

EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE ORDEÑO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE VACAS LECHERAS EN LACTANCIA

Effect of the frequency of milking in the production and performance of lactating dairy cows

Roy Andrade*, Zonia Elizabeth Caro** y José Luis Porras***.

* Profesor Titular. PhD. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Laboratorio de Microbiología Veterinaria. UPTC Tunja, Boyacá Colombia, Grupo de Investigación GIDIMEVETZ; ** MVZ. UPTC. Grupo de Investigación GIDIMEVETZ, Tunja (Boyacá-Colombia) Correspondencia: zelizabeth-92@hotmail.com ; *** Docente asociado. MSc. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Medicina Veterinaria y zootecnia. UPTC.

RESUMEN

Para determinar el efecto de la frecuencia de ordeño en los patrones de comportamiento y la productividad de vacas lecheras, 18 vacas Holstein lecheras fueron alojadas en un establo y expuestas a cada uno de los tres tratamientos (en un período de 21 días (d)) en grupos de seis vacas, en un diseño cruzado replicado. Los tratamientos de ordeño fueron: 1x / d (a las 6:00 h), 2x / d (a las 6:00 y 18:00 h) o 3x / d (a las 6:00, 12:00 y 18:00 h). Las vacas ordeñadas 3x / d produjeron 2,9 kg/d más leche que las ordeñadas 2x / d. Las vacas ordeñadas 2x / d producen 4,1 kg/d más leche que las ordeñadas 1x / d. Las vacas ordeñadas 1x/d producen más grasa que las vacas ordeñadas 3x/ d. Las vacas primíparas consumen 3,9 kg/d menos de materia seca (MS) que las vacas multíparas. Las vacas ordeñadas 1x/ d no pierden peso mientras que las vacas ordeñadas 3x/d pierden peso ligeramente en los 21 d lo que sugiere, que a través del tiempo su condición corporal cambia en detrimento. Los resultados indicaron que bajo ordeños de 3x/d, las vacas primíparas ajustan positivamente su comportamiento alimenticio para lograr aumentos de producción similares a los de las vacas multíparas. En general, el ordeño 3x / d se puede utilizar para aumentar la producción; sin embargo, una mayor frecuencia de ordeño provoca efectos variables sobre el comportamiento de las vacas primíparas y multíparas, lo que sugiere que la agrupación y organización de vacas sobre la base del número de partos puede ser benéfico.

Palabras clave: Vacas de leche; frecuencia de ordeño; producción de leche.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of the frequency of milking in the behavior patterns and productivity of dairy cows. 18 Holsteins dairy cows were exposed to each of the three treatments (over a period of 21 days) in groups of 6, in a replicated crossover design and housed in a stable. Milking treatments were: group A: 1 x / d (at 6:00 o'clock), group B: 2 x / d (at 6:00 and 18:00 h), and group C: 3 x / d (at 6:00, 12:00 and 18:00 h). Cows milked 3 x / d produced 2.9 kg/d more milk than those milked 2 x / d. Cows milked 2 x / d produced 4.1 kg/d more milk than those milked 1 x / d. Cows milked 1 x / d produced more fat than cows milked 3 x / d. Heifers consumed 3.9 kg/d less dry matter (DM) than multiparous cows. Cows milked 1 x / d did not lose weight while cows milked 3 x / lost weight slowly over 21 days which suggests that over time their body condition changed and deteriorated. The results point out that cows milked 3 x / d, and heifers adjusted their nutritional behavior positively to achieve increases in production similar to those from the multiparous cows. In general, milking 3 x / d can be used to increase production; however, a greater frequency of milking causes variable effects on cows behavior, both in heifers and multiparous cows, which suggests that grouping and managing cows on the basis of the number of births could be beneficial.

Key words: Dairy cows; milking frequency; milk production.

INTRODUCCIÓN

El aumento y la mejora en la eficiencia de la producción de leche (PL) pueden ser alcanzados por las vacas con mayor frecuencia de ordeño (FO) [6, 11]. Frecuencias de ordeño de más de dos veces/día (d) (2x / d) pueden aumentar la PL en un 10,4 a un 21% [5, 15, 27] y mayores FO en la lactancia temprana pueden aumentar la PL en forma persistente [8, 14]. En vacas ordeñadas 3x / d se ha demostrado que disminuyen significativamente el porcentaje de grasa en la leche en comparación con las vacas ordeñadas 2x / d [25, 27]; sin embargo, la producción total de grasa de la leche no se ve afectada por la FO [4]. Ordeños de 3x / d se asocian con pequeños aumentos en Grasa Corregida en Leche (GCL) y Energía Corregida en Leche (ECL) [4, 27] y se hace más eficiente el ordeño en la finca [6]. Los aumentos en la FO han mostrado una reducción en CCS (Cuento de Células Somáticas) y también se observa una tendencia de reducción de los CCS a lo largo de la lactancia [8, 27].

El aumento de la PL tiene un costo significativo de energía, por lo tanto, el aumento de la FO debe ser apoyado por un plan de nutrición [30]. Por desgracia, el tiempo requerido para ordeños adicionales producido por mayores FO puede reducir considerablemente el tiempo disponible para otras actividades, como el tiempo de echada de la vaca, tiempo de rumia y la búsqueda de comida [7]. Estos comportamientos son fundamentales para el mantenimiento del equilibrio de energía, la digestión eficiente, la salud de la vaca y para permitir a la vaca satisfacer sus demandas de producción. El periodo de echado y la rumia les ha sido restringido de forma simultánea por lo cual las vacas no cuentan con el tiempo necesario para llevar a cabo las dos funciones [20] y volver a cada ordeño. Para la vaca es importante esta conducta sobre todo a la hora de alimentarse [10, 24], los patrones de comportamiento de alimentación probablemente se alteran cuando se aumenta la FO.

