

Evaluación de la **cisterna de la ubre** como complemento en el proceso de decisión para la asignación de una **frecuencia de ordeño adecuada** en vacuno lechero ordeñado automáticamente

M. Ayadi *, I. Llach *, G. Caja *, I. Bustos **, A. Bach **, X. Carré ***



Introducción

Uno de los factores clave para optimizar la implantación de un sistema de ordeño automático (AMS) es establecer un número de ordeños diarios adecuado para cada animal de la explotación. Este proceso de decisión actualmente se toma en base a los datos productivos y del tiempo en lactación, pero no se tiene en cuenta la capacidad de almacenamiento de la ubre. Uno de los beneficios que se esperan de los AMS es el incremento en la producción de leche como consecuencia de una mayor frecuencia de ordeño. De este modo, al pasar de 2 a 3 ordeños / día en explotaciones convencionales, la producción aumenta entre un 3 – 39% (Pearson et al., 1979; Klei et al., 1997; Smith et al., 2002). Cuando la frecuencia de ordeño se sitúa por encima de tres

veces al día, la producción se incrementa en un 6 – 14% (Van der Lest y Hillerton, 1989; BarPeled et al., 1995; Henshaw et al., 2000). Por su parte, Erdman y Varner (1995) sugieren la existencia de un efecto fijo del número de ordeños sobre la producción a largo plazo (3,5 kg / ordeño) mientras que Caja et al. (2000) y Ayadi et al. (2004) lo indican a corto plazo (1,6 kg / ordeño), en vacas de leche de raza Frisona.

Como media, en la mayor parte de las explotaciones con sistemas automáticos la frecuencia diaria de ordeño resulta ser de 2,3 a 2,8 ordeños / día donde, el número de ordeños por animal varía entre <2 a >3,4 (De Koning y Ouweeltjes, 2000; Wendl et al., 2000). Sin embargo, para la mayoría de los casos, el aumento de la frecuencia de ordeño a conse-

cuencia de la instalación de un AMS no resulta en el incremento productivo esperado. En Suecia, Svennerten – Sjaunja et al. (2000) encontraron un aumento en la producción del 7%, mientras que Veysset et al. (2001) obtuvieron un incremento de tan sólo el 3% durante el primer año y, de entre el 9 – 13 % transcurridos dos años desde la instalación de un sistema de ordeño automático, en explotaciones lecheras de Francia.

El número total de ordeños realizados al día es también un factor limitante de la capacidad de las explotaciones con sistemas automáticos. En consecuencia, la mayoría de los productores tratan de maximizar la cantidad de leche recogida diariamente optimizando el número de animales ordeñados y la frecuencia de ordeño asignada a cada animal. En la mayor parte de la bibliografía se recomienda establecer frecuencias de ordeño elevadas durante el inicio de la lactación (3 – 4 ordeños / día), permitiendo así, que el animal pueda expresar su potencial productivo para, posteriormente, reducir el número de ordeños diarios. De este modo, a la mitad del período de lactación, la frecuencia de ordeño suele estar entre 2 y 3 ordeños diarios, en función de la capacidad del AMS mientras que al final de la lactación se ordeña, generalmente, menos de 2 veces al día.

Los efectos negativos de la reducción en la frecuencia de ordeño se relacionan con el tamaño de la cisterna de la ubre: aquellos animales con cisternas de mayor volumen resultarían afectados en menor medida al aumentar el intervalo entre ordeños (Knight y Dewhurst, 1994; Ayadi et al., 2003b). Por el contrario, con altas frecuencias de ordeño cabría esperar un menor incremento de la producción de leche en estos animales.

*Grup de Recerca en Remugants, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona

**CREA e IRTA – Unitat de Remugants

***Diputació de Girona, Semega

La morfología de la glándula mamaria y el comportamiento animal también son tenidos en consideración. Así, se pretende mejorar el proceso de adaptación de las vacas de leche a los sistemas automáticos de ordeño (De Koning y Ouweijtjes, 2000; Caja et al., 2002), además de maximizar el número de animales que se ordeñan diariamente. Es más, en vacas lecheras, el flujo de leche presenta un efecto positivo tanto sobre el número de ordeños como sobre la capacidad de los AMS (De Koning y Ouweijtjes, 2000).

