); NS: Número de servicios; AC: Altura a la cadera (cm).

\*Mediana (rango intercuartílico). <sup>abc</sup>Valores con diferente letra difieren al menos a  $p < 0,05$  para las comparaciones entre categorías productivas dentro de tambo.

## ALTURA, PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN EN VACAS LECHERAS

**Tabla II.** Indicadores productivos y reproductivos (media±EE) de vacas Holstein en la tercera lactancia discriminadas por su altura a la cadera. (Productive and reproductive indicators (means±SE) of Holstein cows at third nursing discriminated by hip height).

	1 cuartil	2 cuartil	3 cuartil	4 cuartil
Altura a la cadera (cm, n= 100 vacas por cuartil)	137±0,3 <sup>a</sup>	141±0,1 <sup>b</sup>	144±0,1 <sup>c</sup>	148±0,2 <sup>d</sup>
Producción de leche (l)	7481±210 <sup>a</sup>	7552±205 <sup>a</sup>	7660±247 <sup>a</sup>	8258±228 <sup>a</sup>
Duración de la lactancia (días)	336±9,6 <sup>a</sup>	337±8,7 <sup>a</sup>	330±8,4 <sup>a</sup>	347±8,7 <sup>a</sup>
Intervalo parto-primer celo (días)	62±3,3 <sup>a</sup>	59±3,5 <sup>a</sup>	60±3,2 <sup>a</sup>	56±3,3 <sup>a</sup>
Intervalo parto-primer servicio (días)	74±3,2 <sup>a</sup>	75±3,3 <sup>a</sup>	76±3,6 <sup>a</sup>	75±3,8 <sup>a</sup>
Intervalo parto-concepción (días)	131±9,3 <sup>a</sup>	126 ±8,1 <sup>a</sup>	138±9,4 <sup>a</sup>	138±9,2 <sup>a</sup>
Número de servicios*	2 (1-3) <sup>a</sup>	2 (1-3) <sup>a</sup>	2 (1-3) <sup>a</sup>	2 (1-3) <sup>a</sup>

\*mediana (rango intercuartilico); <sup>abc</sup>Valores con diferente letra difieren al menos a p<0,05.

bien se observó una tendencia en la producción total de leche que acompañó el aumento de tamaño de las vacas.

El análisis multivariado permitió identificar tres componentes principales que, en conjunto, explicaron el 82,5% de la variancia total observada, correspondiendo el 45,5% a la primera componente (PC1), el 22,7% a la segunda (PC2) y el 14,3% a la tercera (PC3). De acuerdo al valor de las correlaciones entre dichas componentes y las variables originales (**tabla III**) la primera componente vincula producción y fertilidad de los celos correspondiéndole los mayores coeficientes de correlación con producción de leche, duración de la lactancia, intervalo parto-concepción y número de servicios requeri-

dos para lograr la preñez. La segunda componente se relacionó con la ciclicidad en tanto la mayor correlación correspondió a las variables IPPC e IPPS. Por último, la tercera componente se asoció casi en forma exclusiva con la altura. Al considerar en forma conjunta a la primera y a la tercera componentes (**figura 1**) se definieron cuatro grupos de vacas. Dadas las correlaciones negativas en ambos casos, a mayores valores de la primera componente le corresponden menor producción y menor fertilidad, mientras que los mayores valores de la tercera componente se asocian con vacas de menor altura a la cadera.

El grupo 1 (valores promedio positivos de ambas componentes) reúne a las vacas

**Tabla III.** Correlaciones entre las variables originales y los tres primeros componentes principales y coeficiente de determinación residual. (Correlations among the original variables and the three first principal components and residual determination coefficients).