Se ha observado que a mayor tiempo de ordeño menor tiempo de alimentación [13], pero pocas investigaciones se han hecho para examinar directamente el efecto de la FO en la alimentación relacionada con los patrones de comportamiento (PC) y cómo las vacas lecheras alteran dichos patrones para compensar las restricciones impuesta por esta práctica. La hipótesis de aumento de la FO de 2x a 3x / d se traduciría en un aumento de actividad de alimentación, en particular después del ordeño, lo que resulta en una distribución más uniforme de la actividad de alimentación durante todo el día y por lo tanto, altera la distribución del tiempo que permanecen acostadas las vacas y los PC de la rumia a lo largo del d. Hay reportes que muestran una mayor PL de vacas primíparas con una mayor FO [4, 12].

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la FO en los PC y la productividad de las vacas lecheras lactantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Manejo de unidades experimentales

Dieciocho vacas Holstein lactantes, nueve primíparas y nueve múltiparas (número de partos= $5,0 \pm 1,0$; media \pm Desviación estándar (DS)) se utilizaron en este estudio. Los animales iniciaron

en $149,5 \pm 31,3$ d de lactancia (DL) y estaban produciendo $27,6 \pm 2,1$ kg de leche al inicio del experimento. Las vacas fueron alojadas, seis a la vez, en tres establos libres para investigación ubicados en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Las vacas tuvieron acceso a seis cubículos con cama de heno. Las camas se cambiaron según fuera necesario. El estiércol se raspó manualmente 2x / d a las 6:00 y 18:00 h. El experimento se llevó a cabo del 27 de julio al 27 de noviembre del 2014. La temperatura ambiental promedio durante el período experimental fue de $15 \pm 5^{\circ}\text{C}$. La utilización de las vacas y los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad. Las vacas fueron manejadas de acuerdo a los lineamientos establecidos por las normas internacionales de bienestar animal referenciado en Andrade y col. [1].

Diseño experimental

El número de animales necesarios por tratamiento se determinó a través de tamaño de la muestra y el tipo de análisis [21] para las variables primarias como: el comportamiento, d en leche, número de partos, producción y composición de la leche. Las vacas se dividieron en tres grupos de seis, que fueron equilibrados según los DL, la PL y el número promedio de partos. Dentro de cada grupo, las vacas fueron expuestas al azar a cada uno de los tres tratamientos. Los tratamientos se agruparon por frecuencia de ordeño: 1x / d (6:00 h); 2x / d (6:00 y 18:00 h) y 3x / d (6:00, 12:00 y 18:00 h), las vacas se ordeñaron utilizando un sistema de ordeño mecánico. En los tiempos de ordeño especificados, las vacas fueron trasladadas desde el establo de investigación en una pequeña instalación hasta la sala de ordeño, donde fueron ordeñadas individual y secuencialmente. Las vacas no recibieron ningún alimento suplementario mientras fueron ordeñadas. Los 35 d del período de tratamiento incluyeron 14 d de adaptación a cada tratamiento seguido por 21 d de la recolección de datos.

Procedimiento de alimentación

Las vacas fueron asignadas individualmente a una tolva de alimentación en la ingesta de fibra (Insentec BV, Marknesse, Holanda) para medir el consumo de alimento individual y el comportamiento de alimentación, ya validado por Chapinal y col. [7]. Las vacas se alimentaron en base del Total de la Ración Mezclada (TRM) formulada para satisfacer las necesidades de nutrientes para una producción de 29 kg de leche según Nutrient Requirements of Dairy Cattle [22]. La cantidad total de alimento ofrecido se ajustó diariamente porque se sabe que aproximadamente el 10% del alimento es rechazado por cada vaca. El rechazo real promedio de alimento fue $10,5 \pm 6,1\%$ (media \pm DS) de la alimentación ofrecida a lo largo del experimento y no varió para el tratamiento ($P = 0,8$).

Recopilación de los datos de comportamiento

El comportamiento de alimentación se controló automáticamente para cada vaca durante los últimos 21 d de cada período experimental utilizando un sistema de registro que detecta la rumia y la actividad fisiológica de la vaca, *sense Galaxy*. A partir de los

datos registrados, se pudo determinar la duración de cada visita a la bandeja de alimentación, la cantidad de alimento consumido (peso inicial - peso final) durante cada visita, y la tasa de consumo por cada visita. Estos datos se recopilaron y resumieron en Tablas para calcular diariamente el consumo de materia seca (CMS) (kg/d), el tiempo diario dedicado a alimentación (min/d), y la tasa de alimentación promedio (kg/min).

Los PC de las vacas se tabularon automáticamente utilizando registradores de datos (Hobo Colgante G Logger, Onset Computer Corp. Pocasset, MA- EEUU). Estos dispositivos miden la conducta del animal a intervalos de 1 min y registra todos los datos de comportamiento y de la duración de echado de la vaca para ser recogidos electrónicamente [17]. En el d 21 de cada período, los registradores de datos fueron colocados en la pata trasera de cada vaca utilizando cinta vendaje veterinaria (Vetrap Vendajes Tape, 3M, Londres, Reino Unido). Los datos recogidos se utilizaron para calcular la duración de pie y acostado (min / d). La duración después del ordeño de pie (min) se calculó como la diferencia en el tiempo entre el final del ordeño y el primer caso registrado cuando la vaca se echó después de ordeño.