El objeto del presente trabajo fue estudiar la posible utilidad de las características morfológicas de la ubre como criterio complementario para el establecimiento de un número adecuado de ordeños al día en cada uno de los animales ordeñados en los AMS.

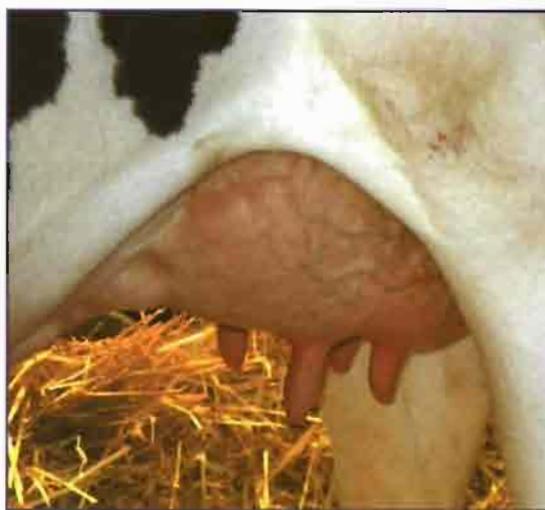
Material y métodos

Animales, alimentación y rutina de ordeño

El estudio se llevó a cabo con 30 vacas multíparas de raza Frisona, procedentes de la granja experimental de Semega, en Monells (Gerona, España). La producción de leche y los días en lactación durante el período experimental tomaron un valor medio de $31,8 \pm 1,9$ l / día y 178 ± 10 días, respectivamente. Los animales sometidos a la prueba se encontraban en un único grupo de 65 vacas en total, alojadas bajo un sistema de estabulación libre y alimentadas *ad libitum* con una ración completa de 1,53 MJ ENL y un 17,2% PB. El ordeño se realizó con un sistema de ordeño automático (DeLaval VMS) de unidad de ordeño simple, permitiendo el tráfico libre de todos los animales. El número de ordeños por vaca y día se situó entre 1,75 y 3,30 ordeños / día.

Metodología experimental

A lo largo de un período experimental de 2 semanas se registraron las características morfológicas externas e internas



de la ubre de forma aleatoria para cada animal. Las características morfológicas de la ubre seleccionadas (profundidad de la ubre y longitud del pezón) se trataron como datos lineales en gráficos digitales independientes (Sony MpegMove HQX, Cyber - shot 5.0 Megapixels) utilizando un sistema de desglose en el que, cada característica, se puntuó de acuerdo a una escala lineal de nueve puntos (Pérez-Cabal y Alenda, 2002).

La morfología interna de la glándula mamaria se evaluó a través de la medición del área de la cisterna con ultrasonidos, para los cuarterones delanteros izquierdo y derecho. El escáner de la ubre se llevó a cabo de acuerdo a la metodología propuesta por Ayadi et al. (2003b), mediante el uso de un ultrasonógrafo B-mode en tiempo real (Ultra Scan 900, Ami Medical Alliance Inc., Montreal, Canadá) provisto de una sonda sectorial de 5MHz (ángulo de 80°). Las imágenes fueron transmitidas a un PC portátil y procesadas por triplicado utilizando un software de tratamiento de imágenes (MIP4 Advance System, Microm España, Barcelona, España). El valor del área, en píxeles, se transformó en cm^2 ($1 \text{ cm}^2 = 1,024$ píxeles), según lo indicado por Ayadi et al. (2003b).

Los animales fueron inmovilizados por grupos pequeños (2 – 4 vacas) en el área de alimentación, pasadas 7 y 10 horas tras el ordeño. De este modo, se realizaron dos escáneres de la ubre: antes y después de la aplicación de una inyección intramuscular de oxitocina (OT), cuya dosis fue de 20 UI / animal. El valor de elasticidad de la cisterna se

calculó por diferencia entre el área de ésta medida antes (min 0) y después (min 5) de la inyección de OT.