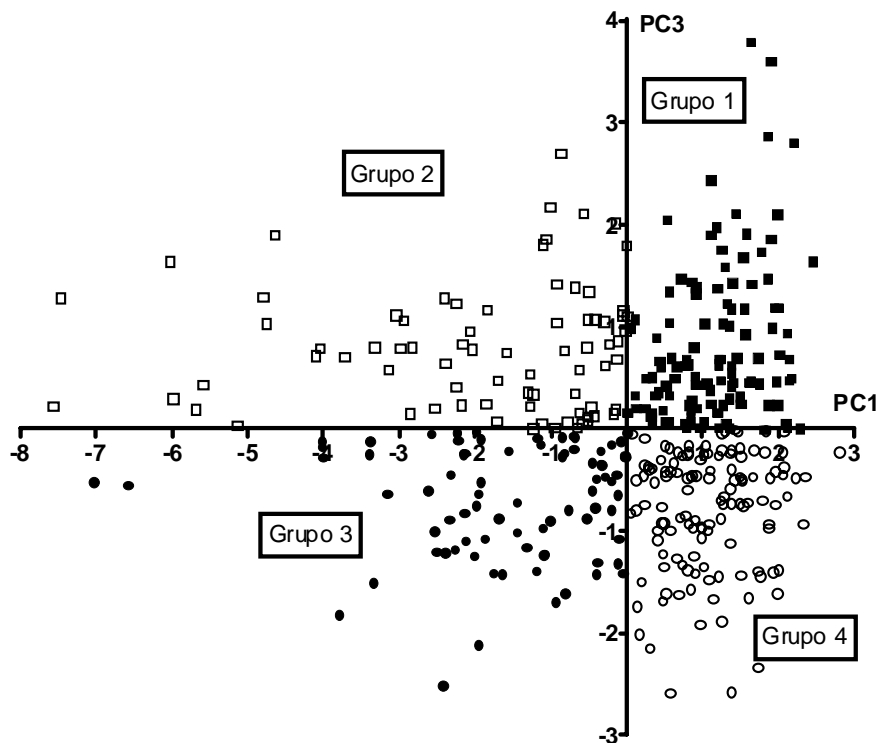
	PC1	PC2	PC3	R <sup>2</sup> residual
Altura a la cadera (cm)	-0,104	-0,059	-0,991	0,004
Producción de leche (l)	-0,813	-0,188	-0,039	0,302
Duración de la lactancia (días)	-0,909	-0,117	0,051	0,109
Intervalo parto-primer celo (días)	-0,355	0,828	0,031	0,188
Intervalo parto-primer servicio (días)	-0,362	0,840	-0,059	0,160
Intervalo parto-concepción (días)	-0,880	-0,024	0,028	0,224
Número de servicios	-0,811	-0,384	0,052	0,186

de menor altura y menor producción de leche. El grupo 2 (valores negativos de PC1 y positivos de PC3) incluye vacas de baja altura y alta producción. En el grupo 3 (valores promedio negativos de las dos componentes) se ubican las vacas más altas y con mayor producción. Por último, el grupo 4 (valores promedio positivos de PC1 y negativos de PC3) concentra a las vacas altas y de baja producción promedio. La **tabla IV** muestra que, independientemente de la altura a la cadera, las vacas de mayor producción (grupos 2 y 3) presentaron lactancias de mayor duración promedio, mayores IPPC, IPPS y IPC y requirieron mayor NS para lograr la preñez que las vacas de menor producción promedio (grupos 1 y 4).

## DISCUSIÓN

Si bien la eficiencia de la producción individual en relación al tamaño de las vacas lecheras ha sido estudiada en diversos países (Hansen *et al.*, 1999), no parece haber sido de suficiente interés en Argentina, a pesar de la importancia de la relación entre el tamaño y el costo de mantenimiento en sistemas a pastoreo (Molinuevo, 2005).

En Argentina los sistemas lecheros se encaminan hacia una mayor intensificación. Sin embargo, Chimiz *et al.* (2007) demostraron que al menos el 50% de los tambos argentinos aun tienen en el pasto su principal recurso alimenticio. Por lo tanto, es de suma importancia definir cuál es el tamaño



**Figura 1.** Discriminación de las vacas de tercera lactancia según su ubicación en la representación conjunta de los valores del primer (PC1) y tercer (PC3) componentes principales. (Discrimination of the cows of third nursing according to his position in graphic resulting of considering the first (PC1) and third (PC3) principal components).

## ALTURA, PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN EN VACAS LECHERAS

adecuado de las vacas lecheras para los sistemas a pastoreo.

Los resultados de los análisis univariados no muestran claridad en la asociación altura-producción como para concluir que las vacas más grandes producen más leche. La categorización en cuartiles mostró que las vacas no se diferenciaron significativamente en ninguna de las variables productivas ni reproductivas, si bien se observó una tendencia en la producción total de leche que acompañó al aumento de tamaño de las vacas.

El análisis multivariado, en cambio, puso en evidencia que existen fuentes de variación fenotípica independientes para producción de leche y tamaño corporal estimado a partir de la altura y que, además, en relación a los aspectos reproductivos, las diferencias en producción de leche están asociadas con la fertilidad de los celos pero no con la ciclicidad *per se*.