El comportamiento de la rumiación se controló electrónicamente para los últimos 21 d de cada período de tratamiento usando un dispositivo automático de detección de la rumia (collares Lely Qwes-HR, Lely Industries NV-EUA). El registrador de la rumia colocado en el cuello de la vaca registra continuamente el tiempo de rumia dentro de las 24 horas (h) en intervalos de 2 h, ya validado por Sherman y col. [26].

Toma de muestras de alimentos y análisis

En los últimos 21 d del período experimental se recogieron muestras duplicadas de alimento para la determinación de Materia Seca (MS) y del contenido de nutrientes y la separación de tamaño de partícula (TP) para clasificar el alimento.

Las muestras recogidas para la separación del TP se realizó con tres cernidores de tamiz (19 mm, 8 mm, 1.8 mm) de Penn State Particle Separator (PSPS, modelo de 3 tamices de 4 mm 2013- Penn state- EUA); [16]. Esto separa las partículas en cuatro fracciones: largas (> 19 mm), partículas medias (<19, > 8 mm), cortas (<8, > 1.18 mm) y finas (<1.18 mm). Las fracciones de partículas de las muestras se analizaron para Fibra Detergente Neutra (FDN) utilizando un Ankom 2000 Fiber Analyzer (Ankom Technology, Macedon, New York, EUA) con alfa amilasa estable al calor y sulfito de sodio [29].

Las muestras recogidas para MS y análisis físico-químico se secaron en horno (Felisa, Modelo Q, Direct Industry, EUA) a 55 °C durante 48 h y luego se molieron para pasar por un tamiz de 1 mm. Estas muestras fueron enviadas a Corpoica (Corpolac. Mosquera, Cundinamarca, Colombia), al laboratorio de análisis de alimentos [3].

Producción de leche y componentes

La PL se grabó automáticamente en cada ordeño para los últimos 21 d de cada período de tratamiento por el equipo de ordeño

(Lely A3 Next, Lely Industries, Nevada (NV) - EUA). Las muestras de leche fueron recolectadas de cada ordeño para los d 1, 8, 15 y 21 de cada tratamiento experimental utilizando frascos estériles para muestreo (Lely Industries Nevada (NV) - EUA). Estas muestras fueron enviadas bajo estado de refrigeración (7°C) y el mismo día al laboratorio de pruebas de calidad de leche de Corpoica para su análisis. Se analizaron muestras de leche para grasa y proteína (Sistema Foss 4000 de infrarrojos Transmisión Analyzer, Foss, Hillerod, Dinamarca). Para medir los componentes de la leche, se calculó el rendimiento del 4% Grasa Corregida en Leche (kg / d) [23] como $0,4 \times PL \text{ (kg / d)} + 15,0 \times \text{producción de grasa (kg /d)}$ [23]. ECL se calculó utilizando la siguiente ecuación: $ECL = (0,327 \times \text{kg de leche}) + (12,95 \times \text{kg de grasa}) + (7,2 \times \text{kg de proteína})$ [28]. La eficiencia de la PL se determinó mediante el cálculo de los kilogramos de leche, 4% de rendimiento GCL, y el rendimiento ECL por kilogramo en DL para cada período por tratamiento.

Análisis estadístico

La cantidad de alimento consumido se midió usando comederos individuales para cada vaca en cada tratamiento. Se determinaron los criterios de comidas, como se describe en la literatura [10], utilizando un paquete de software MIX 3.1.3 [19]. Los intervalos de tiempo entre el momento en que cada vaca empieza a comer y el momento en que termina se sometieron a una transformación logarítmica en base 10 para normalizarlos. El promedio de tiempo utilizado comiendo fue de $40,7 \pm 27,7$ min (media \pm DS) y no varió por tratamiento ($P = 0,6$). Se utilizaron los criterios de comidas para calcular la frecuencia del número de comidas (comidas/d), contando el número de intervalos y los tiempos de comida. La clasificación de comida se calculó como el CMS real de cada fracción de la PSPS expresada como un porcentaje de la CMS predicha de la fracción [18]. La ingesta predicha para cada fracción individual se calculó como el producto de la CMS de la dieta total multiplicado por el porcentaje de MS de la fracción en la dieta ofrecida. Valores iguales a 100% indican que no hay selección de comida, valores menores al 100% indica que hay selección de comida y valores mayores al 100% indican consumo preferencial de comida.

Antes del análisis, todos los datos fueron procesados para la normalidad mediante el procedimiento estadístico UNIVARIADO de SAS. Para probar si se ha producido la clasificación de alimentación, la actividad de clasificación para cada fracción de la PSPS fue resumida por el tratamiento y probada para una diferencia de 100 usando pruebas de t. Todos los datos fueron analizados utilizando el procedimiento Mixed de SAS. El modelo final incluyó los efectos fijos de número de partos (primíparas o múltiparas; $gl = 1,9$), período (1 a 3 $gl = 1,9$), el orden de la exposición al tratamiento (1 ó 2; $gl = 1,9$), y el tratamiento (1x, 2x o 3x ordeños / d; $gl = 2,9$) y la interacción tratamiento x número de partos ($gl = 1,9$). Otras interacciones de los efectos fijos se ensayaron en el modelo inicial y no fueron significativas; por lo tanto, se eliminaron del modelo final. Los efectos aleatorios fueron el grupo y la vaca dentro del grupo. Los grados de libertad para los efectos fijos se estimaron utilizando la opción Kenward-Roger en el modelo matemático. Cuando se detectó una interacción tratamiento x número de partos se utilizó el método de

Tukey-Kramer para ajustar las diferencias de probabilidad entre mínimos cuadrados.