Los animales fueron conducidos al sistema automático (AMS) inmediatamente después de realizar el último escáner, donde se ordeñaron. Se registraron individualmente los valores de producción y flujo de leche en cada ordeño durante el período experimental y se determinó la media.

Ánálisis estadístico

Los datos se procesaron con el PROC MIXED para las mediciones repetidas realizadas con SAS (v. 8.1). El modelo incluyó los efectos fijos del tiempo de tratamiento (0 y 5 min) y el intervalo entre ordeños específico (7 a 10 horas); los efectos aleatorios del animal (1 a 30) y el lado del cuarterón (derecho e izquierdo); las correspondientes interacciones y el error residual. El nivel de significación se estableció para $P < 0.05$. Cuando la probabilidad de interacción resultó no significativa ($P > 0.20$), se eliminó del modelo. Los coeficientes de correlación de Pearson entre los distintos parámetros también fueron calculados.

Resultados y discusión

En el presente trabajo, las imágenes obtenidas por ultrasonidos resultaron similares a otras obtenidas en trabajos anteriores para vacuno de leche (Bruckmaier y Blum, 1992; Bruckmaier et al., 1994; Ayadi et al., 2003b). No se encontraron diferencias significativas entre los cuarterones delanteros izquierdo y derecho y, por tanto, se calculó la media de los valores para proceder a su discusión de forma conjunta.

Los valores del área de la cisterna por cuarterón experimentaron una considerable variación entre animales (2,9 a 36,3 cm^2) y se diferenciaron según el tiempo transcurrido desde la aplicación de OT. Los animales también mostraron un valor inicial distinto de área de cisterna y de este modo, se establecieron tres categorías según el tamaño de la misma (pequeña, media y grande), tal y como se muestra en la Tabla 1. El área de la

cisterna mostró un notable incremento tras la inyección de OT, alcanzando el valor máximo a los 5 min vs. 0 min (15,8 vs. 7,9 cm²; P<0,001). Este incremento en el valor del área de cisterna es debido a la transferencia de leche desde los alvéolos hasta ésta, cuando las células mioepiteliales se contraen por efecto de la OT (descenso de la leche) tal y como ya ha sido señalado con anterioridad (Bruckmaier y Blum, 1992; Caja et al., 2003). Como resultado, se encuentran diferencias entre animales para el valor de elasticidad de la cisterna (media: 10,1 ± 0,8 cm²; rango: 3,2 – 19,6 cm²). Sin embargo, hubo variación entre animales para el aumento del área de cisterna tras la inyección de OT, de forma que 4 de las vacas (13%) pertenecientes al grupo área de cisterna pequeña experimentaron un gran aumento, alcanzando un valor final equivalente al de aquellas incluidas en el grupo de área de cisterna grande. El valor de elasticidad de los animales con cisternas pequeñas (78% de incremento) indica a su vez que éstos no alcanzaron el tamaño máximo de las mismas (114 y 118% en vacas con tamaños de cisterna medios y grandes, respectivamente) y, en consecuencia, podrían ser capaces de resistir una reducción en la frecuencia de ordeño.

La relación producción diaria de leche: área de cisterna disminuyó en todos los grupos a medida que el tamaño de la cisterna de la ubre se incrementaba (**Tabla 1**), donde, las vacas con tamaño de cisterna grande y medio mostraron una menor capacidad de retención de la leche que aquellas con cisternas de tamaño pequeño (P<0,01).