Los resultados ponen en evidencia que altas producciones de leche están asociadas con baja fertilidad y que, dentro de los

límites de variación de los indicadores utilizados, dicha relación es independiente de la altura a la cadera. Ello surge claramente de la comparación de los grupos identificados como 1 y 2 por un lado y 3 y 4 por otro en el análisis de componentes principales. En ambos, animales con la misma altura promedio (139-140 cm en el primer caso y 145-146 cm en el segundo) difieren en 2800 litros en la producción de leche. Así, puede decirse que es posible obtener producciones de 6700 litros con vacas de 139 cm (grupo 1) o con vacas de 145 cm de altura a la cadera y, de igual modo, pueden obtenerse producciones de 9400 litros con vacas de 140 cm o de 146 cm. Si se acepta que la altura es un indicador de tamaño en sentido amplio y asimilamos esta diferencia de altura a diferencias implícitas tanto en el peso como en la estructura corporal, esos 6 cm de diferencia se traducen en mayores costos de mantenimiento. Hansen *et al.* (1999) compararon las respuestas promedio en diversos caracteres en vacas seleccionadas en forma divergente por tamaño corporal y observa-

**Tabla IV.** Indicadores productivos y reproductivos (media $\pm$ EE) de vacas Holstein en la tercera lactancia discriminadas por los valores del primer y tercer componentes principales (PC). (Productive and reproductive indicators (means $\pm$ SE) of Holstein cows in the third nursing, segregated by first and third principal components (PC)).

Número de vacas	Grupo 1 117	Grupo 2 77	Grupo 3 80	Grupo 4 127
PC1	1,1530 $\pm$ 0,0555 <sup>a</sup>	-1,8980 $\pm$ 0,2114 <sup>b</sup>	-0,5690 $\pm$ 0,1545 <sup>b</sup>	1,0740 $\pm$ 0,0534 <sup>a</sup>
PC3	0,8069 $\pm$ 0,0694 <sup>a</sup>	0,7896 $\pm$ 0,0694 <sup>a</sup>	-0,7012 $\pm$ 0,0617 <sup>b</sup>	-0,7808 $\pm$ 0,0513 <sup>b</sup>
AC	139 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	140 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	146 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	145 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>
PL	6608 $\pm$ 121 <sup>a</sup>	9379 $\pm$ 283 <sup>b</sup>	9443 $\pm$ 257 <sup>b</sup>	6743 $\pm$ 117 <sup>a</sup>
DL	291 $\pm$ 3,7 <sup>a</sup>	429 $\pm$ 10,8 <sup>b</sup>	401 $\pm$ 8,6 <sup>b</sup>	288 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>
IPPC	52 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	77 $\pm$ 4,6 <sup>b</sup>	69 $\pm$ 4,9 <sup>b</sup>	49 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>
IPPS	64 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>	89 $\pm$ 4,4 <sup>b</sup>	92 $\pm$ 5,0 <sup>b</sup>	66 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>
IPC	83 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	219 $\pm$ 12,4 <sup>b</sup>	204 $\pm$ 8,7 <sup>b</sup>	83 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>
NS	1 (1-2) <sup>a</sup>	4 (3-6) <sup>b</sup>	3 (2-5) <sup>b</sup>	1 (1-2) <sup>a</sup>

AC: Altura a la cadera (cm). PL: Producción de leche (l); DL: Duración de la lactancia (días); IPPC: Intervalo parto-primer celo (días); IPPS: Intervalo parto-primer servicio (días); IPC: Intervalo parto-concepción (días); NS: Número de servicios; <sup>a</sup>mediana (rango intercuartílico); <sup>abc</sup>Valores con diferente letra difieren al menos a  $p < 0,05$ .

ron que, para vacas de tercera lactancia como las incluidas en este trabajo, una diferencia de 7,7 cm de altura entre las líneas con selección positiva y negativa estuvo acompañada de diferencias en peso corporal de 79 kg al parto y 88 kg un mes después del parto y 6,4 cm, 4,7 cm y 11,7 cm en longitud, profundidad y circunferencia corporal. Si bien estas variables no fueron evaluadas en este ensayo puede suponerse que dada la magnitud similar de la diferencia de altura entre los grupos antes mencionados, los mismos difieren también de manera significativa en los otros indicadores de tamaño. Paralelamente merece remarcar el hecho que en según Hansen *et al.* (1999) las vacas de tercera lactancia presentaron producciones similares a las informadas en este trabajo para las de alta producción: 9687 litros las seleccionadas para bajo peso y 9954 litros las seleccionadas para alto peso.

La ausencia de asociación entre altura y producción pone en evidencia la posibilidad de obtener producciones similares con vacas de diferente tamaño corporal y, consecuentemente, diferentes requerimientos, por lo que una reducción del tamaño de la vaca redundaría en una reducción de los requerimientos sin afectar su producción lo que equivale a un aumento de la eficiencia.