Se usó el procedimiento de regresión de SAS para examinar la relación entre la cantidad de tiempo que las vacas pasaron lejos de ordeño y el tiempo dedicado a otras conductas (alimentación, tiempo que gastan echadas y tiempo de rumia). El modelo final incluyó los efectos fijos de número de partos (primíparas o multíparas; $gl = 1,19$), la h ($1-24$; $gl = 23,504$), tratamiento ($1x, 2x$ o $3x$ ordeños; $gl = 2,19$), una interacción hora x tratamiento ($gl = 23,504$). Los efectos aleatorios fueron el grupo y la vaca dentro del grupo. El orden de la vaca y el grupo se incluyó en el modelo como el sujeto repetido. La simetría de los tratamientos fue dada en base a la medición de la covarianza sobre la base del mejor ajuste de acuerdo con el criterio de información. Los grados de libertad se estimaron utilizando la opción Kenward-Roger en el modelo estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de la PL en las vacas ordeñadas $3x/d$ se incrementó en $2,9$ kg/d en comparación con las vacas ordeñadas $2x/d$ (TABLA I). Vacas multíparas produjeron $8,2$ kg/d ($25,5\%$) más leche en el transcurso del experimento que las vacas primíparas. Las vacas ordeñadas $3x/d$ aumentaron su promedio de producción de leche comparadas con las vacas ordeñadas $2x/d$, lo que es consistente con los resultados de la revisión de literatura previa [11, 12, 15]. Sin embargo, la magnitud de la respuesta de la producción de leche en el presente estudio ($8,3\%$) fue menor que los aumentos reportados previamente en la PL de $10,4$ a $19,9\%$ [1, 2, 12, 15, 27]. Es posible que la etapa de lactancia de las vacas utilizadas en este estudio ($149,5 \pm 31,3$ d en leche en el inicio) se vea afectada por su sensibilidad al tratamiento. En relación a $2x/d$, las vacas ordeñadas $3x/d$ aumentaron la PL en un $10,4\%$ medida desde el momento de parto [15]. De esta manera se obtiene más leche en la lactancia

de las vacas $3x/d$. Vacas primíparas y vacas ordeñadas $3x/d$ tienden a tener menor porcentaje de grasa que las vacas multíparas y vacas primíparas ordeñadas $2x/d$, pero las vacas ordeñadas $1x/d$ son las que más producen grasa ($1,2$ kg/d). La producción de grasa en la leche fue menor para las vacas primíparas comparadas con vacas multíparas como consecuencia de una menor producción de leche y menor porcentaje de grasa producida por las vacas de primer parto. En el estudio actual, vacas ordeñadas $3x/d$; tendieron a producir leche que fue $0,3\%$ puntos porcentuales más baja en grasa que la leche de vacas ordeñadas $2x/d$, lo que es consistente con investigaciones previas [15, 27]. Sin embargo, a pesar de la mayor PL de vacas ordeñadas $3x/d$, el número de ordeños no afectó el rendimiento de grasa de la leche, resultado que no está de acuerdo con previas investigaciones [5, 15, 27], en donde se encontró que la frecuencia de ordeño afectó el rendimiento de grasa en la leche. Las vacas ordeñadas $1x/d$ mostraron $0,1$ kg/d menor producción de proteína comparada con $2x$ como resultado de la reducción en la producción de leche. Igualmente se observó en las vacas $2x$ comparadas con vacas ordeñadas $3x/d$ ($0,5$ kg/d). Vacas primíparas produjeron $0,3$ kg/d menos proteína que las vacas multíparas. Como resultado, las vacas de primer parto y vacas ordeñadas $2x/d$ produjeron 4% menos de GCL y ECL que las vacas multíparas y vacas ordeñadas $3x/d$, respectivamente. Las vacas ordeñadas $3x/d$ tuvieron una mayor eficiencia en la producción de leche. Hubo una tendencia de interacción entre el número de partos y el tratamiento, de tal manera que las vacas multíparas ordeñadas $3x/d$ tuvieron una mayor eficiencia ECL en comparación con vacas ordeñadas $2x/d$. Las vacas $1x/d$ fueron las de menor eficiencia en ECL. No se encontraron otras interacciones entre el número de partos y el tratamiento para ninguna otra variable como PL, composición físico-química o de eficiencia.