Se observaron correlaciones positivas (P<0,01) entre la producción de leche y la profundidad de la ubre ($r = 0,62$). Estos resultados están en la línea de los propuestos por Normen y Van Vleck (1972) y por Labussière y Richard (1965), quienes encontraron valores de 0,27 y de 0,50, respectivamente. Además, se observaron también correlaciones positivas entre la producción de leche diaria y el área de la cisterna antes ($r = 0,65$) y después ($r = 0,68$) de la inyección de OT, y con la elasticidad de la cisterna ($r = 0,72$). Estos valores son similares a los encontrados para la corre-



lación entre el volumen de la ubre y la producción de leche diaria en vacas lecheras (Labussière y Richard, 1965; Knight y Dewhurst, 1994). Los resultados obtenidos indican que los animales con cisternas de mayor tamaño y más elásticas serían unos productores de leche más eficientes y se adaptarían mejor a reducciones en la frecuencia de ordeño. Es más, cara a estimar el tamaño máximo del área de la cisterna, la evaluación de ésta a los cinco min (tras la inyección de OT) puede tomar la consideración de metodología vacas de leche, tal y como ya fue propuesto por Caja et al. (2003).

La correlación positiva entre el flujo de leche y el área de la cisterna medida con ultrasonidos antes ($r = 0,49$) y después ($r = 0,40$) de la inyección de OT, está de acuerdo con los resultados obtenidos por Labussière y Richard (1965), quienes hallaron una correlación negativa ($r = -0,27$) entre el flujo de leche y el tejido conjuntivo, indicando que aquellos animales con grandes cisternas se ordeñarían con rapidez. Por otro lado, en el presente trabajo también se encontró una correlación negativa ($r = -0,51$) entre el flujo de leche y la longitud del pezón, lo cual sugiere que los animales con longitudes de pezón pequeñas se ordeñan más rápidamente en los AMS. Otros autores ya habían constatado este hecho en sistemas de ordeño convencionales (Stalkup et al., 1963; Labussière y Richard, 1965; Le Du et al., 1994). No se encontró correlación alguna entre el área de la cisterna y la longitud del pezón, ni antes ni después de la inyección de OT. A lo largo del período experimen-

Tabla 1. Distintas características del vacuno lechero ordeñado con sistemas AMS en función del tamaño de la cisterna

	Tamaño de la cisterna (0 min)		
	Pequeño	Medio	Grande
Animales (n)	9	11	10
Producción (l / día)	25.1±1.5 ^a	30.0±1.4 ^b	34.0±1.4 ^c
Tiempo en lactación (días)	193±13	185±20	158±16
Frecuencia de ordeño diaria	2.2±0.1 ^{ab}	1.9±0.1 ^b	2.5±0.2 ^a
Intervalo entre ordeños (horas)	8:33±0:31	9:30±0:30	8:10±0:19
Área de cisterna (cm ² / cuarterón):			
0 min	7.2±1.0 ^b	9.5±0.8 ^{ab}	13.3±1.6 ^a
5 min	12.7±1.3 ^c	20.3±1.9 ^b	29.0±1.7 ^a
Elasticidad	5.6±0.2 ^c	10.8±0.2 ^b	15.7±0.1 ^a
Producción : área de cisterna (ml / cm ²)			
0 min	873±10 ^a	790±5 ^b	640±3 ^c
5 min	495±5 ^a	370±2 ^b	293±2 ^c
Elasticidad	1113±12 ^a	695±4 ^b	543±3 ^c

a, b, c en una misma columna, valores con distintos superíndices difieren significativamente (P<0,05)

tal, la frecuencia de ordeño para las vacas con los tamaños de cisterna más pequeños y más grandes resultó similar (2,2 vs. 2,5 ordeños / día; $P>0,05$), tal como se muestra en la Tabla 1. Esto indicaría que, en este caso, el número de ordeños no se optimizó para cada animal en concreto.

En conclusión, se propone tener en cuenta la evaluación del área de la cisterna como complemento a la capacidad de almacenamiento de la ubre, y, de este modo, establecer una frecuencia de ordeño determinada para cada vaca ordeñada en un AMS.

Referencias

Ayadi, J., G. Caja, X. Such, y C.H. Knight, 2003a. Use of ultrasonography to estimate cisternal size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. *Journal of Dairy Research* 70: 1-7.

Ayadi, J., G. Caja, X. Such, y C.H. Knight, 2003b. Effects of omitting one milking weekly on lactational performances and morphological udder changes in dairy cows. *Journal of Dairy Research* 86: 2352-2358.