Las altas producciones están significativamente asociadas a lactancias de mayor duración en vacas con evidentes problemas para la concepción. Así, aún con vacas de menor altura, alta producción es sinónimo de mala reproducción. Esta conclusión se torna más relevante si se tiene en cuenta que se trata de vacas que han sobre-

vivido en el sistema hasta la tercera lactancia (las de más alta producción en las dos primeras lactancias son las primeras en descartarse en gran medida por problemas reproductivos) y que se trata de tambos que por su manejo general se encuentran por encima del promedio para la región. Tal vez lactancias de 6500 litros representen el límite productivo que se debe aceptar si se quieren aprovechar las ventajas comparativas que ofrecen los sistemas sobre pasturas. Ello puede lograrse con vacas de menor o mayor tamaño y, una vez más, la utilización de vacas más chicas redundaría en una mejora en la eficiencia (Yerex *et al.*, 1988). Pretender mayores producciones individuales implica baja fertilidad y menor longevidad en el sistema clásico a pastoreo o mayores insumos energéticos en un sistema con un mayor grado de confinamiento como en el que se ha llevado a cabo la selección en el país de origen de los toros.

## CONCLUSIÓN

En los tambos estudiados coexisten vacas maduras con diferencias de estructura corporal que permitirían identificar diferentes biotipos con distinta eficiencia de producción. Estos biotipos con independencia del tamaño, pueden presentar producciones de 9500 o 6500 litros, con una menor eficiencia reproductiva en los de mayor producción. Por tanto, el biotipo definido por vacas de menor altura y menor producción, sería el más idóneo para la producción de leche en pastoreo de la región pampeana húmeda de la República Argentina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahlborn, G. and Dempfle, L. 1992. Genetic parameters for milk production and body size in New Zealand Holstein-Friesian and Jersey. *Livest. Prod. Sci.*, 31: 205-219.
- Caicedo-Caldas, A., Lemus-Ramirez, V., Holmes, C.W. and López-Villalobos, N. 2001. Feed intake capacity in Holstein Friesian cows which different genetically for body weight. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.*, 61: 207-209.
- Carrasco, J.L. y Hernán, M.A. 1993. Estadística multivariante en las ciencias de la vida. Fundamentos, métodos y aplicación. Ciencia 3. Madrid. España. pp. 123-152.
- Chimizc J. 2007. Recientes cambios y posibles



## ALTURA, PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN EN VACAS LECHERAS

- rumbos tecnológicos del tambo argentino. [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/economia/proyecto\\_lechero\\_tambos\\_argentinos.pdf](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/economia/proyecto_lechero_tambos_argentinos.pdf) (03/03/10).
- Dolezal, S.L. and Coe, N. 2007. Hip height and frame score determination. Oklahoma Cooperative Extension Service. <http://osufacts.okstate.edu> (03/03/10).
- Hansen, L. B., Cole, J.B., Marx, G.D. and Seykora, A.J. 1999. Longevity of Holstein cows bred to be large versus small for body size. *Adv. Dairy Technol.*, 11: 39-49.
- Holmes, C.W., Garcia-Muniz, J., Laborde, D., Chesterfield, M. and Purchas, J. 1999. Dairy Farming Annual. Massey University. Palmerston North. New Zeland. 79 pp.
- Korver, S. 1988. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 20: 1-13.
- Laborde, D., Holmes, C. y Garcia, J. 1998. Eficiencia reproductiva de dos líneas de vacas Holstein-Friesian que difieren genéticamente por peso. *Proc. NZ. Soc. Anim. Prod.*, 58: 73.
- Mancuso, W. 2005. Reflexiones acerca del sistema de producción de leche Argentina y su evolución en el pasado próximo. En: Curso de posgrado en producción lechera: características productivas, reproductivas y sanitarias de vacas lecheras en sistemas a pastoreo. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNR. FCV-UNR. Casilda. 218 pp.
- Molinuevo, H.A. 2005. Genética bovina y producción en pastoreo. Ed. INTA. Balcarce. pp. 348.
- Persaud, P., Simm, G. and Hill, W.G. 1991. Genetic and phenotypic parameters for yield, food intake and efficiency of dairy cows fed *ad libitum*. 1. Estimates for total lactation measures and their relationship with live-weight traits. *Anim. Prod.*, 52: 445-450.
- Shenkin, D. 2000. Handbook of parametric and non parametric statistical procedures. 2<sup>nd</sup> Edition. Chapman y Hall/CRC. Boca Ratón. London. New York. 1707 pp.
- Veerkamp, R.F. 1996. Live weight and feed intake in dairy cattle breeding goal. Proceeding of the international workshop on functional traits in cattle. Gembloux Belgium. *Interbull Bull.*, 12: 173-178.
- Yerex, R.P., Young, C.W., Donker, J.D. and Marx, G.D. 1988. Effects of selection for body size on feed efficiency and size of Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 71: 1355-1360.