TABLA I

EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE ORDEÑO Y NÚMERO DE PARTOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE, COMPONENTES DE LA LECHE Y EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN

Item							Valor de P			
	1x primíparas	1x multíparas	2x primíparas	2x multíparas	3x primíparas	3x multíparas	Error estandar	F	P	F x P
Producción de leche (kg/d)	22,3	24,1	24,5	29,7	25,4	30,9	2,0	0,0020	0,003	0,56
4% GCL	40,1	30,3	29,6	39,1	30,4	40,4	1,3	0,026	<0,001	0,57
ECL	33,3	34,5	32,4	42,3	33,5	44,1	1,5	0,0040	<0,001	0,41
Composición (%)										
Grasa	3,74	3,89	3,63	3,73	3,40	3,67	0,17	0,084	0,078	0,69
Proteína	3,34	3,28	3,35	3,30	3,32	3,29	0,09	0,59	0,73	0,75
Composición (kg/d)										
Grasa	1,23	1,34	1,15	1,57	1,15	1,57	0,05	0,94	<0,001	0,87
Proteína	1,23	1,01	1,03	1,28	1,10	1,39	0,07	0,0034	0,0081	0,45
	Eficiencia de la producción (kg/kg)									
Leche/MS	1,31	1,38	1,37	1,31	1,38	1,37	0,06	0,0049	0,29	0,37
4% GCL/MS	1,25	1,39	1,23	1,25	1,39	1,23	0,04	0,48	0,0063	0,10
ECL/MS	1,37 c	1,50 b	1,36 c	1,37 c	1,50 b	1,36 c	0,05	0,21	0,017	0,10

Medias dentro de una fila con diferentes letras difieren significativamente ($P < 0,05$; ajustado para comparaciones múltiples utilizando el procedimiento de Tukey -Kramer). GCL: Grasa Corregida en Leche; ECL: Energía Corregida en Leche; MS: Materia Seca Consumida. F: frecuencia de ordeño ($2x$ o $3x$ diarios); P: número de partos; F x P: interacción frecuencia de ordeño x número de partos.

Las vacas ordeñadas 3x / d en el presente estudio mostraron un 7,8% más de producción de proteína en la leche, lo cual es consistente con los hallazgos reportados [30]. Esta variación puede atribuirse a diferencias en la metodología (por ejemplo, la genética de la vaca, composición de la dieta, los procedimientos experimentales). A pesar de la respuesta menos consistente en la composición de la leche y el rendimiento de los componentes, en el estudio actual en lo que respecta a la composición corregida de la leche, el ordeño 3x / d mejoró los rendimientos, tanto de GCL y de ECL; esto es consistente con las investigaciones previas [4, 27].

Vacas primíparas consumieron 3,8 kg / d (15,7%) menos MS que vacas múltiparas; vacas primíparas que fueron ordeñadas 3x / d tendieron a tener mayor CMS en comparación con las vacas primíparas ordeñadas 2x / d (TABLA II). También se observó una tendencia a que las vacas primíparas ordeñadas 2x / d junto con las vacas ordeñadas 1x/ d pasaban menos tiempo alimentándose y, por lo tanto, consumían sus alimentos a un ritmo más rápido que las vacas múltiparas ordeñadas 1x, 2x o 3x / d. Vacas múltiparas tuvieron un 25,5% más en la PL, 36,7% mayor producción de grasa, y un 25,5% mayor producción de proteína y, por lo tanto, una mayor GCL y ECL que las vacas de primer parto. Los mayores rendimientos en componentes de la leche de vacas múltiparas concuerdan con las investigaciones previas [15]. La respuesta a la FO fue similar para ambos grupos, tanto de vacas primíparas y múltiparas del presente estudio. Aunque algunos estudios han indicado que las vacas primíparas tienen mayor rendimiento de leche cuando son ordeñadas 3x / d [4, 16], esto no se asoció con lo demostrado por Erdam y col.

[11], ni en el estudio actual. Se hace necesaria más investigación para entender las condiciones que causan que vacas primíparas puedan estar altamente influenciadas por la frecuencia de ordeños comparadas con vacas múltiparas. A pesar de los beneficios de la producción de una mayor FO, el tiempo requerido para el ordeño adicional podría reducir el tiempo disponible para la alimentación, rumiación y los comportamientos de echado. Contrariamente a la hipótesis anterior, las vacas tendieron a utilizar más tiempo de alimentación, a un ritmo más lento, cuando fueron ordeñadas 3x / d. Para las vacas múltiparas, el aumento de la actividad de alimentación fue facilitado porque tuvieron más tiempo, y raciones ligeramente más grandes cuando fueron ordeñadas 3x / d. En contraste, las vacas primíparas consumían comidas más pequeñas y en forma más frecuente durante el día cuando eran ordeñadas 3x / d. La falta de efecto de la frecuencia de ordeño en CMS de vacas múltiparas no es sorprendente, ya que este efecto es común en los reportes [2, 4, 9, 24]. Se ha llegado a la conclusión de que las vacas ordeñadas 3x / d utilizan los nutrientes de alimentación y experimentan una mayor tasa de catabolismo en los tejidos para lograr una mayor eficiencia en la producción [2], este efecto coincide con las vacas múltiparas del presente estudio. Vacas primíparas poco productoras comúnmente no convierten el alimento en leche tan eficientemente como las vacas de mayor producción [4], esto también fue confirmado por el presente estudio. Por lo tanto, para lograr el mismo aumento en la producción de leche en mayor frecuencia de ordeño, como en el estudio actual, las vacas primíparas tienen que consumir más MS, para lograr una mayor fermentación, estable y eficiente, en el rumen [20].