Ayadi, M., G. Caja, X. Such, M. Rovai y E. Albañell, 2004. The effect of different milking intervals on milk composition of cisternal and alveolar milk in dairy cows. *Journal of Dairy Research* (in press).

Bar-Peled, U., E. Maltz, I. Bruckental, Y. Kali, H. Gacitua, A. R. Lehrer, C. H. Knight, B. Robison, H. Voet, y H. Tagari, 1995. Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 78: 2726-2736.

Bruckmaier, R.M. y J.W. Blum, 1992. B-mode ultrasonography of mammary glands of cow, goats and sheep during a- and b-adrenergic agonist and oxytocin administration. *Journal of Dairy Research* 59: 151-159.

Bruckmaier, R.M., E. Rothenanger, y J.W. Blum, 1994. Measurement of mammary gland cistern size and determination of the cisternal milk fraction in dairy cows. *Milchwissenschaft* 49:543-546.

Caja, G., M. Ayadi, C. Conill, M. Ben M' Rad, E. Albañell, y X. Such, 2000. Effects of milking frequency on milk yield and milk partitioning in the udder of dairy cows. In: H. Hogeveen and A. Meijering (editors), *International Symposium Prospects for Automatic Milking*. Wageningen Pers, The Netherlands, pp. 177-178.

Caja, G., M. Ayadi, X. Carré, y M. Xifra, 2002. Los robots de ordeño en España: Situación actual y perspectivas. In: *Ordeño Robotizado*. Ed. Agrícola Española S.A., Madrid, Spain, pp. 11-16.

Caja, G., M. Ayadi, y C.H. Knight, 2003. Evidence of cisternal recoil after milk letdown in the udder of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86, Suppl. 1, 117 (Abstr).

De Koning, K. y W. Ouweltjes, 2000. Maximising the milking capacity of an automatic milking system. *Automatic milking: reality, bibliographique*. Annales de Zootechnie (París) 14: 63-126.

Le Du, J., FA Chevalerie, M. Taverna, y Y. Dano, 1994. Aptitude des vaches à la traite mécanique: relation avec certaines caractéristiques physiques du trayon. Annales de Zootechnie (París) 43: 77-90.

Norman, H.D. y LO. Van Vlek, 1972. Type appraisal: 111. Relationships of first lactation production and type with life time performance. *Journal of Dairy Science* 55:1726-1734.

Pearson, R.E., L.A. Fulton, P.D. Thompson, y J.W. Smith, 1979. Three times a day milking during the first half of lactation. *Journal of Dairy Science* 62: 1941-1950.

Pérez-Cabal, M.A. y R. Alenda, 2002. Genetic relationships between lifetime profit and type traits in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 85: 3480-3491.

Smith, J.W., LO., Ely, W.M. Graves, y W.M. Gilson, 2002. Effect of milking interval in DHI performance measures. *Journal of Dairy Science* 85: 3526-3533.

Stallkup, J.M., J.M. Rakes, y G.L. Ford, 1963. Relationship between milk flow and anatomical characteristics of udder. *Journal of Dairy Science* 46: 624-625.

Svennersten-Sjaunja, K., G. Pettersson, y I. Berglund, 2000. Evaluation of the milking process in an automatic milking system. In: H. Hogeveen and A. Meijering (editors), *International Symposium Prospects for Automatic Milking*. Wageningen Pers, The Netherlands, pp. 196.

Van der test, R y J.E. Hillerton, 1989. Short-term effects of frequent milking of dairy cows. *Journal of Dairy Research* 56:587-592.

Veysset, P., P. Wallet, y E. Prugnard, 2001. Le robot de traite: pour qui? Pour quoi? Caractérisation des exploitations équipées, simulation économiques et éléments de réflexion avant investissement. INRA Productions Animales 14:51-61.

Wendl, G., J. Harms, y H. Schon, 2000. Analysis of milking behavior on automatic milking.

In: H. Hogeveen y A. Meijering (editors), *International Symposium Prospects for Automatic Milking*. Wageningen Pers, The Netherlands, pp. 143-151.