TABLA II

EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE ORDEÑO Y NÚMERO DE PARTOS EN LOS PATRONES DE COMPORTAMIENTO DE VACAS LECHERAS EN LACTANCIA

Item							Valor de P			
	1x primi	1x multi	2x primi	2x multi	3x primi	3x multi	Error estándar	F	P	F x P
CMS (kg/d)	22,4	29,0	23,6 c	28,2 a	24,7 b	28,0 a	0,6	0,22	<0,001	0,084
Tiempo comiendo (min/d)	220,1	226,0	221,6	227,6	227,1	248,0	21,9	0,10	0,54	0,34
Cantidad de comida(kg/min)	0,12	0,15	0,12	0,14	0,12	0,13	0,02	0,069	0,35	0,16
Frecuencia de comida(comidas/d)	6,6 b	6,8 b	7,7 b	6,7 b	9,1 a	6,7 b	1,2	0,039	0,15	0,044
Tamaño de comida (kg/comida)	3,0 b	4,5 a	3,2 b	4,6 a	2,9 c	4,8 a	0,7	0,37	0,033	0,051
Duración de comida (min/comida)	30,0 c	35,5 b	29,3 c	36,8 b	25,8 d	40,1 a	3,3	0,94	0,019	0,0041
Tiempo de rumia (min/d)	482,6	521,3	473,5	529,1	468,5	553,2	37,1	0,21	0,18	0,073
Numero echadas (n°/ d)	10,4	11,2	10,3	10,6	10,0	9,1	1,8	0,18	0,83	0,38
Duración echadas(min/d)	706,7	709,3	702,7	705,7	681,6	688,7	80,4	0,56	0,96	0,95
Tiempo de pie (min/d)	467,2	462,3	473,0	457,3	475,7	432,5	66,7	0,78	0,72	0,72
Post ordeño de pie (min)	58,5	85,6	59,8	83,1	65,6	68,7	12,0	0,64	0,33	0,32
Distancia del ordeño (min/d)	45,6	42,6	47,4	44,3	62,9	58,1	9,6	<0,001	0,75	0,78
Distancia del ordeño(min/ordeño)	25,5	23,6	23,7	22,2	21,0	19,4	3,8	0,034	0,76	0,97

Medias dentro de una fila con diferentes letras difieren significativamente (Valor de P <0,05; ajustado para comparaciones múltiples utilizando el procedimiento de Tukey-Kramer). F: frecuencia de ordeño (2x o 3x diarios); P: número de partos (primi: primíparas, multi: múltiparas); F x P: interacción frecuencia de ordeño x número de partos; CMS: Consumo de Materia Seca

El análisis del efecto de la frecuencia de ordeño y el número de partos mostró diferencias en la producción y composición de la leche a lo largo del día ($P < 0,05$) como se observa en la TABLA I, para la variable frecuencia de ordeño y número de partos se encontraron diferencias significativas frente a los patrones de comportamiento de vacas lecheras en lactancia ($P < 0,05$; TABLA II). Entre 21:00 h y 12:00 h del día siguiente, todas las vacas, independientemente del tratamiento, demostraron patrones muy similares en CMS y el tiempo de alimentación. En el momento de los ordeños a las 18:00 h y 22:00 h, todas las vacas mostraron un aumento en la actividad de alimentación.

Una interacción entre el número de parto y la frecuencia de comida indica que las vacas primíparas fueron las más afectadas por el aumento de la FO, y consumieron en promedio 1,4 veces más comida / d cuando fueron ordeñadas 3x / d.

La interacción entre el número de partos y el tratamiento tamaño de la comida y la duración de la comida; las vacas primíparas ordeñadas 3x / d consumieron más frecuentemente, gastaron menos tiempo, y el tamaño de la comida consumida fue más pequeña.

Las vacas ordeñadas 3x / d gastaron 14.6 min / d más en tiempo lejos de su corral de espera para ser ordeñadas en comparación con las vacas ordeñadas 1x o 2x / d (TABLA II). Sin embargo, las vacas ordeñadas 3x / d gastaron 2.8 min / d menos en ordeño. El tiempo diario de echado se asoció negativamente (porque entre más lejos la sala de ordeño; menos tiempo de echado) con el tiempo total gastado lejos de la sala de ordeño (tiempo de echado (min / d) = $3,6 \times$ tiempo total de distancia a la sala de ordeño (min / d) + 873,8; $R^2 = 0,30$; $P = 0,007$) y el promedio de tiempo fuera de la sala de ordeño (tiempo de echado (min / d) = $- 8,6 \times$ tiempo medio de la distancia a la sala de ordeño (min / ordeño) + 870,4; $R^2 = 0,25$; $P = 0,016$).

No se observó ningún efecto en el tiempo total en el cual permanecen echadas, la echada por ratos, la cantidad de tiempo dedicado a inactividad de pie, o el tiempo de pie post ordeño de las vacas (TABLA II), debido al número de partos. Sin embargo, el análisis de la actividad de la echada diurna indicó diferencias en la distribución de la actividad de echada durante todo el día, como se observa por una interacción tratamiento x horas de tiempo de la echada de la vaca ($P < 0,001$). Entre 01:00 y 11:00 h, todas las vacas, independientemente del tratamiento, demostraron patrones muy similares en el comportamiento de la echada, lo que indica que los mayores períodos de actividad de echada ocurren antes y después del 06:00 h del ordeño. Sin embargo, durante el período de la tarde y por la noche (12:00-23:00 h), el tiempo de echada difirió entre tratamientos.

El tratamiento y el número de partos no afectaron el tiempo total de rumia (TABLA II). Se observó una tendencia a la interacción tratamiento y número de partos en el tiempo de rumia; sin embargo, no se detectaron diferencias entre las medias.

Como se observa en la TABLA II, los períodos cuando las vacas pasan más tiempo rumiando están asociados con una

menor actividad de alimentación y, por tanto, con un CMS inferior, las vacas son incapaces de consumir alimento y rumiar simultáneamente [26]. En el presente estudio se observaron tres grandes picos en la actividad de rumia durante todo el día, coincidiendo con los períodos de actividad de alimentación más bajo [25]. Se observó que a medida que el rendimiento de la leche en las vacas aumenta, el tiempo en el que suelen estar echadas y el tiempo dedicado a la rumia disminuye mientras que el tiempo de mantenerse de pie aumenta. En el estudio actual, sin embargo, el aumento en el tiempo de alimentación asociado con el ordeño de mayor frecuencia, no fue lo suficientemente sustancial como para provocar una reducción en el tiempo de rumia o en el tiempo de permanecer echadas. No se pudo determinar si la rumia se estaba produciendo mientras la vaca estaba de pie o echada. Sin embargo, se puede decir que hay una diferencia en la cantidad de tiempo dedicado a rumiar mientras está de pie y mientras está echada rumiando debido a las diferencias en la distribución del tiempo de estar echada en los períodos de la tarde y la noche. Además, a medida que la cantidad de tiempo dedicado al ordeño aumenta, existe un aumento proporcional de la cantidad de tiempo dedicado a rumiar mientras está de pie, pero se requieren más investigaciones para cuantificar este efecto.

Aunque se observó un efecto significativo de la FO en el tiempo total de echado, que concuerda con los resultados de Ledgerwood y col [17] para las vacas ordeñadas 1x / d y 2x / d, la distribución de tiempo de echado se vio afectada por el momento de ordeño de las vacas, como era de esperarse [20]. En investigaciones anteriores, la echada de las vacas ha demostrado ser una mayor prioridad sobre la alimentación después de que a las vacas se les ha privado, al mismo tiempo, de la oportunidad de hacer ambas cosas [20, 29]. Se esperaba una reducción en el tiempo de echado para vacas ordeñadas 3x / d, no sólo debido a las posibles compensaciones con el tiempo de alimentación, sino también por el tiempo requerido para un ordeño adicional que aumentaría el tiempo que las vacas pasan lejos de su establo. En el estudio actual, vacas ordeñadas 3x / d gastaron aproximadamente 15 min / d más lejos de su establo /ordeño/d. En consecuencia, las vacas ordeñadas 3x / d gastaron aproximadamente 19 min / d menos tiempo echadas, pero esto no es una diferencia significativa en el tiempo de duración para estar echadas. Es interesante observar que, a través de los tratamientos, la duración de tiempo de echadas se asoció negativamente con el tiempo total de distancia hasta llegar al ordeño. Esto sugiere que en la situación donde el tiempo de distancia para el ordeño es mayor (por ejemplo, el ordeño de grandes grupos de vacas 3x / d), la reducción en el tiempo de echado para ciertas vacas puede ser mayor. Se ha observado que el aumento de tiempo de ordeño se asoció con una disminución en otros comportamientos, tales como la alimentación y la rumia [13]. Por lo tanto, también se planteó la hipótesis de que el tiempo extra que se requiere para ordeñar 3x / d puede causar que las vacas se echen muy pronto después del ordeño y se ha relacionado con una mayor CCS en el hato [14], así como una mayor incidencia de mastitis subclínica [10] y mastitis clínica [8]. La FO no tuvo efecto sobre el tiempo de

estar de pie en el post ordeño (68 ± 24 min; significancia \pm DS) este dato es consistente con otros estudios con vacas alojadas en establos permanentes (35 min [28]; 55 min [10], 2005; 62 min [10]; 33 min [27]. A las 06:00 h, seis vacas fueron ordeñadas; por lo tanto, la última vaca que se ordeña se habría situado en la zona de espera hasta aproximadamente 1 h. En todos los ordeños posteriores, cuando fueron ordeñadas sólo tres vacas, la última vaca para ser ordeñada permaneció en el área de espera un máximo de 20 a 30 min. Estos tiempos pueden no ser plenamente representativos de una situación normal, donde las vacas ordeñadas 3x / d, pasan en promedio 1,2 a 5,7 h / d lejos de su establo [5, 13]. Es posible que, como las vacas pasan largos periodos de tiempo de pie en las zonas de espera, pueden ser más motivadas para rumiar más pronto después del ordeño.

Cuando un animal come, otro puede ser estimulado a hacer lo mismo, si tiene hambre o no, lo que se conoce como la facilitación social. En los momentos de ordeño de las 18:00 y 22:00 h, todas las vacas mostraron un aumento de la actividad alimentaria independientemente del tratamiento, lo que indica que la facilitación social influye en los patrones de alimentación en estos horarios. Las vacas lecheras son motivadas para alimentarse tras el regreso del ordeño [10], por lo tanto, el acto de las vacas de regresar al ordeño podría motivar a las otras vacas a buscar alimento también. El beneficio del presente diseño fue que las vacas de los tres tratamientos se sometieron a condiciones ambientales idénticas; por lo tanto, se tiene seguridad de que cualquier diferencia observada superó cualquier facilitación social y se pueden atribuir directamente a los tratamientos. Sin embargo, se advierte la interpretación y aplicación de estos resultados a nivel de finca, ya que es muy poco probable para las vacas de salas de ordeño alojadas en el mismo corral para ser ordeñadas a diferentes frecuencias.

CONCLUSIONES

Estos resultados indican que bajo ordeños de 3x / d, las vacas primíparas ajustan positivamente su comportamiento alimenticio para lograr aumentos de producción similares a los de las vacas múltiparas. En general, el ordeño 3x / d se puede utilizar para aumentar la producción; sin embargo, una mayor frecuencia de ordeño provoca efectos variables sobre el comportamiento de las vacas primíparas y múltiparas, lo que sugiere que la agrupación y gestión de vacas sobre la base del número de partos puede ser benéfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, R.; PULIDO, M.; RODRÍGUEZ, C. Confort de vacas lecheras. **Sanidad de Ubre y Calidad de leche** 1era Ed. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Tunja. Colombia. Pp 169. 2012.
- [2] AMOS, H.; KISER, T.; LOEWENSTEIN, M. Influence of milking frequency on productive and reproductive frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 68:732-739. 2005.
- [3] ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **International Official Methods of Analysis**. Vol.1 17th Ed. International Arlington VA. 771 pp. 2000.
- [4] BARNES, M.; PEARSON, R.; LUKES-WILSON, A. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 73:1603-1611. 2010.
- [5] BAR-PELED, U.; MALTZ, E.; BRUCKENTAL, I.; FOLMAN, Y.; KALI, Y.; GACITUA, H.; LEHRER, AR.; KNIGHT, CH.; ROBINSON, B.; VOET, H.; TAGARI, H. Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.** 78:2726-2736. 2005.
- [6] CABRERA, V.; SOLIS, D.; DEL CORRAL, J. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. **J. Dairy Sci.** 93: 387-393. 2010.
- [7] CHAPINAL, N.; VEIRA, D.; WEARY, D.; VON KEYSERLINGK, M. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group housed dairy cows. **J. Dairy Sci.** 90: 5732-5736. 2007.
- [8] DAHL, G.; WALLACE, R.; SHANKS, R.; LUEKING, D. Hot topic: Effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. **J. Dairy Sci.** 87:882-885. 2004.
- [9] De PETERS, E.; SMITH, N.; ACEDO-RICO, J. Three and two times daily milking of older cows and first lactation cows for entire lactations. **J. Dairy Sci.** 68: 123-132. 2005.
- [10] De VRIES, T.; VON KEYSERLINGK, M.; BEAUCHEMIN, K. Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86:4079-4082. 2013a.
- [11] ERDMAN, R.; VARNER, M. Fixed yield responses to increased milking frequency. **J. Dairy Sci.** 90:3349-3354. 2005.
- [12] GISI, D.; DE PETERS, E.; PELSISIER, C. Three times daily milking of cows in California dairy herds. **J. Dairy Sci.** 69:863-868. 2006.
- [13] GOMEZ, A.; COOK, N. Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. **J. Dairy Sci.** 86:2061-2071. 2010.
- [14] HALE, S.; CAPUCO, A.; ERDMAN, R. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. **J. Dairy Sci.** 86: 2061-2071. 2003.
- [15] KLEI, L.; LYNCH, J.; BARBANO, D.; OLTENACU, P.; LEDNOR, A.; BANDLER, D. Influence of milking three times a day on milk quality. **J. Dairy Sci.** 80:427-436. 2007.
- [16] KONONOFF, P.; HEINRICHS, A.; BUCKMASTER, D. Modification of Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurement. **J. Dairy Sci.** 86:1858-1863. 2003.

- [17] LEDGERWOOD, D.; WINCKLER, C.; TUCKER, C. Evaluation of data loggers, sampling intervals and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 93:5129-5139. 2010.
- [18] LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86:557-564. 2003.
- [19] MACDONALD, P.; GREEN, P. **User's Guide to Program MIX: An interactive program for fitting mixtures of distributions.** Ichthus Data Systems, Hamilton, ON. Canada: 2008.
- [20] METZ, J. The reaction of cows to a short-term deprivation of lying. **Appl, Anim, Behav, Sci.** 13:301-307. 2005.
- [21] MORRIS, T. Separating Treatment Means. **Experimental Design and Analysis in Animal Sciences.** CABI Publishing. New York NY. 224 pp. 2009.
- [22] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Composition of Feeds. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** Natl Acad Press. Washington D.C. 281 -340. 2001.
- [23] O'DRISCOLL, K.; GLEESON, D.; O'BRIEN, B.; BOYLE, L. Effect of milking frequency and nutritional level on hoof health, locomotion score and lying behavior of dairy cows. **Livest. Sci.** 127: 248-256. 2010a-b.
- [24] PATTON, J.; KENNY, D.; MEE, J.; O'MARA, F.; WATHES, D.; COOK, M.; MURPHY, J. Effect of milking frequency and diet on milk production, energy balance, and reproduction in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 89: 1478-1487. 2006.
- [25] SAPRU, A.; BARBANO, D.; YUN, J.; KLEI, L.; OLTENACU, P.; BANDLER, D. Cheddar cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. **J. Dairy Sci.** 80:437-446. 2007.
- [26] SCHIRMANN, K.; VON KEYSERLINGK, M.; WEARY, D.; VEIRA, D.; HEUWIESER, W. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 92:6052-6055. 2009.
- [27] SMITH, J.; ELY, L.; GRAVES, W.; GILSON, W. Effect of milking frequency on DHI performance measures. **J. Dairy Sci.** 85:3526-3533. 2012.
- [28] TYRELL, H.; REID, J. T. Prediction of the energy value of cow's milk. **J. Dairy Sci.** 48:1215-1223. 2005.
- [29] VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74:3583-3597. 2011
- [30] VARNER, M.; HALE, T.; CAPUCO, A.; SANDERS, E.; ERDMAN, R. Increasing milking frequency. **Adv. Dairy Technol.** 14: 265-271. 2012.